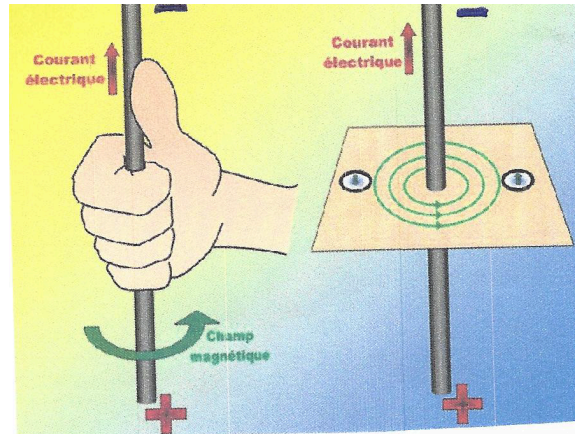
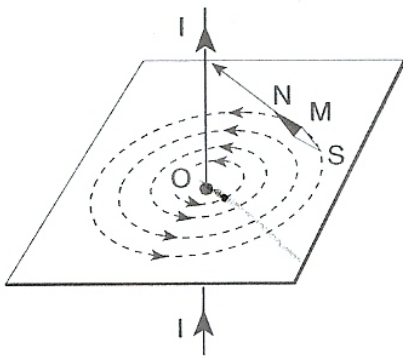


3. Champ magnétique d'un courant rectiligne

En 1820, un physicien du nom d'**Oersted** observe qu'en plaçant une aiguille aimantée à proximité d'un fil électrique parcouru par du courant, l'aiguille pivote. Il a donc découvert qu'**un courant électrique produit un champ magnétique** et trouvé le lien entre l'électricité et le magnétisme.

Prenons un fil conducteur vertical traversé par du courant de grande intensité (10 à 20 A). Saupoudrons de la limaille de fer. Les grains de limaille vont s'aimanter.



Les lignes de champ du champ magnétique créé par un courant rectiligne sont des cercles concentriques de centre O, point de percée du conducteur rectiligne et du plan perpendiculaire au fil. Prenons l'aiguille aimantée pour déterminer le sens des lignes de champ, on constate que si on inverse le sens du courant, l'aiguille aimantée subit une rotation de 180°.

Pour déterminer le sens des lignes de champ, il existe plusieurs règles :

- La règle du tire-bouchon** : le sens des lignes de champ est celui de la rotation d'un tire-bouchon qui progresse dans le sens du courant.
- La règle de la main droite** : on prend le fil conducteur dans sa main droite de manière à ce que le pouce indique le sens conventionnel du courant (de la borne + vers la borne -). Les autres doigts entourant le fil électrique indiquent alors le sens du champ magnétique (voir schéma ci-dessus)

Pour un conducteur rectiligne assez long, **l'intensité du champ magnétique créé en un point est d'autant plus grand que le courant est intense et que le point est proche du fil.**

La valeur du champ magnétique est représentée par la lettre **B** et s'exprime en **Tesla (T)** dans le SI.

Soit **I** l'intensité du courant en ampère qui traverse le fil, soit **d** la distance en mètre entre le fil et le point où on calcule le champ, on peut montrer que

$$B = \mu \frac{I}{2\pi d}$$

Le coefficient de proportionnalité μ dépend de la nature du milieu autour du fil et s'appelle la **perméabilité magnétique du milieu**. Un milieu quelconque est caractérisé par $\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$

μ_0 est la **perméabilité magnétique du vide** et vaut $4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Tm/A}$

