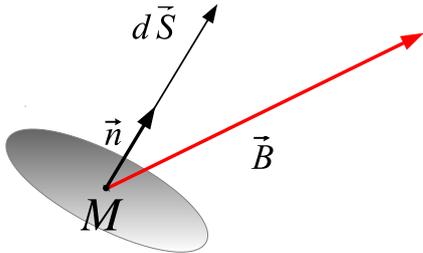


Lois de l'induction

I. Flux d'un champ vectoriel

1. Flux élémentaire



On considère une surface élémentaire dS au voisinage du point M . Soit \vec{n} un vecteur normal à cette surface. Le choix du sens de \vec{n} définit l'orientation de la surface. On définit alors $d\vec{S} = dS \vec{n}$ le vecteur surface élémentaire. Le flux du champ magnétique à travers la surface orientée dS est défini par

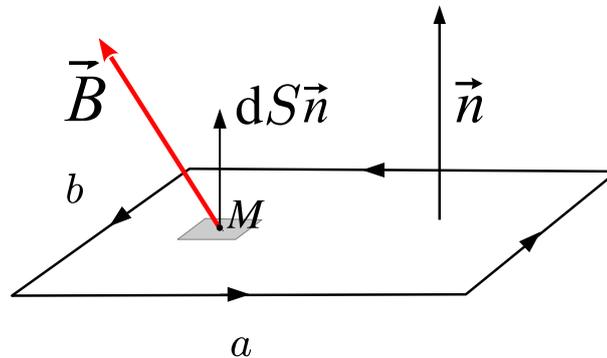
$$d\phi = \vec{B}(M) \cdot d\vec{S}$$

L'unité de flux est le weber (W) $1 \text{ W} = 1 \text{ T} \cdot \text{m}^2$

Le signe de $d\phi$ dépend du sens d'orientation choisi.

2. Flux d'un champ magnétique uniforme à travers une spire

On considère une spire rectangulaire, de côté a et b , placée dans un champ magnétique uniforme. Le sens de \vec{n} se déduit du sens d'orientation choisi pour la spire par la règle du tire-bouchon.



Par définition le flux total de \vec{B} à travers la surface orientée délimitée par la spire est

$$\phi = \iint \vec{B}(M) \cdot d\vec{S} = \iint \vec{B}(M) \cdot dS \vec{n}$$

Le champ magnétique \vec{B} étant uniforme, on peut le sortir de l'intégrale. De plus, la surface étant plane, tous les vecteurs $d\vec{S}$ sont colinéaires au même vecteur \vec{n} :

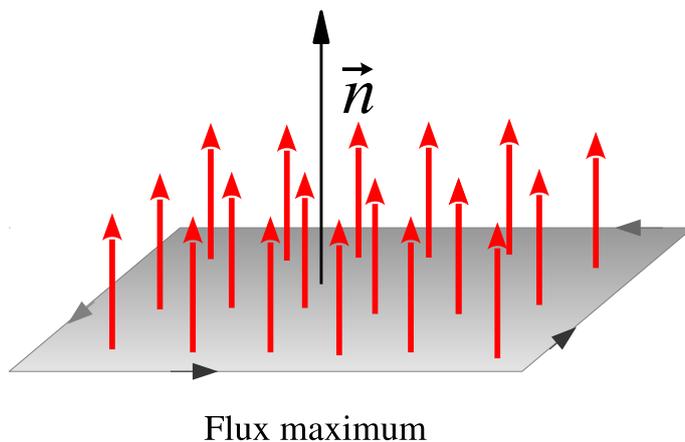
$$\phi = \vec{B} \cdot \iint dS \vec{n} = \vec{B} \cdot \left[\iint dS \right] \vec{n} = \vec{B} \cdot S \vec{n}$$

où $S = ab$ représente l'aire de la surface délimitée par la spire.

