

**Zeitschrift:** Pionier : Zeitschrift für die Übermittlungstruppen

**Herausgeber:** Eidg. Verband der Übermittlungstruppen; Vereinigung Schweiz. Feld-Telegraphen-Offiziere und -Unteroffiziere

**Band:** 26 (1953)

**Heft:** 5

**Rubrik:** Fil + Radio

#### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 10.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Cours d'électrotechnique

### Caractéristiques physiques des aimants

(Suite)

4. On appelle flux magnétique le champ magnétique considéré à travers une surface définie.

La lettre grecque  $\Phi$  (phi) est l'abréviation du «flux magnétique» qui s'exprime en «maxwells». Le flux est donc égal au champ magnétique, en gauss,  $H$  (si nous considérons une surface hors de la bobine), ou  $B$  (si cette surface est considérée dans le noyau métallique de la bobine) que multiplie la surface considérée exprimée en  $\text{cm}^2$ , d'où:

$$\Phi \text{ (flux magnétique)} = H \text{ gauss} \times S \text{ cm}^2 \text{ dans l'air}$$

$$\text{ou } \Phi \text{ (flux magnétique)} = B \text{ gauss} \times S \text{ cm}^2 \text{ dans le métal.}$$

5. **Induction électro-magnétique.** — Nous avons vu dans le chapitre précédent la façon de créer «l'électromagnétisme» en faisant circuler un courant dans une spire ou une bobine de fil.

Un savant anglais, Faraday, partant du principe que certains phénomènes sont réversibles, tenta l'expérience suivante:

Il prit une bobine de fil et la soumit à un champ magnétique variable, en enfonçant brusquement un barreau aimanté dans la bobine. Un instrument, placé aux bornes de celle-ci, dévie au moment où l'on enfonce le barreau aimanté (fig. 59).

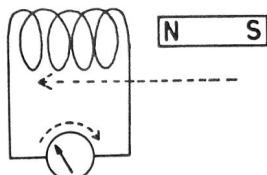


Fig. 59

Si nous comparons l'expérience de Faraday à l'expérience suivante, on comprendra plus facilement la réversibilité du phénomène, c'est-à-dire la liaison entre la façon de créer un électro-aimant avec une bobine (fig. 45) et celle de créer un courant dans cette bobine avec un aimant (fig. 48).

Prenons une turbine à eau  $T$  (dont la roue à aube représente l'aimant) et disposons-la au-dessous d'un réservoir  $A$  (fig. 60).

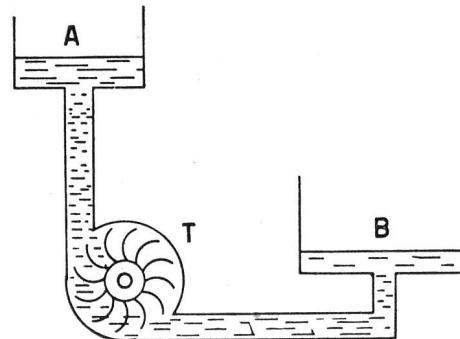


Fig. 60

L'eau (qui représente le courant) en s'écoulant fera tourner la roue de la turbine  $T$  (dont la roue sera «aimantée») et s'écoulera ensuite dans le réservoir  $B$ .

L'eau étant en  $B$  nous faisons tourner la roue de la turbine (ce qui équivaut à enfoncer l'aimant dans la bobine), celle-ci renverra l'eau dans le réservoir  $A$ .

Nous avons là l'exemple de la réversibilité de l'électromagnétisme.

Le courant produit ainsi se nomme: «Courant induit».

L'aimant l'ayant provoqué par son déplacement, se nomme: «Inducteur».

La spire, ou groupe de spires (bobine) où le courant induit prend naissance, s'appelle: «Induit».

Si nous essayons, après avoir enfoncé notre noyau magnétique, de le retirer, nous constaterons que l'instrument de mesure dévie de nouveau, mais en sens contraire.

Mais si après avoir enfoncé le noyau dans la bobine nous l'y laissons, nous constatons que le courant tombe immédiatement à zéro. C'est donc la variation du flux magnétique qui engendre le courant.

