

*Notion de champ*

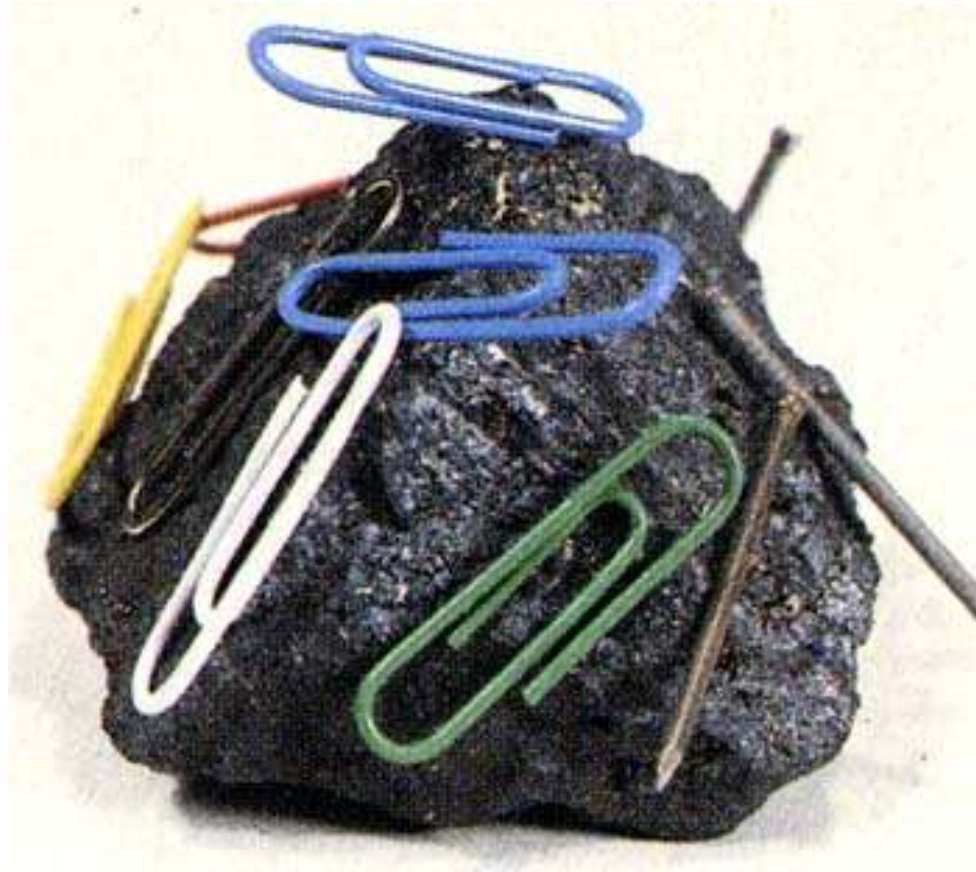
*magnétique*

*\* Electromagnétisme \**

# Introduction

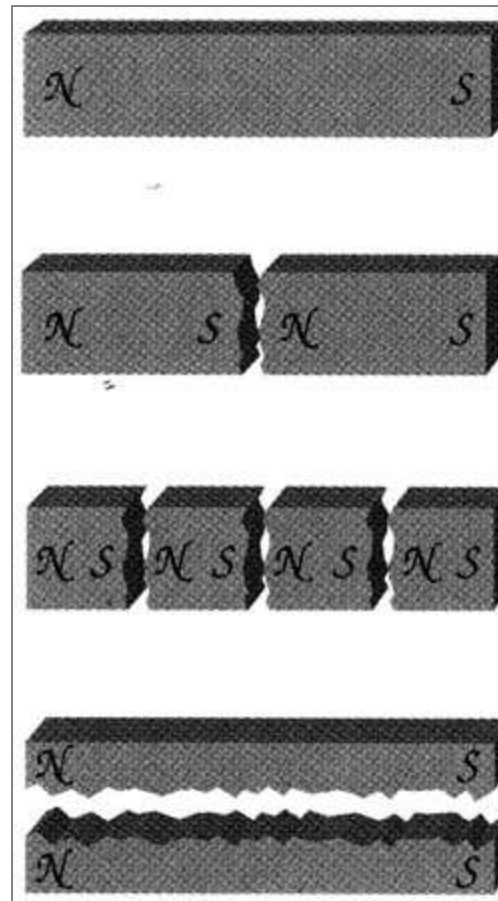
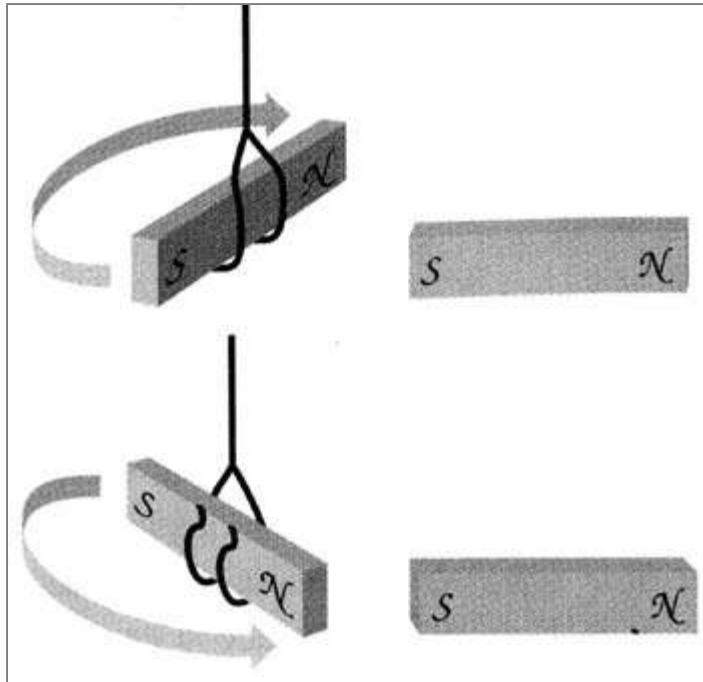
- Le **magnétisme** est un des plus anciens phénomènes
- connus d'**interaction à distance**. Il est connu depuis l'antiquité. Les Grecs, les Romains et les Chinois avaient remarqué que **l'oxyde de fer (Fe) magnétique, la magnétite\***, avait la **faculté d'attirer les objets contenant du fer**. Ils avaient également constaté **qu'un morceau de Fe mis en contact avec la magnétite acquérait la même propriété**. Au **XIème siècle**, les Arabes utilisaient le magnétisme pour la **navigation en mer avec la boussole** (aiguille magnétique flottant sur l'eau), une **invention des Chinois, seize siècles auparavant**.
- **\*La magnétite: oxyde de Fer de formule  $\text{Fe}_3\text{O}_4$**

## 1.1. La pierre d'aimant

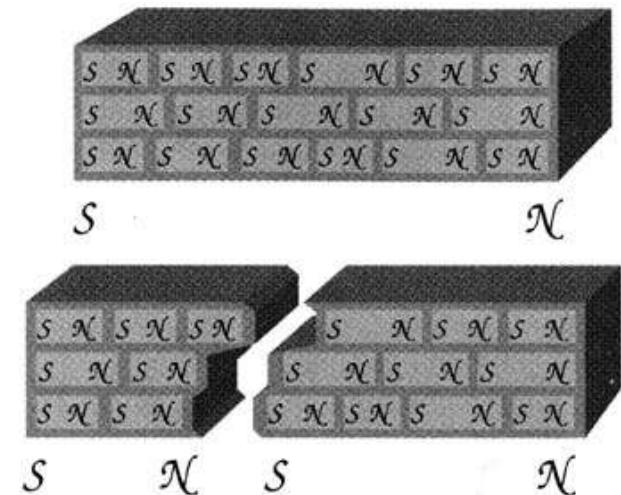


Une pierre d'aimant attirant quelques trombonne : c'est une pierre de magnétite, un minerais de fer aimanté par le champ magnétique terrestre.

## 1.2. Pôles



Des pôles identiques se repoussent, des pôles différents s'attirent.



## - Aimants -

2 barreaux interagissent → attraction ou répulsion

ce qui permet de distinguer 2 pôles: **NORD** et **SUD**

**S** **N**

**N** **S**

← **REPULSION** →

**S** **N** **S** **N**

→ **ATTRACTION** ←

Une aiguille aimantée montée sur un pivot s'oriente sur terre le pôle **N** s'oriente vers le pôle nord géographique d'où son nom.