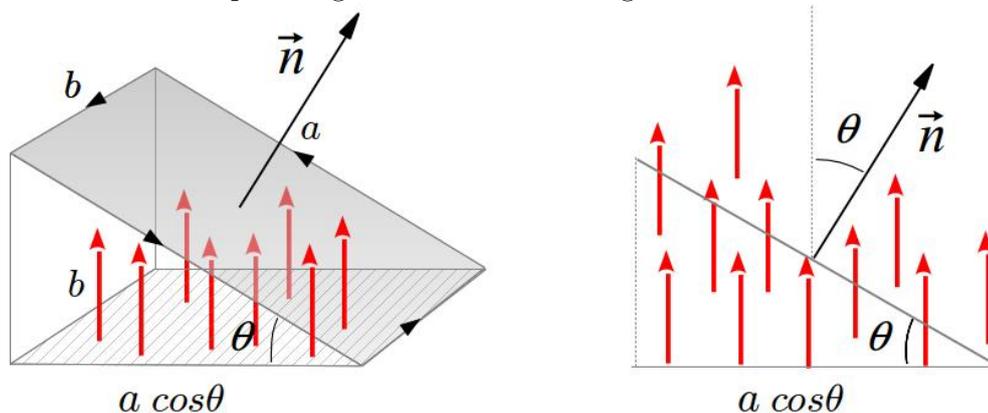
Sur les schémas qui suivent, les flèches rouges représentent le champ magnétique.

Le flux de \vec{B} est maximum lorsque \vec{B} et \vec{n} sont colinéaires et de même sens.

$$\phi = BS = Bab$$

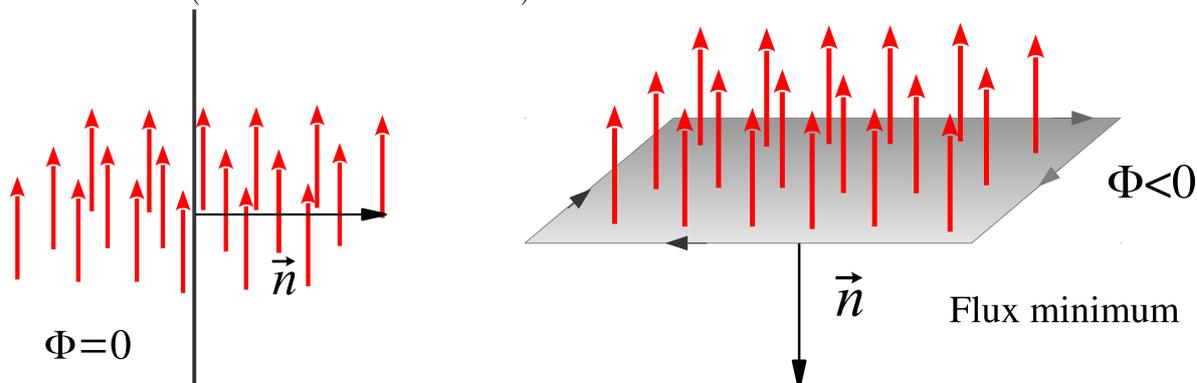


Le flux de \vec{B} diminue lorsque l'angle θ entre \vec{n} et \vec{B} augmente.