On peut déduire de ces constatations les règles suivantes:

**Règle 1.** **Un courant induit prend naissance dans une spire conductrice, ou une bobine, lorsque celle-ci est soumise à un champ magnétique variable.**

**Règle 2.** **Le courant induit change de sens selon que la spire est soumise à une augmentation ou à une diminution de flux magnétique.**

Il y a plusieurs façons de soumettre une bobine à une variation de flux magnétique:

- Celle d'enfoncer le barreau aimanté dans la bobine fixe.
- Celle d'enfoncer la bobine dans le barreau aimanté fixe.
- Faire tourner le barreau aimanté dans le voisinage de la bobine fixe (principe de l'alternateur).
- Faire tourner la bobine dans le voisinage du barreau aimanté fixe (principe de la dynamo).
- Enfin, soumettre une bobine au flux d'une autre bobine, parcourue elle par un courant et qui remplit de ce fait le rôle de l'aimant (aimant électrique).

Un moyen élégant d'obtenir un flux variable avec cette dernière méthode est de couper et de réenclencher à très brefs intervalles le courant de la bobine P (fig. 61).

Si l'on veut nettement augmenter le flux traversant les deux bobines P et S, on pourra les monter toutes deux sur un noyau métallique (fer). Toutefois, l'expérience est parfaitement réalisable sans ce noyau.

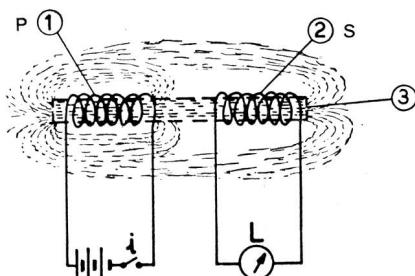


Fig. 61

1. inducteur P
2. inducteur S
3. noyaux de fer (évent.)

Nous voyons naître ici deux principes très importants, que nous reverrons plus loin.

**1. Celui du transformateur électrique**, caractérisé ici par un cas spécial dit: «Bobine de Rumkoff».

En effet, le fait de manipuler l'interrupteur i du circuit P, fait apparaître par induction un courant électrique dans le circuit S (fig. 61, expérience avec noyau métallique).

**2. Et ceci intéresse les radios!** Nous opérons pour la première fois une liaison sans fil à très courte distance il est vrai. — En effet, l'opérateur manipulant l'interrupteur i à une cadence de code, un lecteur placé en L pourra lire le message (expérience sans noyau métallique).

Mais revenons à la règle 2 ci-dessus.

Nous avons vu que le courant induit change de sens selon qu'il y a augmentation ou diminution de flux magnétique. Il nous faut maintenant apprendre à connaître le sens dans lequel circule ce courant induit.

**Sens et force du courant induit.** Si, d'une part, nous nous rappelons la comparaison du «feuillet magnétique» ou spire devenant «aimant électrique» extra plat au moment où elle est parcourue par un courant électrique (fig. 48 à 52) et que, d'autre part, on garde à l'esprit que la nature par définition s'oppose toujours aux déformations que l'on veut lui imposer — par exemple, lutte continue des Hollandais contre l'érosion pour gagner sur la mer et destruction continue de ces travaux par la mer — on trouvera facilement les règles définissant le sens du courant induit.

Ainsi, la spire ou la bobine devenant elles-mêmes aimants sitôt que l'on approche ou retire un aimant permanent, on en déduit que le nom du pôle de la bobine se trouvant du côté où l'on enfonce le barreau aimanté, portera le même nom que celui du pôle de l'aimant (fig. 62).

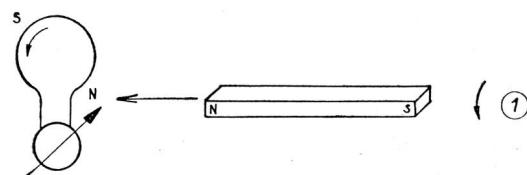


Fig. 62

1. Sens du courant induit

**Explication:** En effet, on sait que deux pôles de même nom se repoussent. En conséquence, la réaction s'opposant à l'action, le courant induit dans la bobine circulera dans un sens tel qu'il constituera un pôle de même nom que celui de l'aimant du côté où celui-ci est enfoncé.

On trouvera le sens du courant induit en appliquant l'une des règles vues plus haut (tire-bouchon, lettres, fig. 50 à 52).

Inversement, lorsque l'aimant sera retiré de la bobine, la face par laquelle l'aimant sera retiré prendra un pôle de nom contraire à celui du pôle de l'aimant sortant. Dans ce cas, la loi énoncée plus haut tendra à créer une opposition au retrait de l'aimant. Pour ce faire, la bobine côté de sortie de l'aimant possédera un pôle de nom contraire qui attire, donc retient l'aimant, ou rend tout au moins plus difficile son retrait.