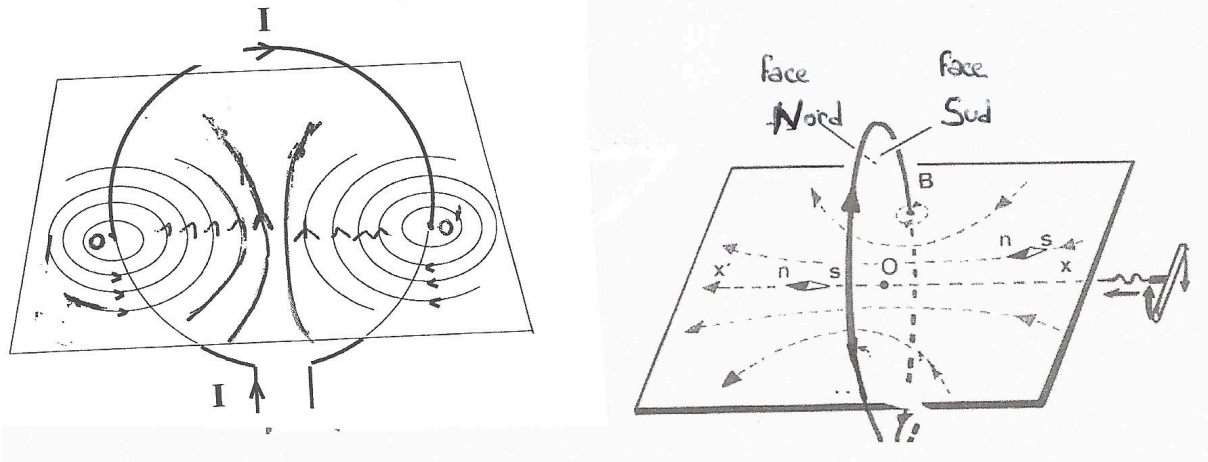
μ_r est la **perméabilité relative**. C'est un nombre sans unité. Pour l'air, μ_r vaut environ 1.

La perméabilité magnétique mesure la capacité d'un corps à s'aimanter. Des substances telles que le fer, le cobalt, le nickel ont des valeurs de μ très élevées.

Reprenons la formule précédente : si on est dans l'air $\mu_r = 1$ donc $B = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{I}{2\pi d} = 2 \cdot 10^{-7} \frac{I}{d}$

4. Champ magnétique d'un courant circulaire (spire traversée par du courant)

Considérons dans un plan vertical une spire circulaire parcourue par un courant intense (10 à 20 A). Soient O et O' les points de percée de la spire d'un support saupoudré de limaille de fer.



Les lignes de champ sont circulaires au voisinage du conducteur, mais elles se déforment en se rapprochant du centre où elles sont presque rectilignes. Elles entrent par une face de la spire et sortent par l'autre. Pour faire progresser le tire-bouchon dans le sens des lignes de champ, on le fait tourner dans le sens du courant

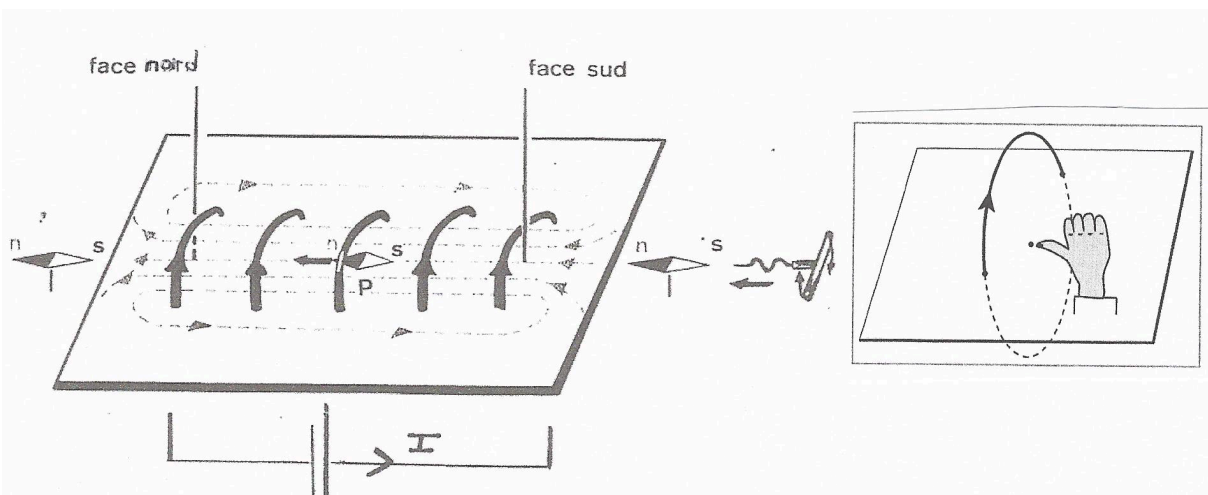
On appelle **face sud** de la spire, la **face d'entrée** des lignes de champ.