**S** → **N**

# Notion de champ magnétique

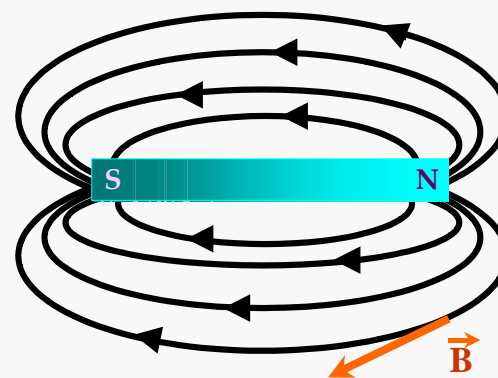
## \*Electromagnétisme \*

### Champ magnétique

Les physiciens ont introduit la notion de champ magnétique pour décrire l'interaction entre 2 aimants.

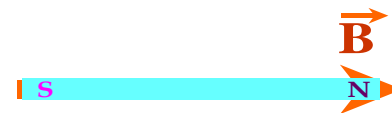
Le premier aimant crée un champ magnétique  $B$  dans son environnement

Ce champ magnétique agit sur un autre aimant. La force magnétique tend à aligner l'aimant dans la direction du champ magnétique  $B$ .



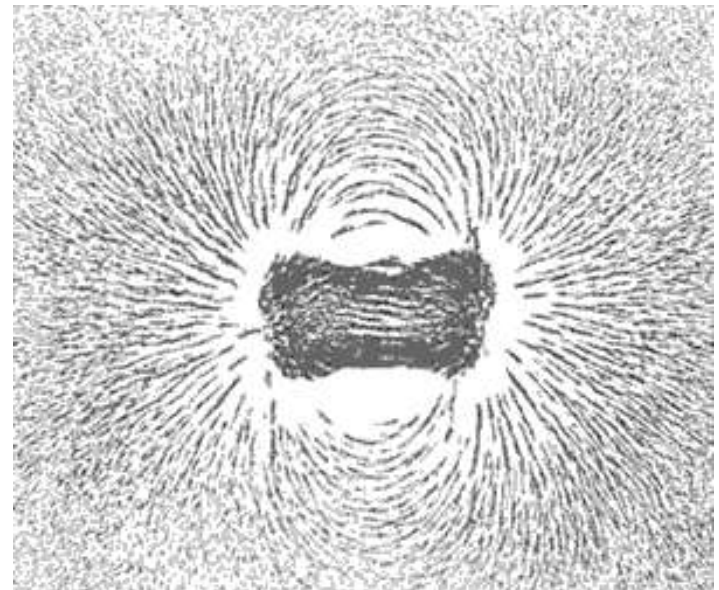
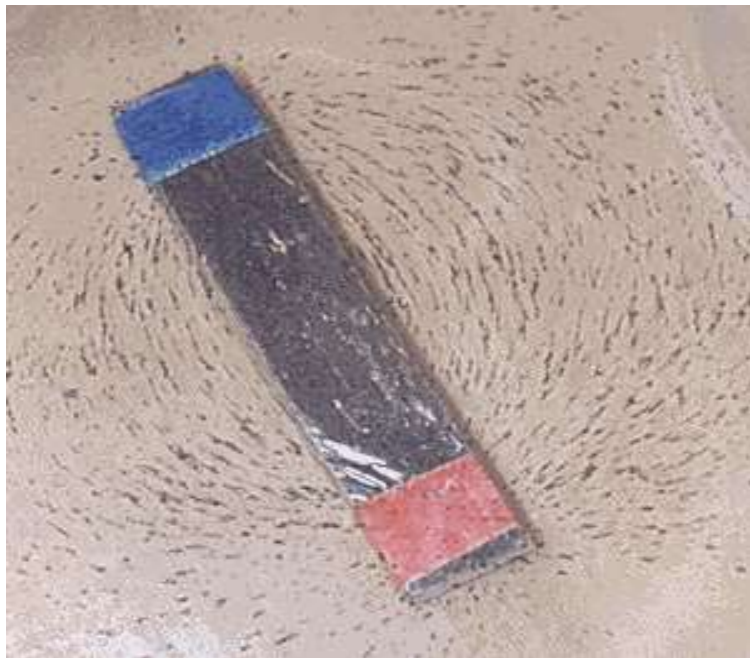
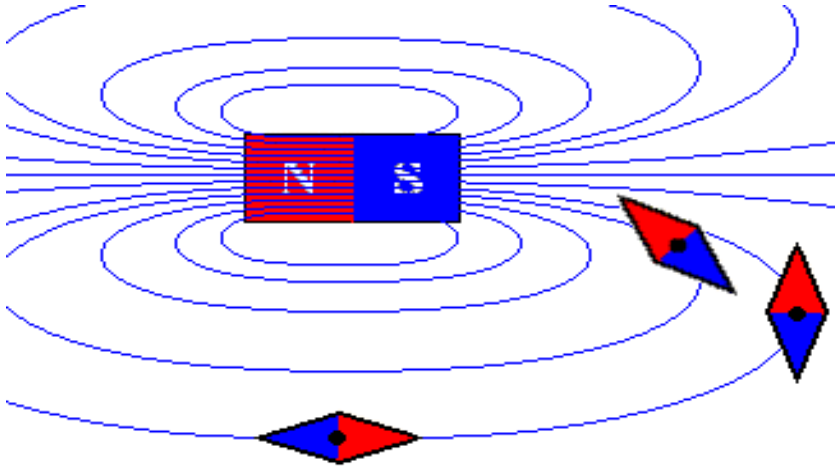
lignes de  
champ magnétique

Ainsi l'aiguille d'une boussole s'oriente dans la direction du champ magnétique terrestre.

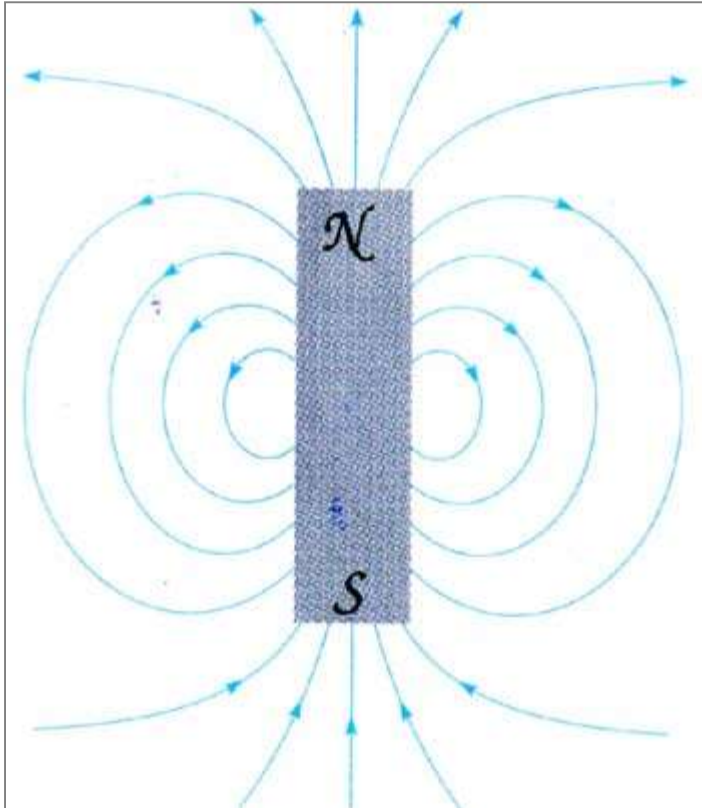




Une des expériences qui permet de caractériser ce champ est celui de la **limaille de fer** : on pose un aimant au milieu de limailles de fer éparpillées et il se dessine alors ce qu'on appelle les **lignes de champ** ou **lignes de force**. En fait, le champ magnétique créé par l'aimant transforme **chaque grain** de limaille de fer en de **petits aimants** qui **s'alignent** naturellement selon le champ magnétique.



## Lignes de champ



Les lignes de champ entourant un aimant sont obtenues, en chaque point de la région entourant l'aimant, par la direction donnée par une aiguille aimantée placée en ce point et orientée vers le pôle nord de cette aiguille. Ainsi les lignes de champs sont toujours issus du pôle nord de l'aimant et arrivent au pôle sud de celui-ci.