Nous avons maintenant décelé:

1. l'existence d'un courant induit dans la spire soumise à une variation de flux magnétique.
2. que ce courant induit dans la spire avait une influence semblable sur celle-ci au courant traversant les spires citées aux figures 48 et 49, c'est-à-dire qu'il transforme cette spire en «feuillet magnétique».

Une troisième chose nous intéresse encore vivement: c'est la force électromotrice induite dans la spire ou le groupe de spires, lors de variations du flux magnétique auxquelles elles sont soumises.

Cette force électromotrice (courant) dépendra naturellement de l'importance du flux magnétique, mais aussi de la rapidité de cette variation.

**Règle:** On dira donc que la force électromotrice est proportionnelle au flux magnétique et inversement proportionnelle au temps de la variation.

En d'autres termes, plus le flux est important et plus le temps de la variation est petit, plus la F.E.M. sera grande.

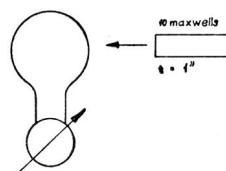


Fig. 63

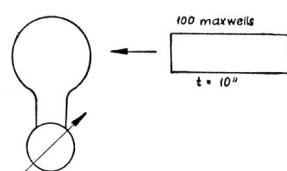


Fig. 64

Nous voyons aux figures 63 et 64 deux aimants produisant respectivement une variation de flux de 10 et 100 maxwells. Si nous voulons connaître quelle sera la F.E.M., il nous faut tenir compte du temps dans lequel se produira cette variation de flux. Si le petit aimant (fig. 63) produit sa variation en 1 seconde, la F.E.M. induite sera la même que celle produite par le gros qui produit sa variation en 10 secondes.

Nous en tirons donc la formule suivante:

$$E \text{ en microvolt} = \frac{\Delta \Phi}{t'' \cdot 10^2} \text{ ou } \frac{\Delta \Phi}{t'' \cdot 10^8} = E \text{ en volt.}$$

Cette règle semble un peu paradoxale; toutefois on peut mieux se la représenter par l'exemple suivant:

La force vive d'une balle de fusil jetée à la main est faible; elle fera sourire celui qui la recevra; elle se déplace à la vitesse de quelques mètres par seconde, tandis que la même balle, tirée avec un fusil, enlèvera le sourire à son destinataire (sa force vive est très importante, la balle se déplace à la vitesse de quelques centaines de mètres par seconde).

Par contre, si le destinataire en question recevait une «balle» 10 fois plus grande, même jetée à la main, il y a bien des chances que son sourire diminuerait également.

**6. Courants de Foucault.** Nous avons vu plus haut qu'un «courant induit» naît à l'intérieur d'une spire soumise à une variation de flux magnétique.

Remplaçons cette spire par un feuillet métallique quelconque (conducteur) et soumettons-le également à une variation de flux magnétique (fig. 65 et 66), il sera également le siège de «courants induits».

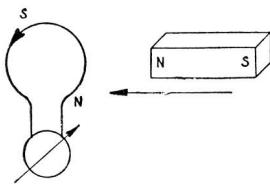


Fig. 65

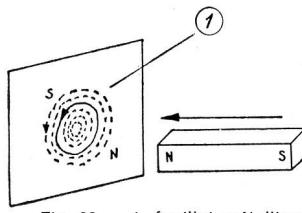


Fig. 66 1. feuillet métallique

Donc, toute masse métallique soumise à une variation de flux magnétique sera le siège de «courants induits». Dans ce cas spécial on les nomme «courants de Foucault».

Quels sont leurs effets?

En règle générale, ces effets sont néfastes, car:

- les courants de Foucault circulant dans une masse métallique, en circuit fermé, ils l'échauffent.
- cet échauffement peut devenir considérable et détériorer la ou les pièces ou celles les côtoyant.
- Ils s'opposent à la cause qui les ont fait naître (voir au début de ce paragraphe). Comme, en général, ils sont provoqués par la rotation d'une pièce (induit ou inducteur), ils s'opposent donc à cette rotation.

Ces trois cas représentent tous des pertes d'énergie; il faut donc voir à les réduire.

Comment procéder?

Si l'on se rappelle comment le courant induit prend naissance dans une spire, nous pouvons logiquement admettre que si nous coupions la spire, le courant induit sera arrêté (fig. 67).

