

COURS

Électromagnétisme

— Induction et courant alternatif

Tle

Programme de terminale générale, enseignement de spécialité — BO spécial n°8 du 25 juillet 2019

Un aimant très puissant maintenu immobile au cœur d'une bobine n'y produit aucun courant. Le même aimant, déplacé lentement, en produit un. Ce n'est pas l'intensité du champ qui compte, c'est sa variation — et tout le chapitre, des alternateurs aux transformateurs, découle de cette seule phrase.

1 Le flux et sa variation

DÉFINITION

Le **flux** magnétique à travers une surface mesure la **quantité de champ magnétique** qui la traverse. Il dépend de trois choses : l'**intensité** du champ, l'**aire** de la surface, et l'**orientation** de celle-ci par rapport au champ. Un flux peut donc varier sans que le champ change, simplement parce que la surface tourne ou se déforme.

$$\Phi = B \times S \times \cos\alpha$$

RÈGLE

Loi de **Faraday** : c'est la **variation** du **flux** magnétique à travers un circuit qui y engendre une **force électromotrice**, donc un courant **induit** si le circuit est fermé. La force électromotrice est proportionnelle à la **rapidité** de cette variation. Un flux intense mais **constant** n'induit rigoureusement **rien** : la grandeur qui compte est une dérivée, pas une valeur.

$$e = - \frac{d\Phi}{dt}$$

LE PIÈGE QUI COÛTE LE PLUS DE POINTS

Attendre un courant induit d'un aimant puissant maintenu immobile à l'intérieur d'une bobine. — L'intuition associe « champ fort » à « effet fort ». Mais l'**induction** ne répond pas à la valeur du **flux**, elle répond à sa **variation**. Un aimant immobile donne un flux constant, donc une dérivée nulle, donc aucune force électromotrice — quelle que soit sa puissance. Inversement, un aimant faible déplacé rapidement produit un courant mesurable.

Le réflexe : Devant un problème d'**induction**, chercher **ce qui bouge ou ce qui change**.

RÈGLE

Loi de **Lenz** : le courant **induit** circule dans le sens tel que ses effets **s'opposent** à la cause qui lui a donné naissance. Approcher un aimant d'une bobine y crée un courant qui **repousse** l'aimant ; l'éloigner crée un courant qui le **retient**. Cette loi n'est pas une convention de signe : c'est une conséquence de la **conservation de l'énergie** — sans elle, on obtiendrait du courant sans fournir de travail.

$$le\ courant\ induit\ s'oppose\ tout\ jour\ à\ la\ cause\ qui\ le\ produit$$

2 Produire et transporter le courant alternatif

PROPRIÉTÉ

Un alternateur applique directement la loi de **Faraday** : une bobine tourne dans un champ magnétique, l'**orientation** de sa surface change continûment, donc le **flux** varie, donc une force électromotrice apparaît. Comme la rotation est régulière, la tension obtenue est **sinusoïdale** : c'est le **courant alternatif**. Sa **fréquence** est fixée par la vitesse de rotation.

DÉFINITION

La **tension efficace** d'un **courant alternatif** est la valeur d'une tension continue qui dissiperait la **même puissance** dans la même résistance. C'est donc une grandeur définie par un **effet**, non par une moyenne : la moyenne d'une sinusoïde est nulle, ce qui ne dit rien de sa capacité à chauffer un conducteur. Les tensions annoncées sur les appareils domestiques sont des **tension efficaces**, jamais des valeurs maximales.

$$P = U_{\text{eff}} \times I_{\text{eff}}(\text{en régime résistif})$$

La valeur maximale d'une sinusoïde vaut environ 1,41 fois sa **tension efficace**. Un oscilloscope affiche des valeurs **maximales** ou crête à crête, un multimètre en mode alternatif une valeur **efficace** : comparer les deux lectures sans conversion produit un écart d'environ 40 %, qu'on prend souvent pour une panne.

3 Circuit RLC et transformateur

PROPRIÉTÉ

Dans un circuit **RLC** alimenté en **courant alternatif**, la bobine et le condensateur s'opposent au passage du courant de manières **opposées** : l'opposition de la bobine croît avec la **fréquence**, celle du condensateur décroît. Il existe donc une fréquence où les deux se **compensent** exactement : à cette **résonance**, l'**impédance** est minimale et l'intensité maximale. C'est ce phénomène qui permet de sélectionner une station de radio parmi toutes celles qui atteignent l'antenne.

DÉFINITION

Un **transformateur** associe deux bobines couplées par un noyau magnétique. Le **courant alternatif** du primaire crée un **flux** variable, qui **induit** une tension dans le secondaire — d'où son incompatibilité totale avec le courant **continu**, qui ne produit aucune variation. Le rapport des tensions est celui des nombres de spires ; la **puissance**, elle, ne peut qu'être **conservée ou diminuée**. Élever la tension abaisse donc l'intensité, ce qui réduit les pertes par effet Joule lors du transport.

DÉTERMINER LE SENS D'UN COURANT INDUIT

- ① Identifier ce qui **varie** : le champ, l'aire du circuit, ou son **orientation** ?
- ② Déterminer si le **flux** à travers le circuit **augmente** ou **diminue**.
- ③ Appliquer la loi de **Lenz** : le courant induit **s'oppose** à cette variation.
Flux qui augmente : le courant induit crée un champ opposé. Flux qui diminue : il le renforce.
- ④ En déduire le sens du champ induit, puis celui du courant par la règle d'orientation usuelle.
- ⑤ Vérifier par l'énergie : le courant induit doit **freiner** le mouvement qui le produit, jamais l'accélérer.

À VÉRIFIER

- Ai-je cherché ce qui **varie**, et non la valeur du champ ?
- Mon **flux** tient-il compte de l'**orientation** et de l'**aire**, pas seulement du champ ?
- Ai-je appliqué la loi de **Lenz** par une **opposition** à la cause ?
- Mon courant induit **freine**-t-il bien le mouvement qui le crée ?
- Ai-je distingué valeur **efficace** et valeur **maximale** ?
- Ai-je rappelé qu'un **transformateur** ne fonctionne **qu'en alternatif** ?

À RETENIR

- $\Phi = B \times S \times \cos \alpha$: le **flux** dépend du champ, de l'aire et de l'**orientation**.
- Loi de **Faraday** : seule la **variation** du flux engendre une force électromotrice.
- Un flux intense mais **constant** n'induit **rien**.
- La force électromotrice est proportionnelle à la **rapidité** de la variation.
- Loi de **Lenz** : le courant induit **s'oppose** à la cause — conservation de l'énergie.
- Un **alternateur** fait varier le flux par l'**orientation** de la bobine.
- La **tension efficace** se définit par un **effet**, pas par une moyenne.
- Valeur maximale $\approx 1,41 \times$ valeur efficace.
- **RLC** : les oppositions de la bobine et du condensateur varient en sens opposés.
- À la **résonance**, l'**impédance** est minimale et l'intensité maximale.
- Un **transformateur** n'agit qu'en **alternatif** ; la puissance ne peut qu'être conservée.