

CHAP 26 INDUCTION ELECTROMAGNETIQUE

Objectifs :

- Évaluer le flux d'un champ magnétique uniforme à travers une surface.
- Utiliser la loi de Lenz pour prédire ou interpréter les phénomènes physiques observés. Courant induit par le déplacement relatif d'une boucle conductrice par rapport à un aimant ou un circuit inducteur. Prédire le Sens du courant induit.
- Utiliser la loi de Faraday en précisant les conventions d'algébrisation notamment pour la Force électromotrice induite
- Différencier le flux propre des flux extérieurs.
- Évaluer et connaître l'ordre de grandeur de l'inductance propre d'une bobine de grande longueur, le champ magnétique créé par une bobine infinie étant donné.
- Déterminer l'inductance mutuelle entre deux bobines de même axe de grande longueur en « influence totale », le champ magnétique créé par une bobine infinie étant donné.
- Conduire un bilan de puissance et d'énergie dans un système siège d'un phénomène d'auto induction en s'appuyant sur un schéma électrique équivalent.
- Mutuelle induction en RSF : établir le système en s'appuyant sur des schémas électriques équivalents
- Citer des applications dans le domaine de l'industrie ou de la vie courante. Établir le système d'équations en régime sinusoïdal forcé en s'appuyant sur des schémas électriques équivalents. .
- Écrire les équations électrique et mécanique en précisant les conventions de signe. Effectuer un bilan énergétique.
- Expliquer l'origine des courants de Foucault et en connaître des exemples d'utilisation.
- Freinage par induction : connaître des applications dans le domaine de l'industrie ou de la vie courante.
- Expliquer le principe d'un haut-parleur électrodynamique.
- Transformateur de tension : établir la loi des tensions.
- Analyser le fonctionnement du moteur à courant continu à entrefer plan.
- Citer des exemples d'utilisation du moteur à courant continu.

I Lois de l'induction

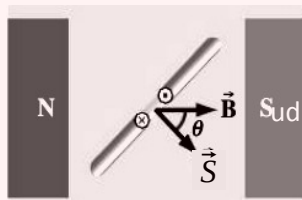
2.1) loi de Faraday

a) Flux de champ magnétique à travers une surface orientée

$\vec{dS}$ est orientée avec la règle de la main droite (sens de i selon l'index et sens de $\vec{dS}$ selon le pouce)

Cas particulier : Si $\vec{B}$ est uniforme sur Σ surface plane :

Plus précisément Si $\vec{B}$ est uniforme sur Σ et forme un angle θ avec le vecteur $\vec{S}$



cas encore plus particulier :

- Si $\vec{B}(M)$ est uniforme sur Σ plane d'aire S

b) lien entre flux et f-e-m induiteExpérience :Loi de Faraday

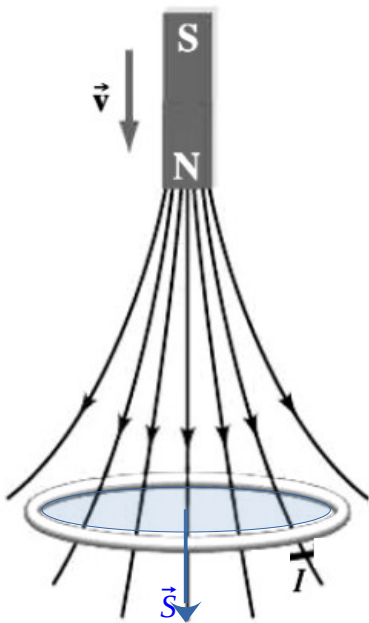
la variation au cours du temps de Φ_B peut avoir deux origines :

- soit le circuit est mobile (donc l'angle θ varie ou l'aire du circuit S varie) et B est fixé
- soit la valeur algébrique du champ magnétique B varie et le circuit est fixe (donc S et θ reste constant)

