

Les courants de Foucault

Sébastien De Ridder, Sohail Jaidi, Doumen Wandt

L'expérience d'Oersted :

Jusqu'au début du 19^{ème} siècle, l'électricité et le magnétisme étaient deux disciplines indépendantes. En 1820, le professeur de physique danois Hans Christian Oersted fit une grande découverte en donnant cours à ses élèves. Il mit une boussole à côté d'un fil transportant un courant électrique et remarqua par hasard que l'aiguille de la boussole était déviée : cela indique que le courant électrique avait créé un champ magnétique qui a fait dévier la boussole. Ceci fut le premier lien entre l'électricité et le magnétisme, l'électromagnétisme était né ! Plus tard, les physiciens ont remarqué qu'un solénoïde crée un champ magnétique équivalent à celui d'un aimant.

L'induction magnétique de Faraday :

Grâce à Oersted, on sait qu'un courant électrique génère un champ magnétique. Les physiciens se sont donc demandé si l'inverse était possible : un champ magnétique peut-il créer un courant électrique ? En fait c'est la variation d'un flux magnétique qui induit un courant électrique (le champ magnétique est la densité du flux magnétique). En effet, lorsqu'on met un aimant dans un solénoïde relié à un ampèremètre pour détecter un courant, l'instrument de mesure réagit lorsqu'on bouge l'aimant. Plus on le fait bouger, plus le courant produit est important car la variation du flux magnétique est plus grande. Le courant électrique est positif ou négatif suivant le sens du mouvement de l'aimant.

On sait, grâce à Oersted, qu'un courant électrique crée un champ magnétique, donc le courant induit par le mouvement de l'aimant va aussi créer un champ magnétique. Le sens du champ magnétique et donc du courant induit est donné par la loi de Lenz :

Le champ magnétique induit s'oppose à la variation initiale du flux magnétique qui l'a induit. Ainsi lorsque l'aimant sort de la bobine, le champ magnétique induit va s'y opposer et se diriger dans l'autre sens, le champ magnétique induit rentre dans l'aimant.

Les courants électriques induits sont aussi appelés courants de Foucault, ils se manifestent ainsi dans toutes variations du flux magnétique dans un conducteur.

La chute d'un aimant dans un tube métallique :

Notre expérience consiste à utiliser ce principe en faisant tomber des aimants dans des tubes métalliques (non-ferreux) :

Puisque ces tubes ne sont pas en fer, l'aimant ne s'y accroche pas. Lorsqu'on fait tomber un aimant dans un tube en cuivre par exemple, le déplacement de l'aimant va créer une variation du flux magnétique dans le tube. Cette variation va donc induire des courants de Foucault qui eux-mêmes vont créer un champ magnétique. Ce champ va s'opposer à la variation du flux magnétique qui provient de la chute de l'aimant : l'aimant va donc freiner !

On peut faire varier le freinage de différentes manières :

Avec des aimants plus puissants, le champ magnétique sera plus grand, et donc la variation du flux magnétique aussi, ce qui entraînera une chute encore plus lente de l'aimant.

La taille et la forme de l'aimant ont aussi leur importance : plus l'aimant est proche de la paroi du tube, plus le champ magnétique y sera grand, et donc le freinage sera plus puissant.

On peut aussi faire varier les caractéristiques du tube :

Plus le tube est épais, plus les courants de Foucault seront intenses et donc l'aimant sera mieux freiné. Changer le diamètre du tube est équivalent à changer la taille de l'aimant.

Le type de métal du tube est aussi important. Par exemple l'aimant sera plus rapide dans l'aluminium que dans le cuivre. Cela est dû au fait que le cuivre est meilleur conducteur que l'aluminium, donc les courants de Foucault y seront plus intenses et leur effet plus puissant.

Avec plusieurs aimants, on pourrait penser qu'ils seront plus lents qu'avec un seul aimant car le champ magnétique sera plus intense. Mais c'est le contraire qui se produit : avec plusieurs aimants, l'aimant total aura un plus grand champ magnétique mais sera aussi plus lourd et donc le freinage devra être plus intense pour le freiner. Le champ magnétique total ne compense pas cette augmentation du poids car deux aimants ensemble ne doublent pas la variation du flux du champ magnétique. Il est augmenté, mais pas assez pour compenser le poids doublé de l'aimant total. Ainsi, plus il y aura d'aimants, plus le poids de l'aimant total sera grand, et plus il tombera vite !

Plus l'aimant sera rapide, plus la variation du flux magnétique sera grande, et donc plus l'aimant sera freiné. On peut visualiser le freinage à l'aide d'un dynamomètre relié à l'aimant : en remontant le dynamomètre avec l'aimant dans le tube à différentes vitesses, on remarque que la force est plus grande à grande vitesse.

Ce principe est utilisé dans la vie quotidienne :

La plaque induction d'une cuisinière contient un solénoïde. Comme celui-ci est alimenté par un courant alternatif (50 Hz alternatif du réseau), une variation du champ magnétique est produite. En mettant une casserole conductrice par dessus, des courants de Foucault apparaissent dans le fond de celle-ci, qui chauffe par effet Joule.

Les freins magnétiques dans les camions et les trains utilisent aussi ce principe :

Deux électroaimants sont placés de part et d'autres des roues. En les activant, un champ magnétique est créé dans les roues. Une variation du flux magnétique est créée par le mouvement de la roue. La loi de Lenz dit que les courants de Foucault dans la roue s'opposent à la variation du flux magnétique, donc la roue va ralentir et ainsi freiner. Mais il faut ajouter un frein traditionnel car plus la roue tourne lentement, moins la variation du flux est grande et donc le freinage diminuera.