

# Chapitre 25

## Lois de l'induction

### 1 Flux d'un champ magnétique

#### 1.a Surface orientée

Soit une surface  $S$ , choisir une orientation de  $S$ , c'est choisir l'un des deux vecteurs unitaires directeurs de la normale à la surface. En général<sup>1</sup>, il existe exactement deux orientations possibles pour une surface.

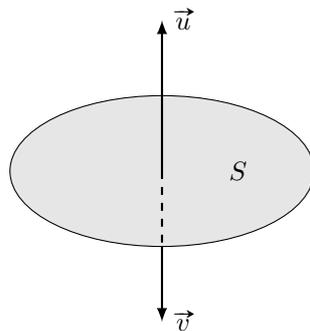


FIGURE 25.1 – Représentation des deux orientations possibles  $\vec{u}$  et  $\vec{v}$  de la surface  $S$ .

#### 1.b Orientation du contour

le contour d'une surface  $S$  orientée est lui-même orienté (on lui donne un sens de parcours) de telle sorte que la surface  $S$  se trouve à la gauche d'un observateur qui marche sur le contour de  $S$  (avec la normale vers le haut). On peut aussi utiliser la *règle de la mobilette* ou la *règle du tire-bouchon* pour déterminer l'orientation du contour en fonction de l'orientation de la surface.

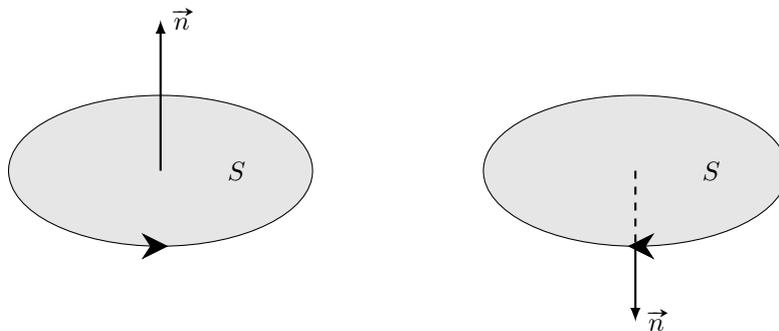


FIGURE 25.2 – Représentation des deux orientations possibles de la surface  $S$  et de son contour.

1. Toutes les surfaces ne sont pas forcément orientables, par exemple un anneau de moëbius n'est pas orientable.

## 1.c Flux d'un champ magnétique

Si  $S$  est une surface orientée par sa normale  $\vec{n}$ , le flux de  $\vec{B}$  à travers  $S$  est

$$\phi = \iint_S \vec{B} \cdot \vec{n} dS \quad (25.1)$$

Pour une surface plane ( $\vec{n}$  constant) dans un champ magnétique uniforme ( $\vec{B}$  constant), on a

$$\phi = \iint_S \vec{B} \cdot \vec{n} dS = \vec{B} \cdot \vec{n} \iint_S dS = \vec{B} \cdot \vec{n} S = BS \cos(\theta) \quad (25.2)$$

où  $\theta$  est l'angle entre  $\vec{n}$  et  $\vec{B}$ .

Intuitivement, le flux de  $\vec{B}$  correspond au *débit* du champ magnétique à travers la surface  $S$ .

## 2 Loi de Faraday

### 2.a Courant induit

Lorsqu'un aimant se déplace à proximité d'une bobine, on observe l'apparition d'un courant électrique dans la bobine. Plus précisément on peut faire les observations suivantes :

- Lorsque le pôle nord de l'aimant s'approche de la bobine, flux du champ magnétique à travers la bobine augmente et on observe un courant induit  $i$  dans le sens indiqué sur la figure 25.5.

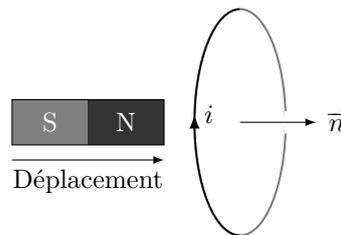


FIGURE 25.3 – Courant induit lorsque le pôle nord de l'aimant s'approche de la bobine.

- Lorsque l'on éloigne l'aimant de la bobine, on observe que le courant change de sens (figure 25.4).

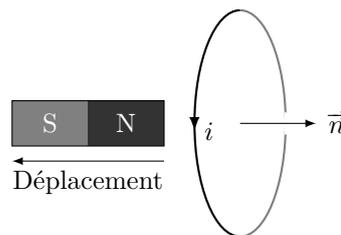


FIGURE 25.4 – Courant induit lorsque le pôle nord de l'aimant s'éloigne de la bobine.

On en conclut que lorsque le flux du champ magnétique augmente à travers une surface orientée, un courant induit circule dans un sens opposé à l'orientation du contour de la surface. Lorsque le flux du champ magnétique diminue, le courant induit circule dans le sens de l'orientation du contour.

### 2.b Loi de modération de Lenz

Une manière élégante d'exprimer la même observation est que *les effets de l'induction s'opposent aux causes qui l'ont produite*. C'est-à-dire que le courant est induit dans le circuit de telle sorte que le champ magnétique produit s'oppose à la variation de flux qui a produit l'induction du courant. En reprenant l'expérience précédente :

- Dans la figure 25.5, le flux du champ magnétique à travers la surface de la spire augmente, le courant induit tend à limiter cette augmentation de flux, donc il doit créer un champ magnétique orienté vers la gauche.
- Dans la figure 25.4, le flux du champ magnétique à travers la surface de la spire diminue, le courant induit tend à limiter cette diminution de flux, donc il doit créer un champ magnétique orienté vers la droite.

## 2.c Loi de Faraday

On considère un circuit conducteur  $\mathcal{C}$  orienté (arbitrairement) soumis à un champ magnétique  $\vec{B}$ . Lorsque le flux  $\phi$  du champ magnétique à travers le circuit varie, il apparaît une force électromotrice (fem)  $e$  (orientée dans le même sens que le circuit) telle que

$$e = -\frac{d\phi}{dt} \quad (25.3)$$

C'est la **loi de Faraday**.

Si le circuit conducteur possède une résistance  $R$ , alors le courant induit dans le circuit est  $i = \frac{e}{R}$ .

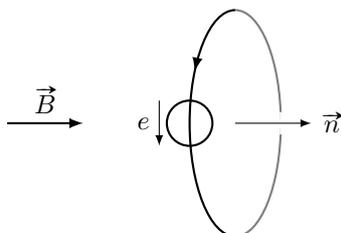


FIGURE 25.5 – Orientation du circuit et de la force électromotrice induite pour la loi de Faraday

**Attention**, avant d'appliquer la loi de Faraday, il faut absolument choisir une orientation du circuit, ce qui détermine le signe du flux  $\phi$ , et le sens de  $e$ .