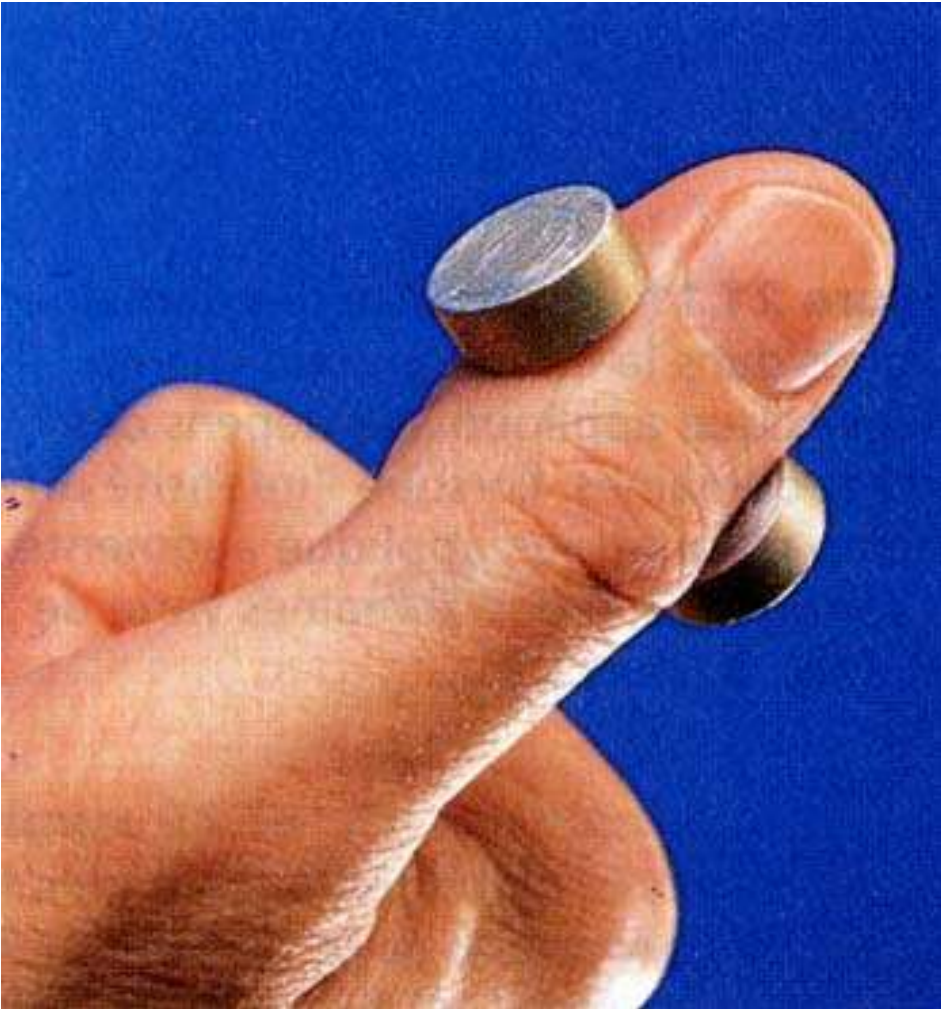
# Le champ magnétique

Par convention, le champ sort du **pôle nord** de l'aimant, décrit une ligne de champ et entre par **le pôle sud**.

En un point de l'espace, il ne peut y avoir qu'un champ magnétique, résultant de la somme vectorielle de tous les champs magnétiques générés par toutes les sources, par conséquent, **les lignes de champs ne se coupent jamais**.

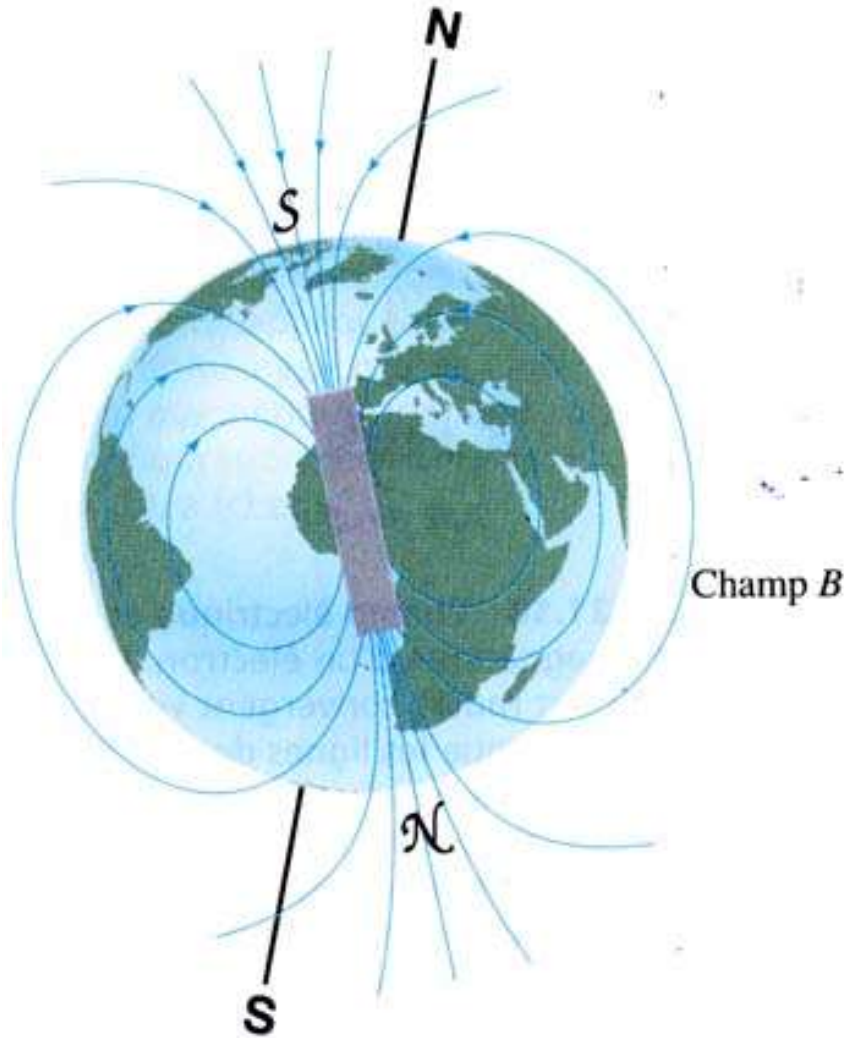
Le module du champ magnétique se mesure avec un *teslamètre*.

# Le champ magnétique

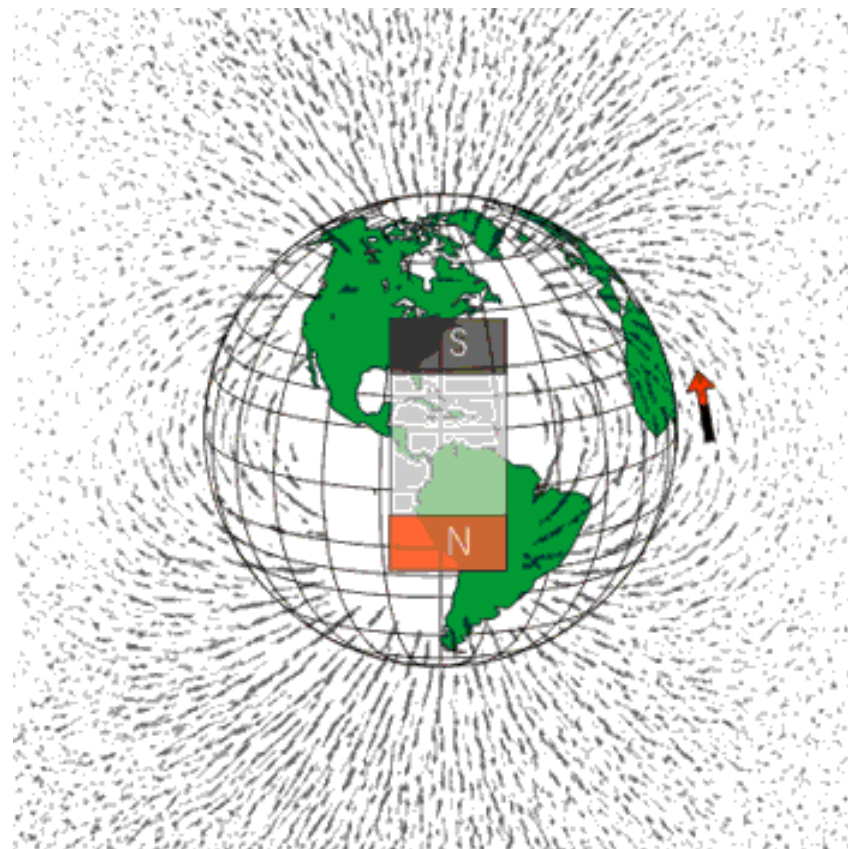
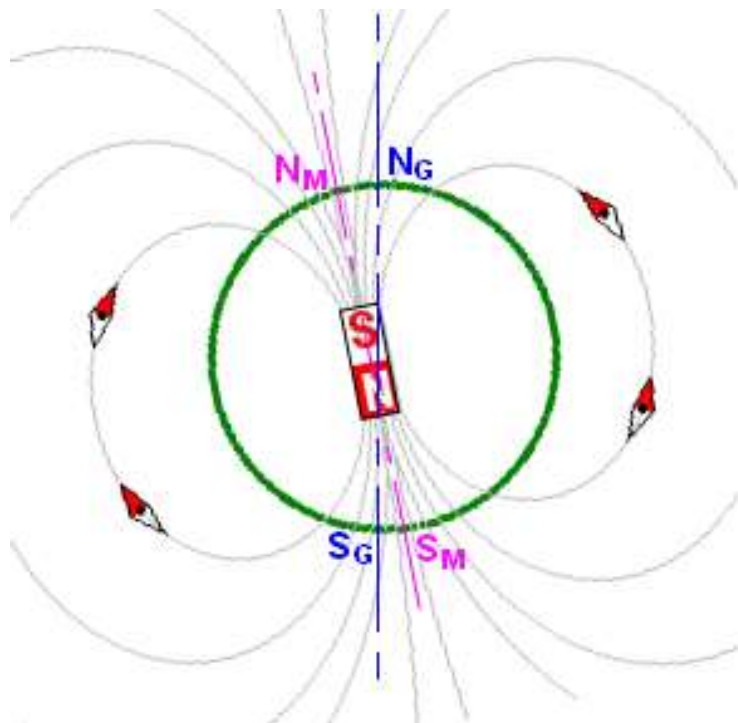


Deux aimants  
extrêmement puissant  
fait d'un alliage de fer,  
de néodyme et de bore.