2.2 Loi de Lenz

Par exemple dans le cas de l'expérience précédente

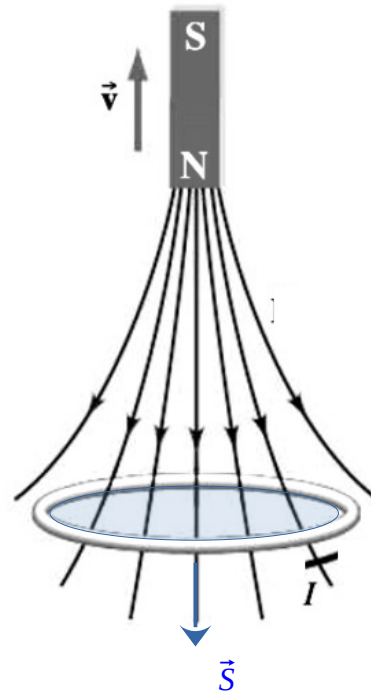
L'effet de la f.é.m. induite est tel qu'il s'oppose à la variation de flux qui produit cette f.é.m. induite.



Pendant que le pôle nord de ce barreau s'approche de la boucle, B_{ext} dans le plan de la boucle au cours du temps

Avec le choix d'orientation pour $\vec{S}$ on a

D'après la loi de Faraday une f-e-m apparaît dans la boucle , un courant dit induit se met à circuler.



Pendant que le pôle nord s'éloigne de la boucle, B_{ext} dans le plan de la boucle au cours du temps

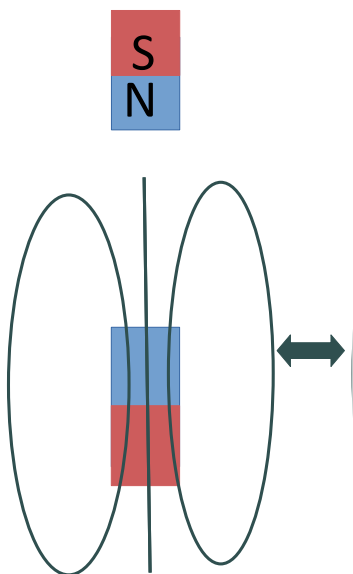
Avec le choix d'orientation pour $\vec{S}$ on a

D'après la loi de Faraday une f-e-m apparaît dans la boucle , un courant dit induit se met à circuler.

Pour s'opposer à la variation du flux de $\vec{B}_{ext}$

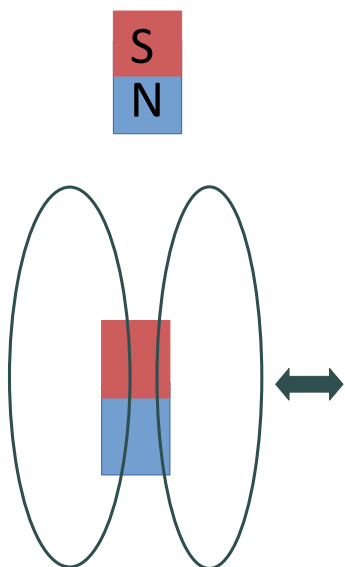
(

la boucle doit devenir un «aimant induit» orienté dans le



Pour s'opposer à la variation du flux de $\vec{B}_{ext}$

la boucle doit devenir un «aimant induit» orienté

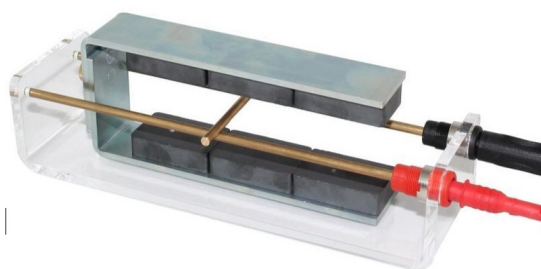


II Circuit en mouvement dans un champ magnétique stationnaire

2.1 Conversion de puissance mécanique en puissance électrique

a) rail de Laplace

(Sans générateur)



b) Freinage par induction

Les courants de Foucault (extrait de Wikipédia)

On appelle **courants de Foucault** les courants électriques créés dans une masse conductrice, soit par la variation au cours du temps d'un [champ magnétique](#) extérieur traversant ce milieu (le [flux du champ](#) à travers le milieu), soit par un déplacement de cette masse dans un champ magnétique constant. Ils sont une conséquence de l'induction électromagnétique.

