

## Énergies alternatives

### Département de Physique

François Stevens, Antony Trinh, Yannick Willame

## L'induction électromagnétique

### La loi de Faraday

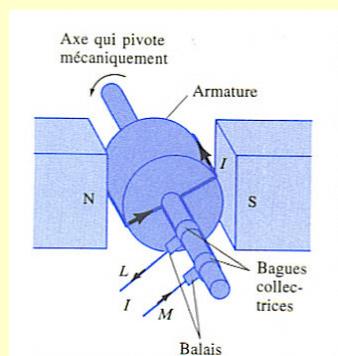
Un champ magnétique qui varie peut engendrer un champ électrique à l'origine d'un courant électrique. Plus précisément, appelons flux magnétique la « quantité » de champ magnétique qui traverse une surface. La loi de Faraday nous dit alors que la variation temporelle de flux magnétique  $\Phi_B$  à travers toute surface  $S$  s'appuyant sur une courbe fermée  $C$  induit un champ électrique  $\vec{E}$  le long de cette courbe :

$$\mathcal{E} = \oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt} \iint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

Lorsque la courbe est matérielle, le champ électrique induit se concrétise par un courant électrique. Les courants induits produisent à leur tour des champs magnétiques qui tendent à s'opposer aux variations de flux auxquelles ils sont dus (**loi de Lenz**).

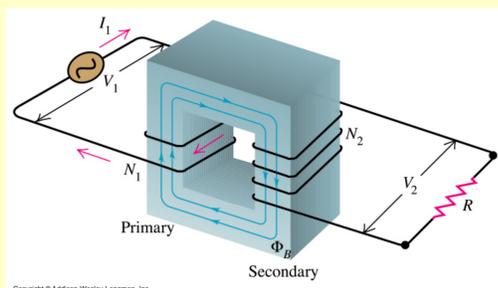
## Applications

### La dynamo



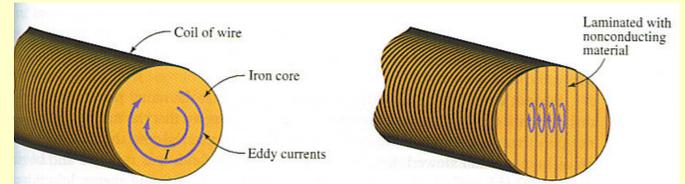
Les lignes de champ magnétique sont parallèles à l'axe Nord-Sud de l'aimant. L'énergie mécanique fait tourner le plan de la boucle de fil électrique autour d'un axe perpendiculaire à ces lignes de champ magnétique ; ce qui fait varier la surface effective traversée par le champ magnétique et fait donc varier le flux. Le plan de la boucle se retrouve tantôt parallèle ( $\Phi_B = 0$ ), tantôt perpendiculaire ( $\Phi_B$  maximal) aux lignes du champ magnétique. Et cette variation de flux magnétique crée donc une force électromotrice (f.é.m) qui induit un courant électrique récupéré par les bagues collectrices.

### Le transformateur



Le transformateur permet de faire varier l'amplitude d'une tension alternative. Il permet par exemple de ramener la tension de 220 V du réseau de distribution à des tensions plus maniables pour nos appareils ménagers. La tension alternative qui entre dans le transformateur induit un champ magnétique variable. Celui-ci se propage dans l'aimant et induit une tension alternative en sortie, dont l'amplitude dépend du rapport des nombres de spires des deux bobines.

### Les courants de Foucault



L'induction électromagnétique de courant a lieu dans tout conducteur soumis à une variation temporelle de flux magnétique. En appliquant la loi de Faraday à des courbes imaginaires incluses dans un objet métallique, on voit que cet objet peut être parcouru de courants internes, nommés courants de Foucault. Ceux-ci entraînent un réchauffement du métal (**effet Joule**). Dans certains cas, les courants de Foucault sont indésirables (le réchauffement peut endommager l'objet) ; on en limite l'ampleur en découpant certains morceaux. Mais ils peuvent aussi être utiles, par exemple, pour stabiliser un instrument de mesure qui oscille (la dissipation d'énergie sous forme de chaleur freine les objets en mouvement).

### La lévitation magnétique



Il existe diverses formes de lévitation magnétique. On peut par exemple faire léviter un aimant au-dessus d'un autre aimant (ou d'une bobine) en jouant savamment sur les forces de répulsion magnétique et d'attraction terrestre. Cette forme de lévitation est cependant instable et doit donc être contrôlée. Une autre possibilité exploite le fait que, refroidis sous une certaine température critique, certains métaux deviennent supraconducteurs. Ils perdent alors toute résistance électrique et expulsent les lignes de champ magnétique qui les traversent (**effet Meissner**). Lorsqu'un aimant est placé au-dessus d'un supraconducteur, il est donc repoussé de manière élastique (pas d'effet Joule lié aux courants de Foucault). Ce type de lévitation, plus stable, a permis au Maglev d'atteindre la vitesse record de 581 km/h.