# Magnétisme terrestre

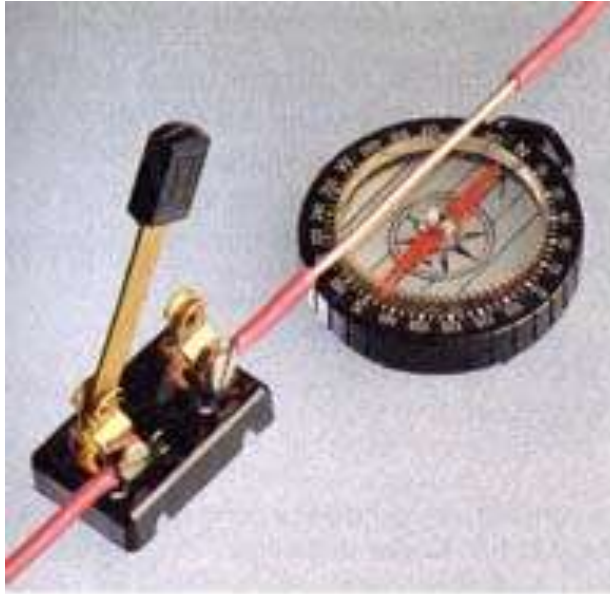


Le champ magnétique de la Terre ressemble à celui d'une tige aimantée inclinée. Une aiguille de boussole s'aligne dans la direction du champ, approximativement vers le pôle nord géographique, qui n'est pas très loin du pôle magnétique sud de la Terre. Le champ s'étend jusqu'à des milliers de kilomètres dans l'espace.

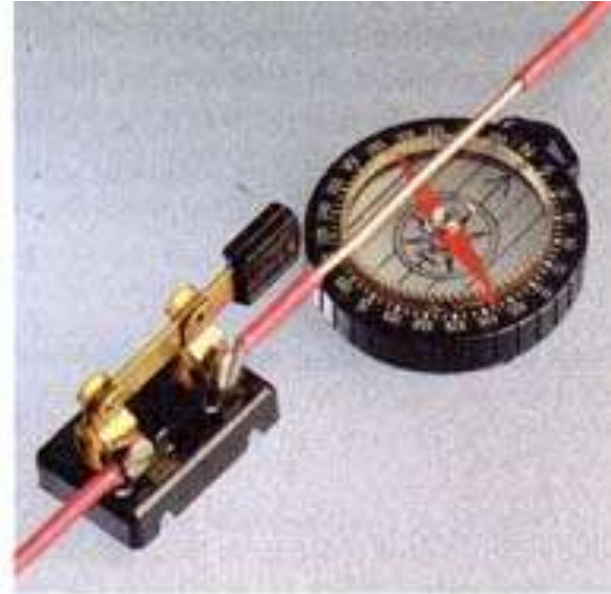


Champ magnétique terrestre

# . La découverte d'Oersted



(a)



(b)

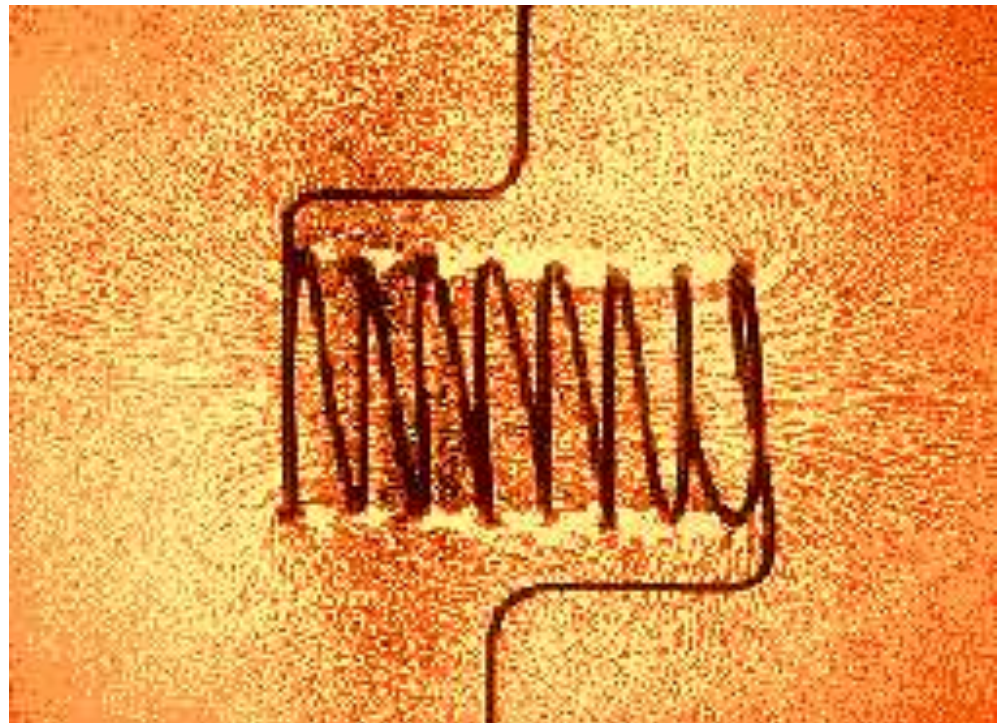
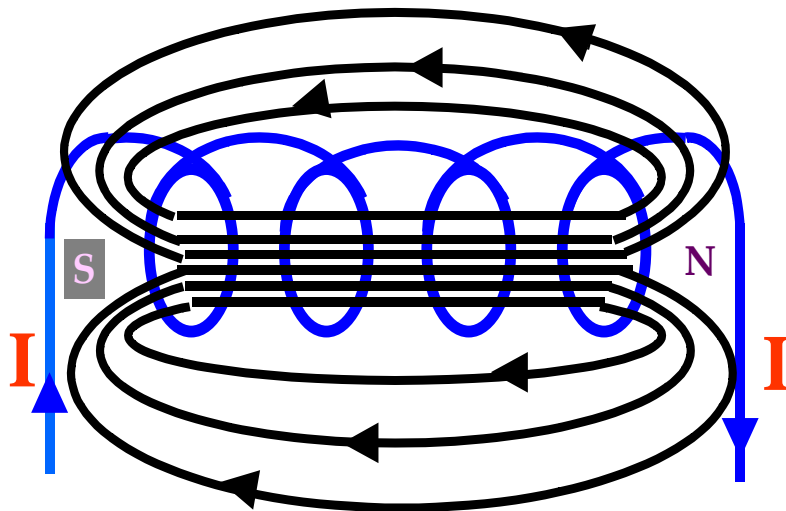
Expérience d'Oersted. (a) En absence de courant dans le fil, l'aiguille de la boussole est dirigée vers le Nord. (b) Quand le fil transporte un courant, l'aiguille dévie et s'aligne presque avec le champ créé par le courant.



# Champ magnétique créé par les courants électriques

Oersted a observé que le passage d'un **courant électrique à proximité d'une aiguille aimantée faisait dévier cette aiguille**, donc créait un champ magnétique. Les lois de l'électromagnétisme permettant de calculer le champ magnétique crée par un courant ont été données par Ampère, Biot et Savart .....