Ce phénomène a été découvert par le physicien français [Léon Foucault](#) en 1851.

Les courants de Foucault sont responsables d'une partie des pertes (*pertes par courants de Foucault*) dans les circuits [magnétiques](#) des [machines électriques](#) alternatives et des [transformateurs](#). C'est la raison pour laquelle les circuits magnétiques sont feuilletés : on cherche à limiter ces courants pour éviter trop de pertes par [effet Joule](#). On améliore ainsi le rendement des transformateurs.

Principe

Le champ magnétique variable au cours du temps est responsable de l'apparition d'une [force électromotrice](#) à l'intérieur du milieu conducteur. Cette force électromotrice induit des courants dans la masse. Ces courants ont deux effets :

- ils provoquent un échauffement par [effet Joule](#) de la masse conductrice ;

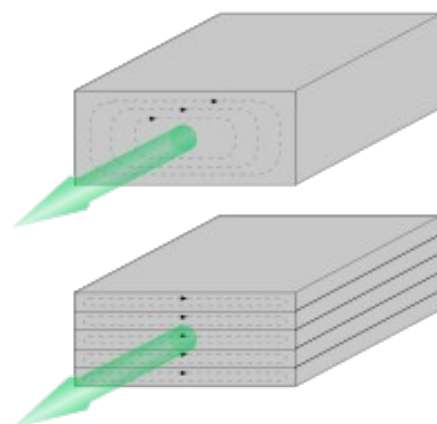


Illustration 1: Le feuilletage permet de réduire les pertes par courants de Foucault

- ils créent un champ magnétique qui s'oppose à la cause de la variation du champ extérieur (loi de Lenz).

Lorsque la variation de flux est due à un déplacement du milieu devant un champ magnétique constant, les **courants de Foucault** sont responsables de l'apparition de forces de Laplace qui s'opposent au déplacement, d'où l'effet de freinage observé.

Applications

- Freinage

Des systèmes de freinage à **courants de Foucault** sont utilisés notamment sur les véhicules poids lourds¹ et sur les autocars sous le nom de « ralentisseur », ou sous le nom commercial Telma, marque d'un important fabricant de ce système de freinage. Le premier brevet de ralentisseur électromagnétique a été déposé par Steckel en 1903. Raoul Sarazin a réalisé en 1936 la première application pratique sur véhicule d'un ralentisseur utilisant le principe des courants de Foucault.

Des disques solidaires des roues sont encadrés par des électroaimants fixés au véhicule. Lorsque ceux-ci sont mis sous tension, les courants induits dans les disques vont générer un couple de freinage. Ces freins sont intéressants du fait des économies d'entretien : rareté des réglages et quasi absence d'usure (pas de contact, pas de frottement mécanique). Néanmoins ce type de freinage n'est efficace que si la vitesse est élevée et ils ne peuvent en aucun cas permettre le blocage d'un véhicule à l'arrêt. C'est pour cela qu'ils sont doublés de freins classiques, à frottement, et que les roues ne peuvent se bloquer (comme dans le cas de ABS). L'inconvénient est que l'énergie est dissipée par effet Joule sous forme de chaleur et donc non récupérée.



Illustration 2: Frein à courants de Foucault sur un train rapide japonais Shinkansen.

Dans les chemins de fer, la rame à grande vitesse ICE 3 de la Deutsche Bahn utilise un système de freins à courant de Foucault comme système de frein de service sur certaines lignes nouvelles, et comme système de freinage d'urgence ailleurs.