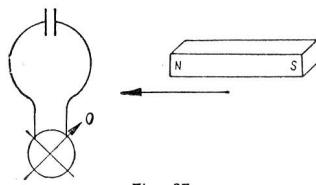


Fig. 67

Ayant vérifié notre supposition, nous pouvons dire qu'il suffira de couper ou de diviser les masses métalliques pour réduire les courants de Foucault (voir plus haut fig. 57).

Dans l'industrie, toutes les masses métalliques soumises à des variations de flux et dans lesquelles on ne veut pas

laisser s'engendrer des courants de Foucault, sont soit coupées, feuillettées ou divisées (fig. 68 à 70).

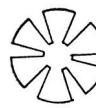


Fig. 68

1. masses coupées

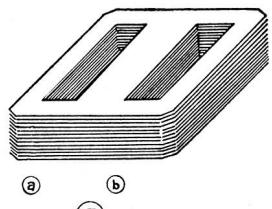


Fig. 69

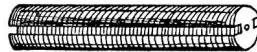


Fig. 69

2. masses feuillétées (induit)  
a fer  
b papier

Fig. 70

3. Trafo  
a fer  
b papier

Dans l'industrie téléphonique et radioélectrique moderne on utilise les fers divisés; il s'agit de poudre de fer mélangée à des poudres isolantes (bakélite, polystyrol, etc.). Un mélange intime à froid enrobe chaque particule de fer d'une petite quantité d'isolant. Le tout est ensuite pressé et formé à chaud. On obtient ainsi des circuits en pot (fig. 71), en H (fig. 72), des vis (fig. 73) pour les transformateurs H.F. et des tores (fig. 74) pour les circuits B.F.

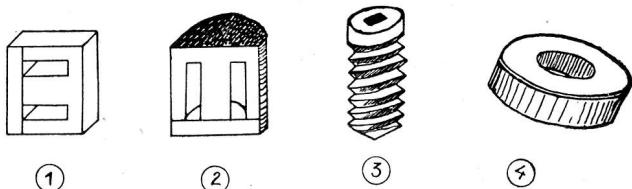


Fig. 72

71

73

74

Noyau en «H» Noyau en «Pot» Noyau «Vis» Noyau «tore»

**7. Induction propre ou self-induction et induction mutuelle.** On appelle courant de self-induction ou courant d'auto-induction un courant induit qui prend naissance dans une bobine ou un circuit à la suite d'une variation du courant qui circule dans cette même bobine ou circuit. Voyons de quoi il s'agit (fig. 75).

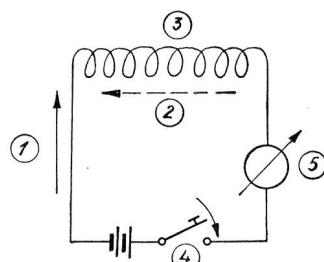


Fig. 75

- courant principal
- courant d'induction
- a
- b
- c

Si nous fermons l'interrupteur b, un courant va s'établir dans la bobine a. L'établissement de ce courant va créer, comme nous le savons, une variation de flux (augmentation) dans la bobine a. Or, nous savons aussi que cette variation de flux va à son tour produire dans cette même bobine un courant d'induction qui s'opposera à la cause qui l'a créé, c'est-à-dire le courant d'induction s'opposera au passage du courant principal.

Vérifions notre théorie et fermons l'interrupteur b. Nous constatons que l'instrument c ne marquera le passage du courant qu'un instant (très court) après avoir fermé a. On

appelle ce courant d'induction: extra-courant de fermeture. Il est de sens inverse du courant principal. Il tend à diminuer son intensité.

Si, par contre, nous ouvrons l'interrupteur b (fig. 76),

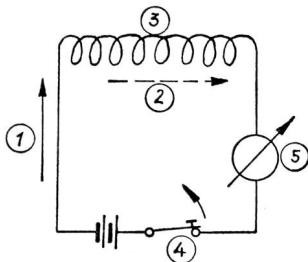


Fig. 76

1. courant principal
2. courant d'induction
3. a
4. b
5. c

la suppression du courant créera une variation de flux (diminution) qui, à son tour, provoquera un courant induit s'opposant à la cause l'ayant produit. Donc, le courant induit tendra à continuer le courant principal. Vérification, après avoir ouvert l'interrupteur l'instrument marque encore un instant (très court) l'existence du courant.

On appelle ce courant d'induction: extra-courant de rupture. L'extra-courant de rupture crée toujours une étincelle aux bornes de l'interrupteur.