Exemple: champ magnétique d'un solénoïde, analogue à un aimant

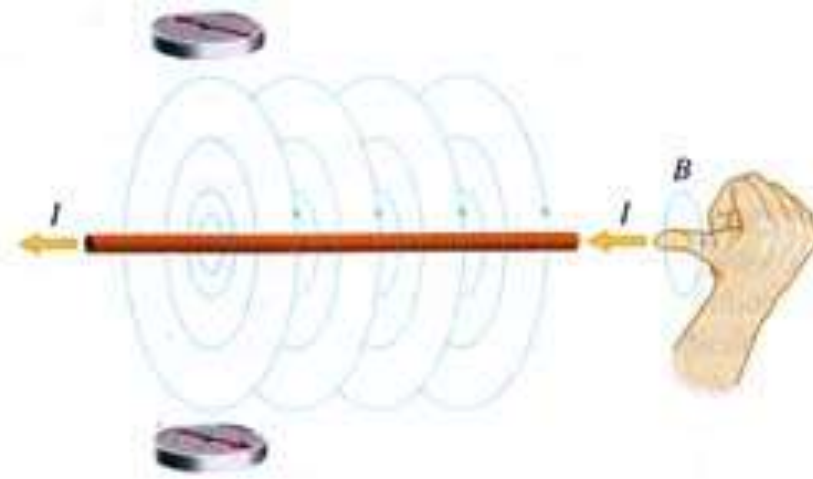




# Courant et champ magnétique

Si on oriente le pouce de la main droite dans la direction du courant électrique, la direction des autres doigts entourant le courant coïncide avec celle de l'aiguille de la boussole, c'est-à-dire la direction du champ magnétique  $B$ .

Cette règle est connue comme *la règle de la main droite*.



# Courant et champ magnétique

Un long conducteur filiforme rectiligne transportant un courant produit un champ magnétique circulaire, ou plus précisément, un champ magnétique cylindrique dans l'espace qui l'entoure.

$$B = \mu / (2\pi) \cdot I / r$$

I est l'intensité du courant traversant le fil en Ampère (A) ;  
r est la distance au fil en mètre (m) ;  $\mu$  est une constante caractéristique du milieu dans lequel se trouve le fil, appelée *perméabilité magnétique*.

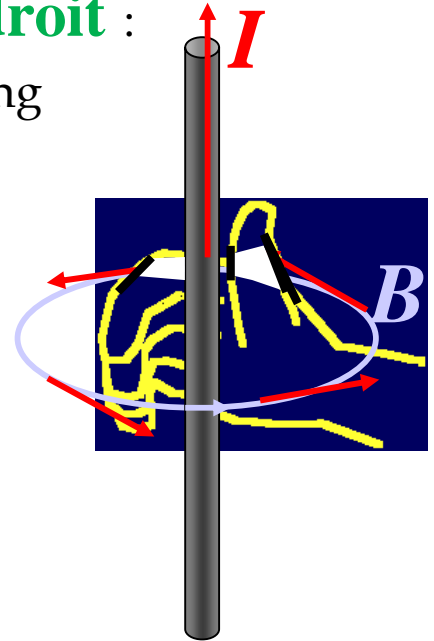
Dans le vide et dans l'air,  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m/A}$

# Électromagnétisme

- **Champ magnétique produit par un long fil droit :**

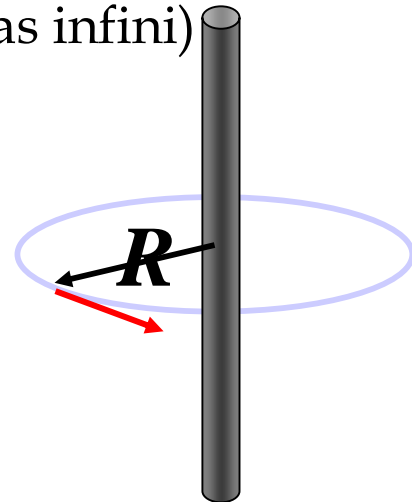
L'étude expérimentale du champ créé par un fil droit très long parcouru par un courant  $I$ , donne les résultats suivants :

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R}$$

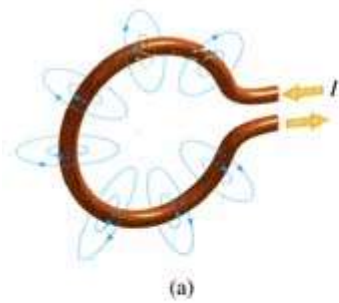


- L'unité du champ magnétique est. le **tesla (T)**
- Un fil droit crée dans son voisinage immédiat(s'il n'est pas infini) un champ magnétique qui l'encercle.

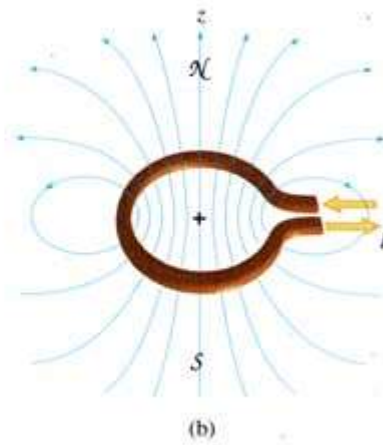
$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m/A}$$



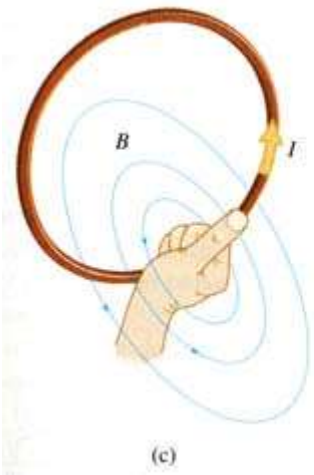
# Electro-aimant



(a)



(b)



(c)



(d)

Champ magnétique créé par une spire de courant. (a) chaque segment élémentaire d'une spire transportant un courant électrique est entouré dans un champ magnétique  $B$  circulaire. (b) Ces champs élémentaires se combinent pour produire un champ de dipôle, comme celui d'une tige aimantée. La spire possède un pôle nord et un pôle sud. (c) La règle de la main droite donne la direction de  $B$ . (d) Le champ matérialisé par la distribution de la limaille de fer dans un plan perpendiculaire à la spire.

# Electro-aimant

Au centre de la spire, le module du champ est proportionnel à l'intensité  $I$  et inversement proportionnel au rayon de la spire :

$$B = (\mu_0 I)/(2R)$$

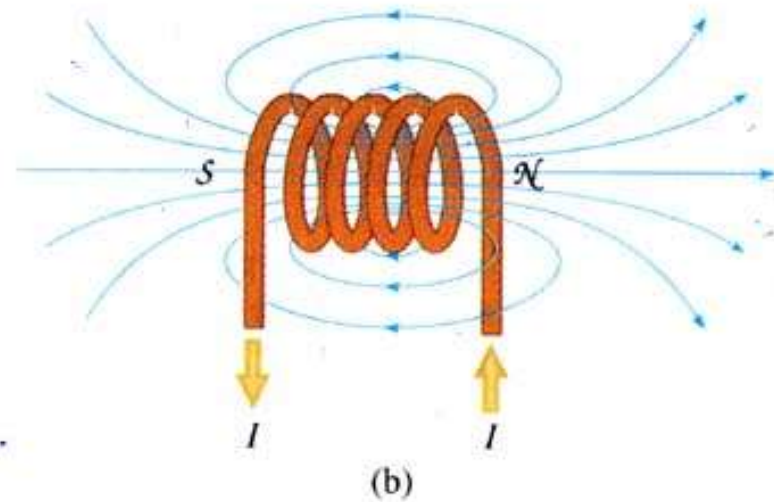
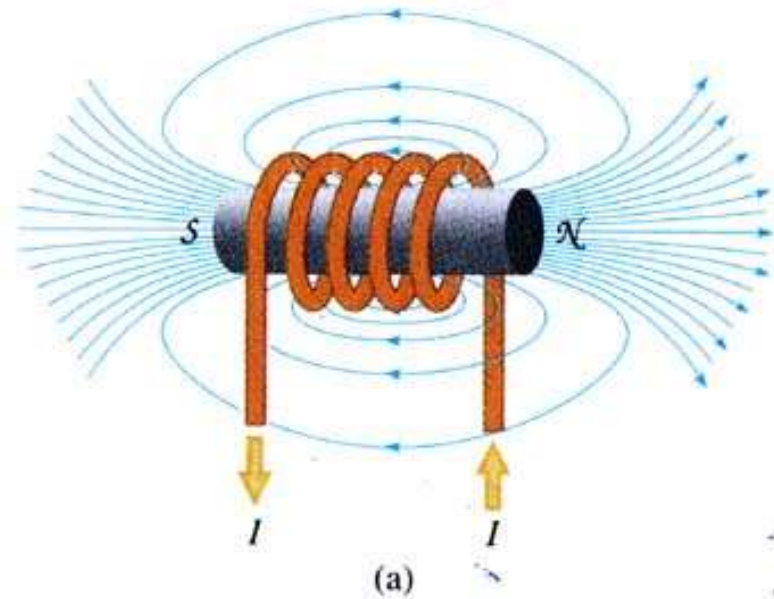
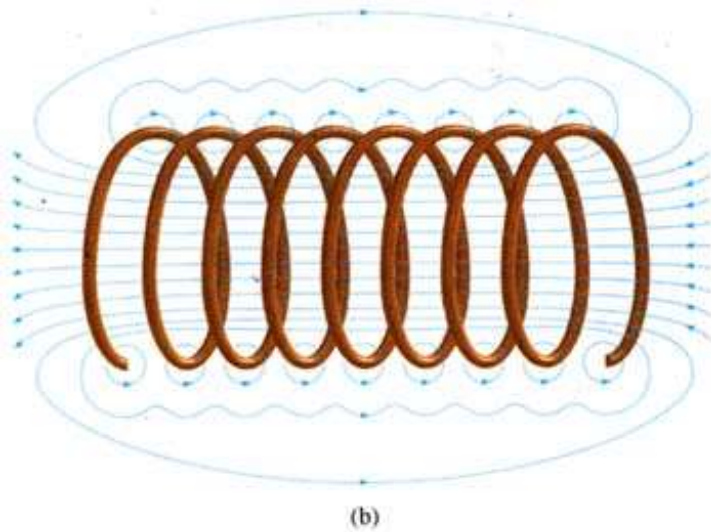
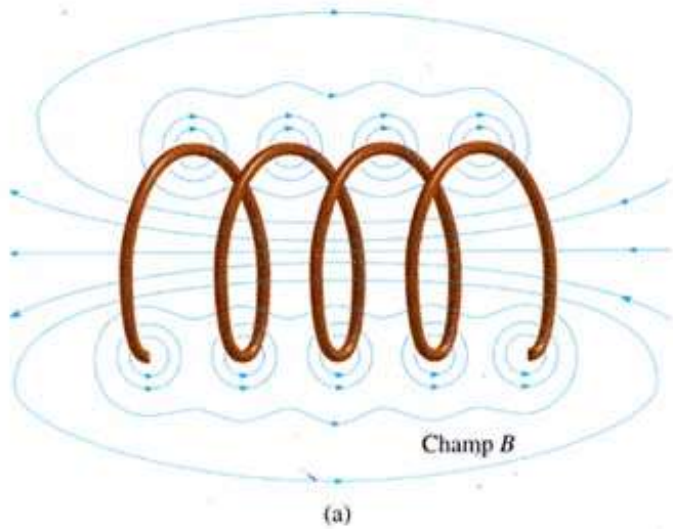
Le champ magnétique au centre d'une bobine comportant  $N$  spire de rayon  $R$ , traversées par un courant d'intensité  $I$  vérifie la relation :