Vidéo explicative <https://www.youtube.com/watch?v=MnLAzrT6Ps8>

2.2 Conversion de puissance électrique en puissance mécanique

b) Haut-parleur électrodynamique

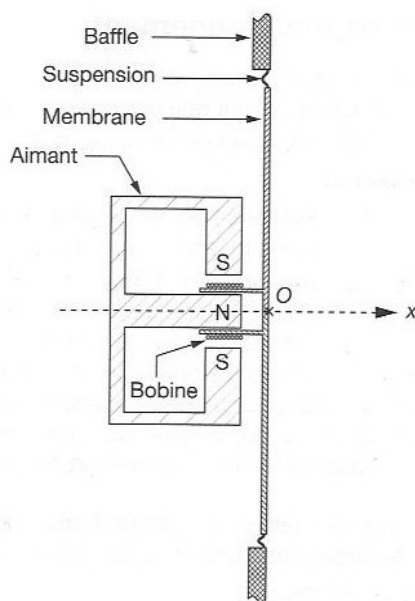


Schéma de principe

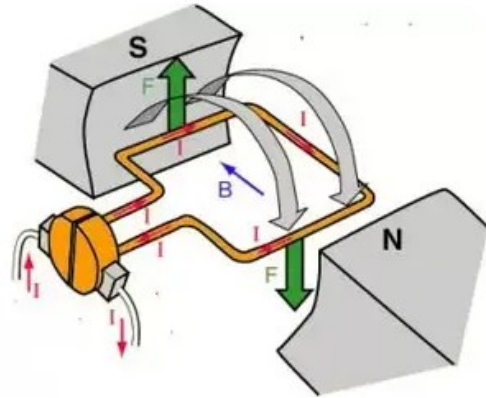
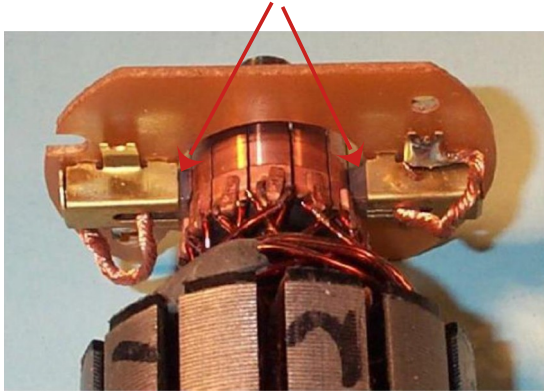
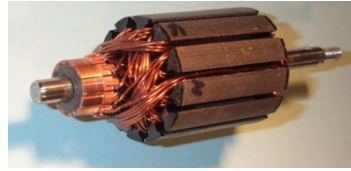
c) Machine à courant continu

Schéma de principe du moteur à courant continu

Inconvénient de la MMC :

Le contact entre balai et collecteur est le point faible de la MMC :

III Circuit fixe dans un champ magnétique dépendant du temps3.1 Auto-induction

a. Flux et inductance propres

b Exemple : inductance propre d'une bobine

c F.é.m induite par auto-induction

3.2 Cas de deux bobines en interaction

a Phénomène d'induction mutuelle

b Détermination de l'inductance mutuelle entre deux bobines



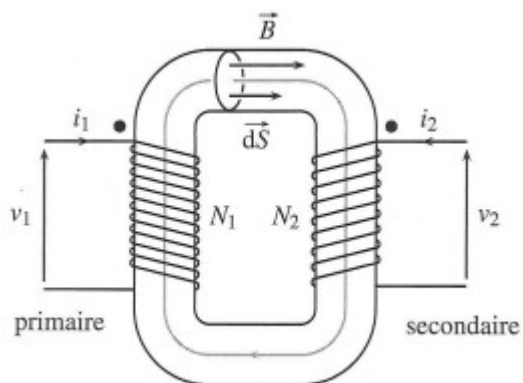
c Schéma électrique équivalent

d Système d'équations en régime sinusoïdal forcé

e Etude énergétique

3.3 Application au transformateur de tension

a Principe



Poteau électrique près
d'une habitation :
on y voit un transformateur
réducteur de tension $m \ll 1$