Les courants d'induction se nomment dans ce cas: courants de self-induction ou courants d'auto-induction. La bobine, elle, se nomme alors: la self.

Les trois lois générales de l'induction régissent ces phénomènes; nous les rappelons:

**Règle 1: Toute variation de flux magnétique qui traverse un circuit fermé développe dans celui-ci un courant induit.**

**Règle 2: La durée du courant induit est égale à celle de la variation du flux.**

**Règle 3: Le sens du courant induit est tel qu'il s'oppose par son action électromagnétique à la cause qui l'a fait naître.**

On peut considérer les courants de self-induction, et par cela même une self insérée dans un circuit, comme une masse inerte qui s'oppose à l'arrêt ou à l'établissement du courant principal.

On peut comparer cette masse inerte à une auto lourdement chargée que l'on veut mettre en marche en la poussant. Nous devrons nous mettre à plusieurs de toutes nos forces, soufflant et suant, pour arriver à déplacer le véhicule.

Mais, lorsque notre véhicule sera en marche, gare à l'arrêt. Nous aurons toutes les peines du monde à l'arrêter; nous serons peut-être même passibles d'un procès-verbal!

Revenons à notre self. On appelle coefficient de self-induction d'une bobine le flux total qu'elle produit lorsqu'elle est parcourue par un courant déterminé: 10 ampères.

Toutefois, on fera une distinction entre le flux et le coefficient de self-induction; cette distinction se retrouve dans les symboles.

Nous avons vu plus haut que le flux s'exprimait en maxwells et correspondait à la formule

$$\Phi = \frac{1,25 \cdot N^2 \cdot I.S.}{l}$$

Le coefficient de self-induction s'exprime en cm. Son symbole est L et sa formule:

$$L \text{ en cm} = \frac{1,25 \cdot 10 \cdot N^2 \cdot I.S.}{l} = \frac{12,5 \cdot N^2 \cdot I.S.}{l}$$

L peut également s'exprimer en «Henry». (Le «Henry» est égal au coefficient de self-induction d'une bobine qui, pour une variation de courant de 1 ampère en 1 seconde — soit une variation de flux —, produit une force électromotrice de 1 volt.)

L'équivalence entre ces unités sera:

$$1 H = 1000 \text{ mH (millihenry)}$$

$$1 H = 10^6 \mu\text{H (microhenry)}$$

$$1 H = 10^9 \text{ cm}$$

**Induction mutuelle.** Si l'on considère les deux bobines de la figure 77, il va sans dire que chacune possédera un coefficient de self-induction déterminé.

Pour faciliter notre démonstration, nous appellerons, exceptionnellement et intentionnellement plus bas, le coefficient de self-induction: le flux.

Admettons donc que  $B_1$  produit un flux de 100 maxwells et  $B_2$  un flux de 1000 maxwells.

Comme les deux bobines sont connectées à la suite l'une de l'autre, ou en série, il est évident que les lignes de force de l'une et de l'autre s'interpénètreront.

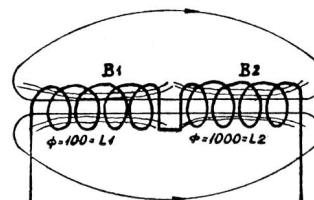


Fig. 77

Dès lors, il est évident que le flux de  $B_1$  ne sera plus 100 maxwells, mais 100 + un flux  $\Phi$  transmis de  $B_2$ , par exemple 10, donc 110, et il en sera de même pour  $B_2$ .

Cette augmentation de flux se nomme: induction mutuelle, symbole = m.

L'induction mutuelle est toujours égale pour les deux bobines. On voit donc que pour le groupe  $B_1$  et  $B_2$  nous aurons un coefficient d'induction égal à:

$$L_{\text{total}} = L_1 + m + L_2 + m$$

ou

$$L_{\text{total}} = L_1 + L_2 + 2m$$

On dit que l'induction mutuelle est positive; elle s'ajoute au coefficient d'induction.

L'induction mutuelle est maximum lorsque  $B_1$  capte tout le flux de  $B_2$ . Ceci est vrai lorsque les deux bobines sont bobinées l'une par dessus l'autre (fig. 78).

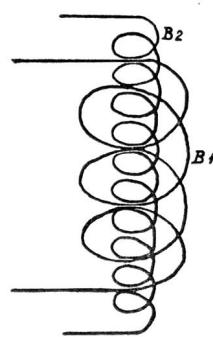


Fig. 78

(à suivre)