$$B = N.(\mu_0 I)/(2R)$$

Le champ magnétique au centre d'un solénoïde de longueur  $l$ , de  $N$  spires traversées par un courant d'intensité  $I$ , vérifie la relation :

$$B = \mu_0.N.I/l$$

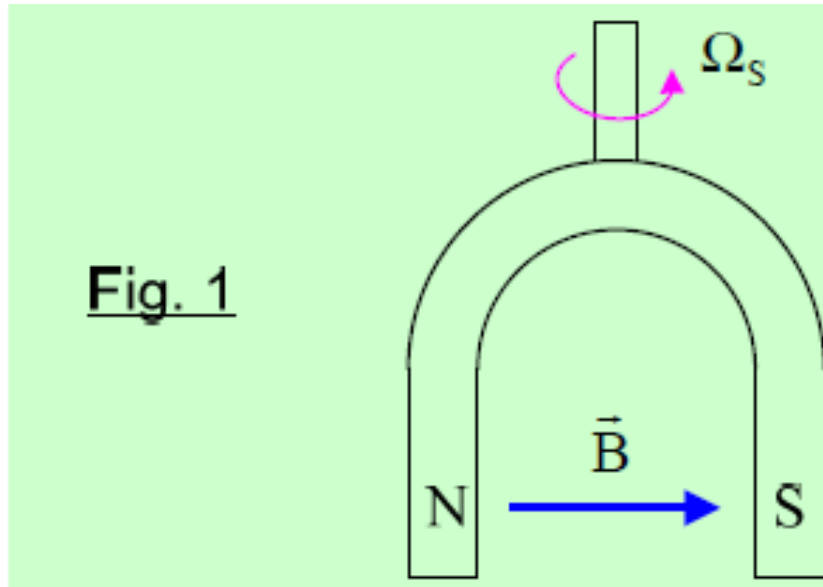
# Electro-aimant





# Champ magnétique tournant

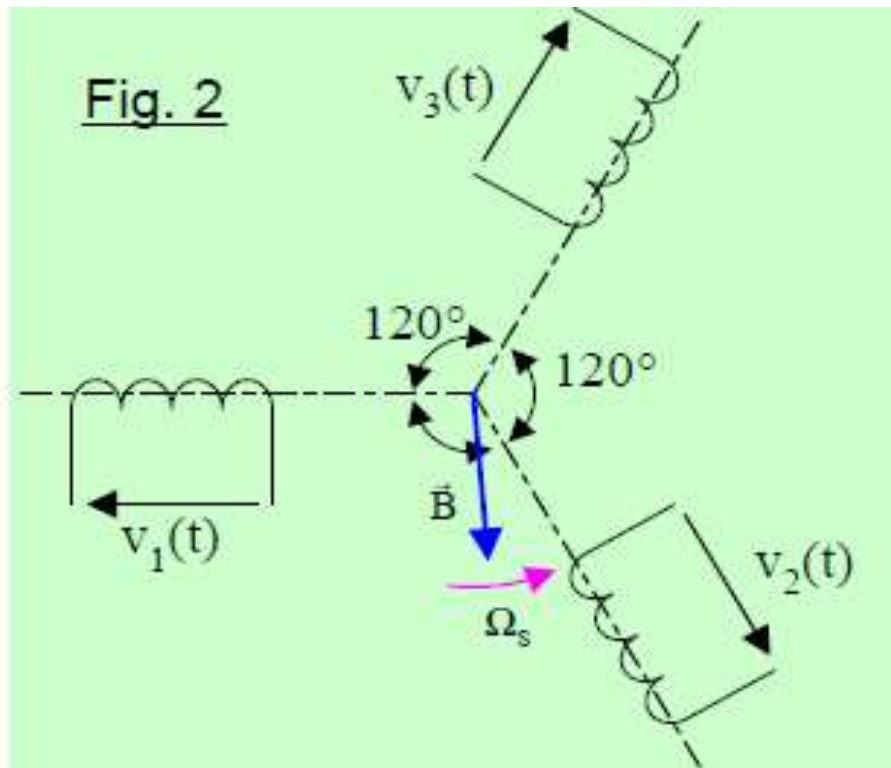
## 1- Champ tournant produit par un aimant



Le champ magnétique “tournant” est caractérisé par sa vitesse de rotation  $\Omega_s$ .

## 2- Champ tournant produit par un système triphasé

Soit trois bobines alimentées par un système de tensions triphasées :



Au centre, le champ magnétique résultant est un champ tournant.

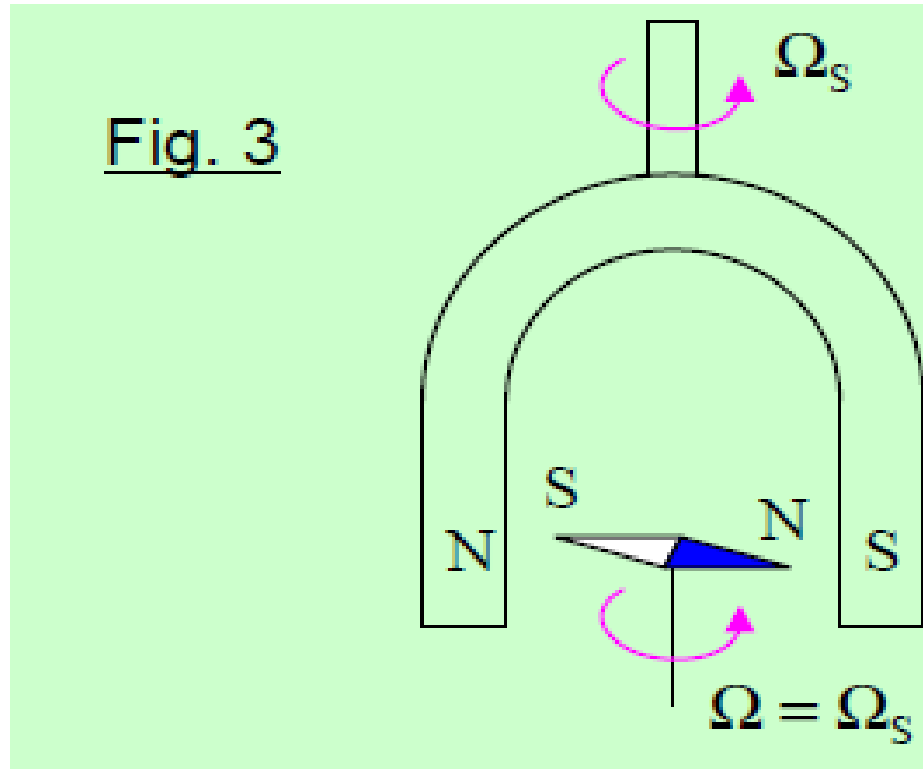
Vitesse de rotation :

$$\Omega = \Omega_s = 2\pi f$$

**A.N/**  $f = 50$  Hz (fréquence des tensions triphasées)

Le champ magnétique tourne à 50 tr/s ou 314 rad/s.