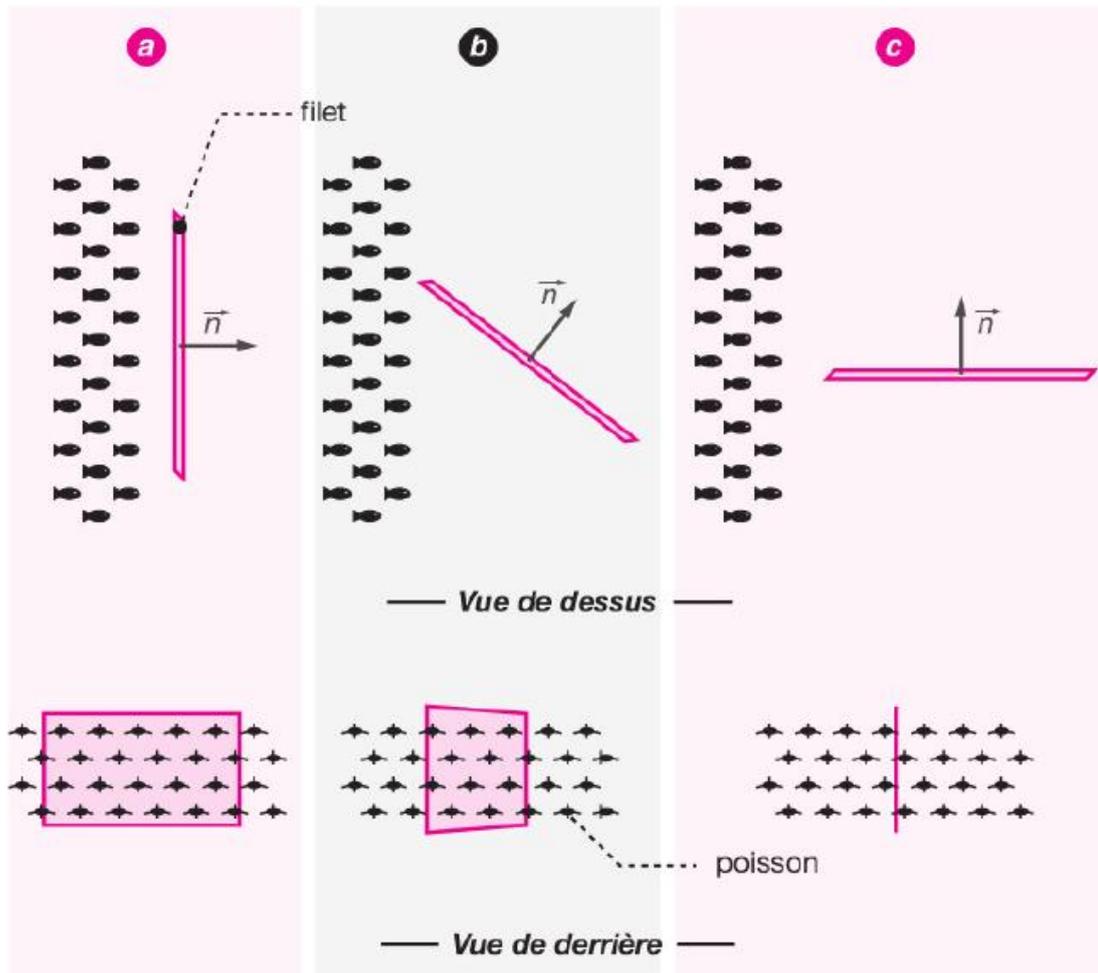
$$\phi = \vec{B} \cdot S\vec{n} = BS \cos \theta = Bab \cos \theta$$

Pour $\theta \in [0, \frac{\pi}{2}]$, on peut interpréter le terme $BS \cos \theta$ comme le flux de \vec{B} à travers la surface hachurée qui correspond à la projection de la surface S dans un plan perpendiculaire à la direction de \vec{B} (dont l'aire vaut $ab \cos \theta$).



Le flux s'annule pour $\theta = \pm \frac{\pi}{2}$ ($\vec{B} \perp \vec{n}$), puis devient négatif pour $\theta \in [\frac{\pi}{2}, \pi]$. Il est minimum et vaut $\phi = -BS = -Bab$ lorsque \vec{B} et \vec{n} sont de sens opposés.