### 3- Principe de la machine synchrone

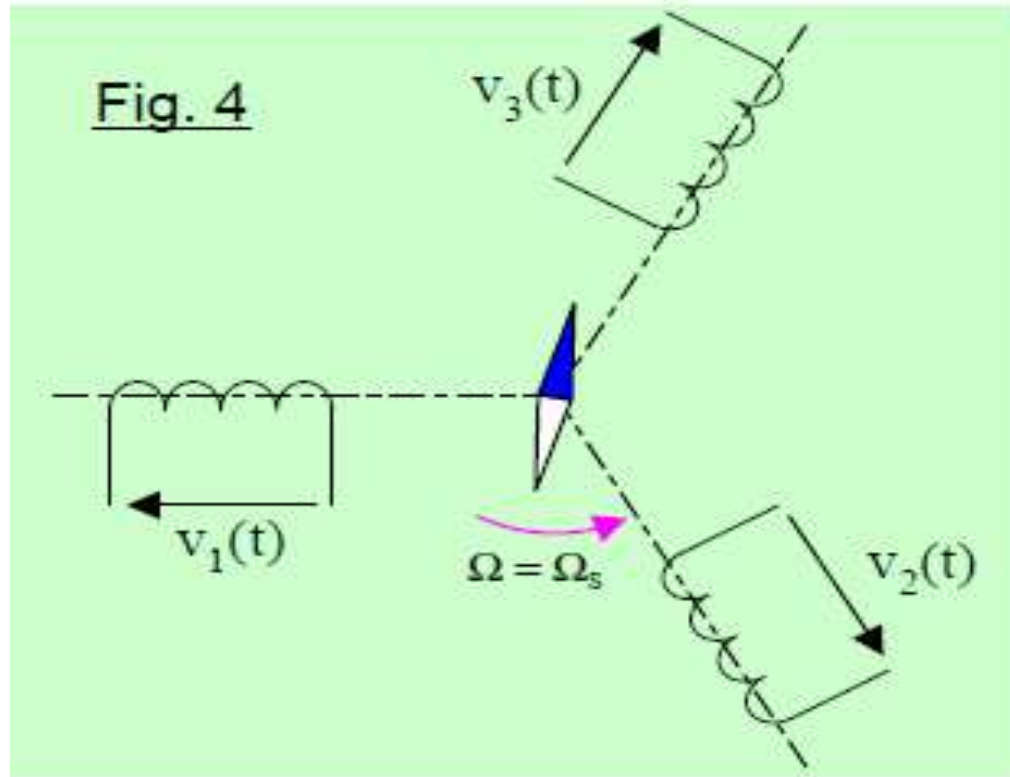


Les mouvements de l'aimant et de l'aiguille aimantée sont *synchrones* :

$$\Omega = \Omega_s$$

C'est pour cela que  $\Omega_s$  est appelée *vitesse de synchronisme*.

# Principe de la machine synchrone



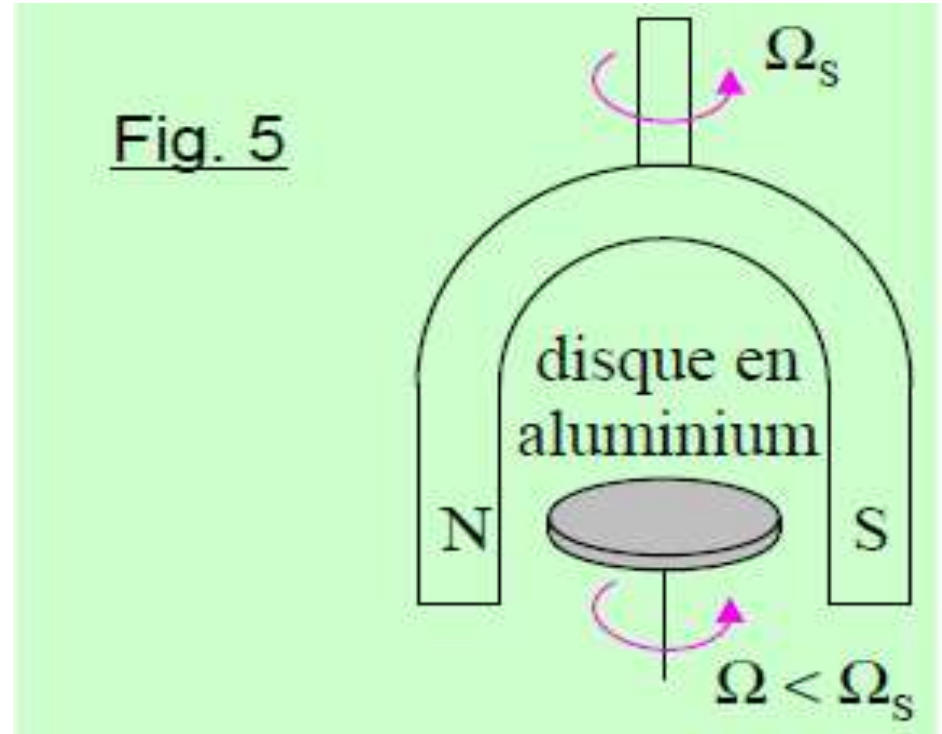
L'aiguille (le rotor) tourne à la vitesse de synchronisme ::

$$\Omega = \Omega_s = 2 \pi f$$

C'est le principe de fonctionnement du moteur synchrone.

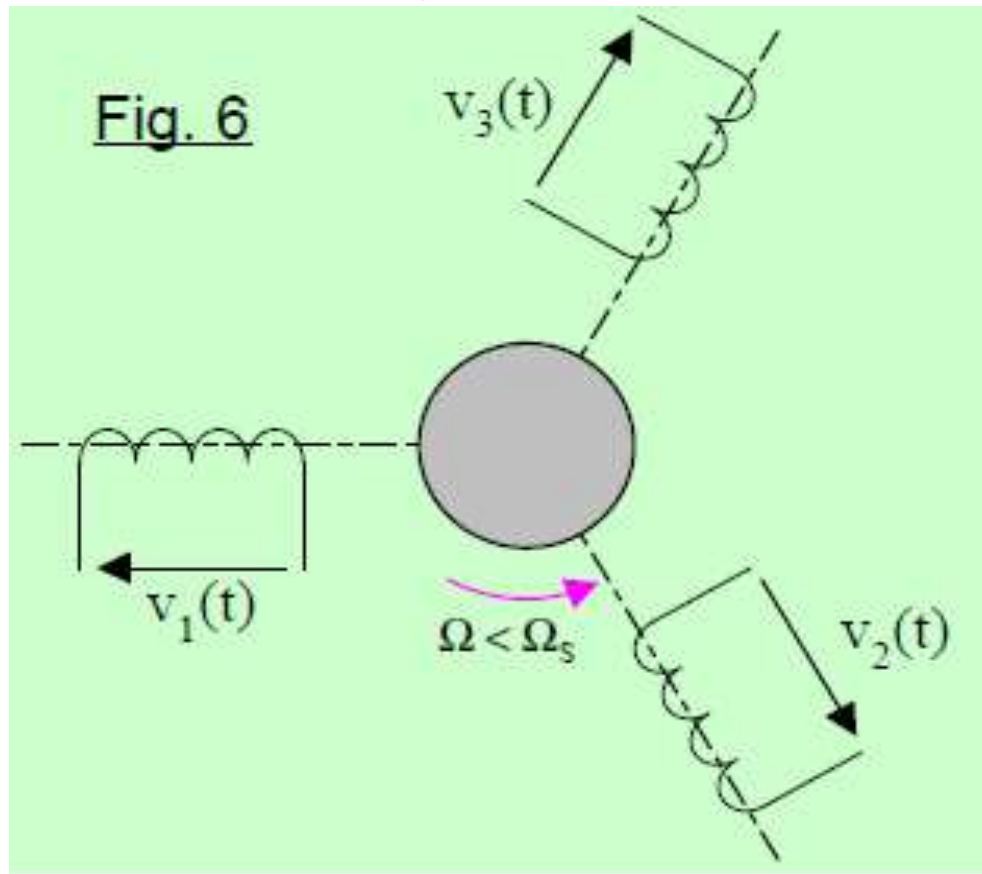
## 4- Principe de la machine asynchrone

Remplaçons l'aiguille aimantée par un disque conducteur non ferromagnétique :



On constate que le disque tourne à une vitesse légèrement inférieure à la vitesse de **synchronisme**.  
Les deux mouvements sont **asynchrones**.