3. Équivalent aquatique du flux



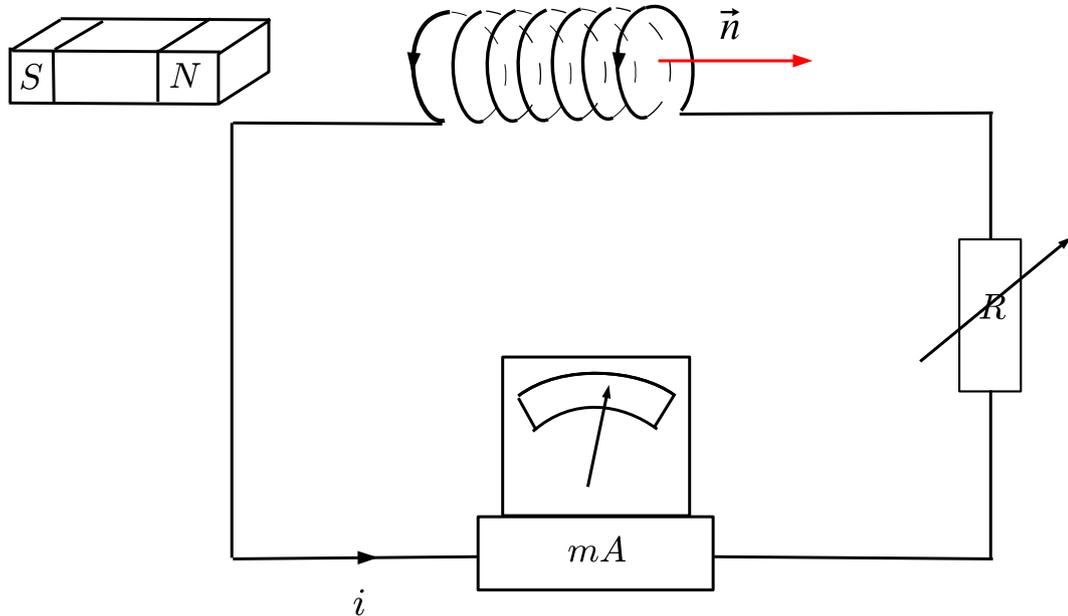
Analogie du flux magnétique à travers une surface avec un flux de poissons à travers un cadre. Le plan du cadre est

- (a) perpendiculaire au déplacement des poissons
- (b) placé dans une configuration quelconque
- (c) parallèle au déplacement des poissons

4. Un autre exemple de flux en physique

II. Observation expérimentale

1. Description du montage



On utilise une bobine constituée d'un enroulement de fil de cuivre sur une surface cylindrique. On place une résistance R en série avec la bobine (facultatif, son but est éventuellement de réduire l'intensité du courant).

On oriente les spires : on en déduit le sens de \vec{n} par la règle du tire bouchon.

On oriente i dans le même sens que le circuit. Lorsque $i > 0$ l'aiguille est déviée vers la droite, lorsque $i < 0$, l'aiguille est déviée vers la gauche.

On approche (ou on éloigne) un aimant de la bobine. On peut conserver le même mouvement relatif en approchant la bobine de l'aimant.

2. Observations

III. Lois de l'induction

1. Le phénomène d'induction

Il apparaît des courants induits dans un circuit lorsque :

- ▷ le circuit est fixe dans un champ magnétique \vec{B} variable.
- ▷ le circuit est mobile dans un champ magnétique \vec{B} stationnaire
- ▷ dans le cas général où le circuit est mobile dans un champ magnétique \vec{B} variable.

La circulation du courant est liée à l'apparition dans le circuit d'une force électromotrice e .

2. Loi de Faraday

L'apparition d'une force électromotrice e est liée à la variation du flux ϕ du champ magnétique à travers le circuit. Le calcul du flux impose une orientation préalable du circuit.

- ▷ on oriente le circuit
- ▷ on calcule ensuite le flux ϕ du champ magnétique.

La force électromotrice e , dite *force électromotrice induite* vérifie la loi de Faraday :

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

Le sens d'orientation pour la fem e coïncide avec le sens d'orientation choisi pour le circuit.

3. Loi de Lenz

Les courants induits s'opposent, par leurs effets, à la cause qui leur a donné naissance.