- Principe de la machine asynchrone

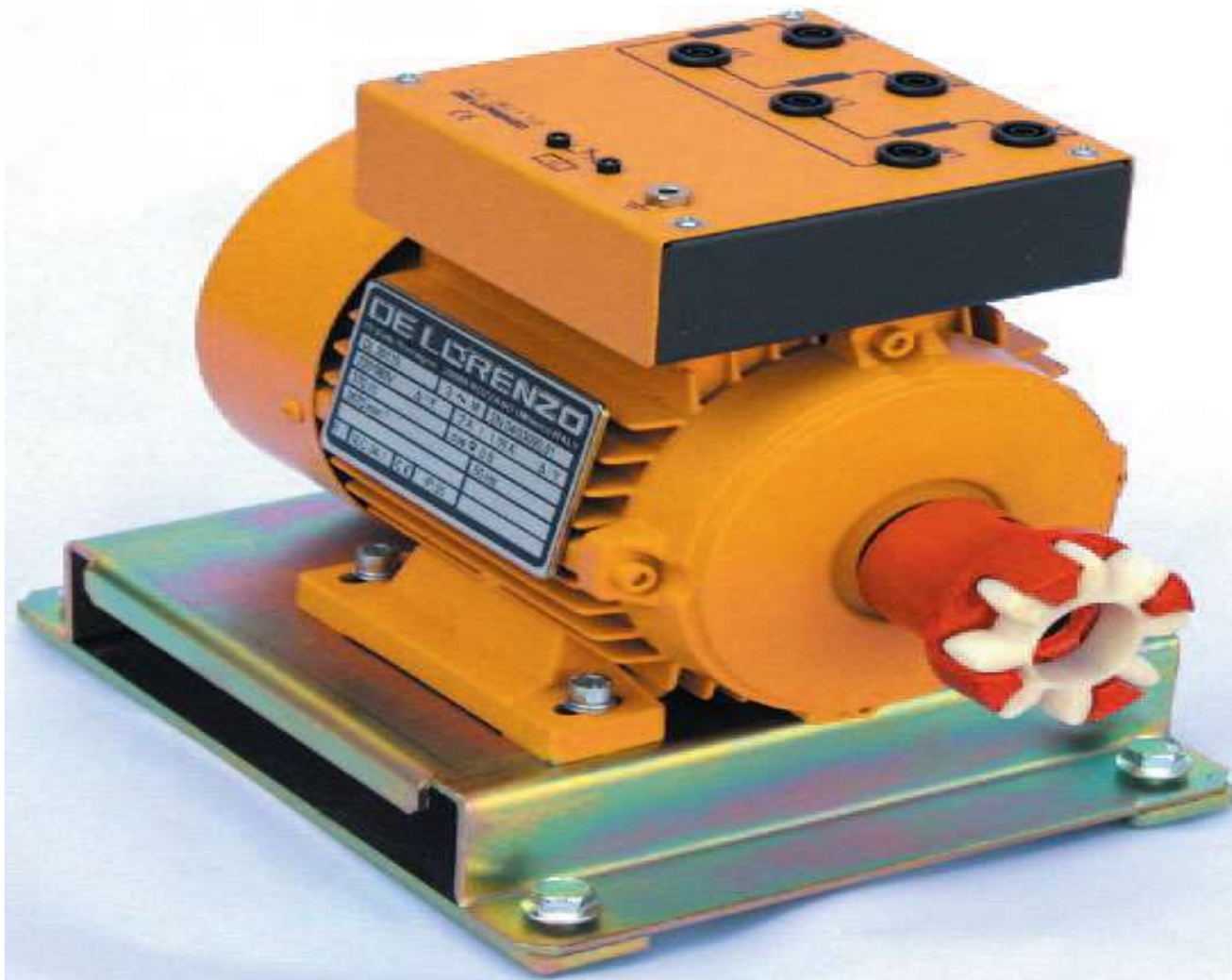


Pour  $f = 50 \text{ Hz}$ , le disque (le rotor) tourne à une vitesse un peu inférieure à  $50 \text{ tr/s}$ .

C'est le principe de fonctionnement du moteur asynchrone.



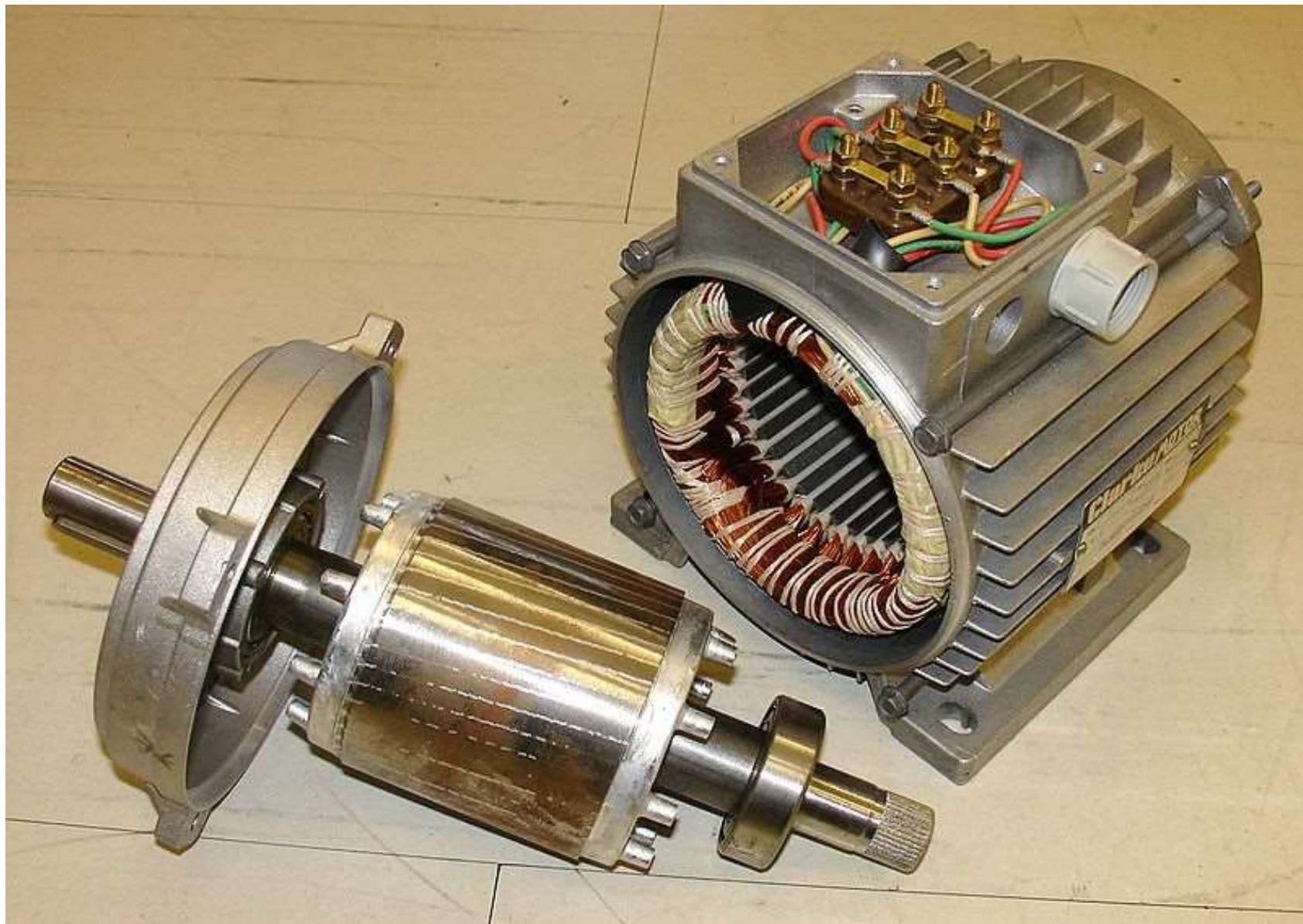
# Moteurs électriques et leurs utilisations



# Moteurs électriques et leurs utilisations







# Exemples d'utilisation

Moteur à courant continu (batteries, piles)	Petits outils, appareils électroportatifs sans fil
Moteur universel (secteur)	Petit et moyen électroménager (perceuse, aspirateur)
Moteur asynchrone (triphase)	Machines outils (nettoyeurs haute pression)
Moteur pas à pas (commande électronique)	Mécanique de précision (imprimante, lecteur CD)