La **face de sortie** des lignes de champ sera appelée face **nord** de la spire.

5. Champ magnétique d'un solénoïde (d'une bobine) traversé par du courant

Un solénoïde (ou bobine) est constitué par un ensemble de spires circulaires identiques situées dans des plans parallèles. La longueur du solénoïde doit être grande par rapport à son diamètre.

Chaque spire d'un solénoïde possède une face sud et une face nord. Les spires successives présentent des faces de noms contraires.



Disposons des aiguilles aimantées mobiles de part et d'autre du solénoïde de manière à ce qu'elles soient parallèles aux faces du solénoïde. Lorsqu'on lance le courant dans le circuit, les aiguilles aimantées pivotent : le solénoïde se comporte comme un aimant. Il règne un champ magnétique à l'intérieur de la bobine. On remarque que le solénoïde possède une face nord et une face sud. (Pour un aimant on parlera de pôles).

Les lignes de champ sont fermées : elles entrent par la face sud et sortent par la face nord.

A l'intérieur du solénoïde, les lignes de champ sont parallèles (sauf au voisinage des extrémités). On peut considérer le champ magnétique à l'intérieur du solénoïde (supposé suffisamment long) comme **uniforme**.

Pour trouver le sens des lignes de champ, on peut utiliser les règles suivantes :

- a) La règle du tire-bouchon : **plaçons un tire-bouchon parallèlement à l'axe du solénoïde et faisons-le tourner dans le sens du courant : le sens dans lequel se déplace la pointe est celui des lignes de champ.**
- b) la règle de la main droite : **la main droite est placée sur une spire, les doigts sont repliés vers la paume et indiquent le sens conventionnel du courant : le pouce écarté donne le sens du champ à l'intérieur du solénoïde.**

Le champ magnétique à l'intérieur d'un solénoïde suffisamment long peut être considéré comme uniforme.

Les expériences ont montré que la valeur du champ magnétique à l'intérieur du solénoïde est :

- proportionnelle à l'intensité du courant I en ampère qui le traverse
- proportionnelle au nombre de spires N du solénoïde
- inversement proportionnelle à la longueur l du solénoïde exprimée en mètre
- indépendante de la section du solénoïde
- dépend de la nature du milieu situé à l'intérieur du solénoïde

Prenons un solénoïde traversé par du courant et glissons-y à l'intérieur un barreau de fer doux non aimanté : on constate que l'action de la bobine sur l'aiguille aimantée est plus forte. Lorsqu'on regarde le spectre magnétique, on constate que les lignes de champ sont plus denses : le barreau de fer s'est aimanté lorsqu'on l'a placé dans le champ magnétique du solénoïde. On est donc en présence d'un champ plus fort.

$$B = \mu \frac{I N}{l}$$

CHAPITRE 2 : LE FLUX D'INDUCTION MAGNETIQUE

Le flux d'induction magnétique à travers une surface mesure le nombre de lignes de champ qui traversent cette surface.

Considérons une surface S se trouvant dans un champ magnétique uniforme B .

Cette surface peut n'être traversée par aucune ligne de champ : c'est le cas si la surface est parallèle aux lignes de champ. Le flux est nul.

Elle peut être traversée par un nombre maximum de lignes de champ : c'est le cas si la surface est perpendiculaire aux lignes de champ : le flux est maximum (voir schémas).

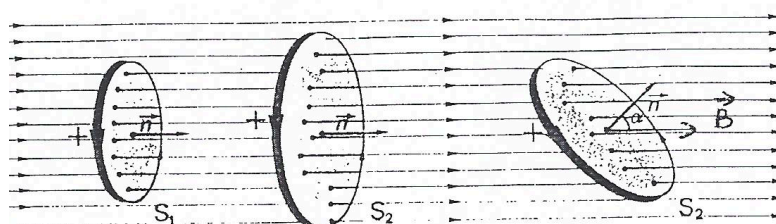
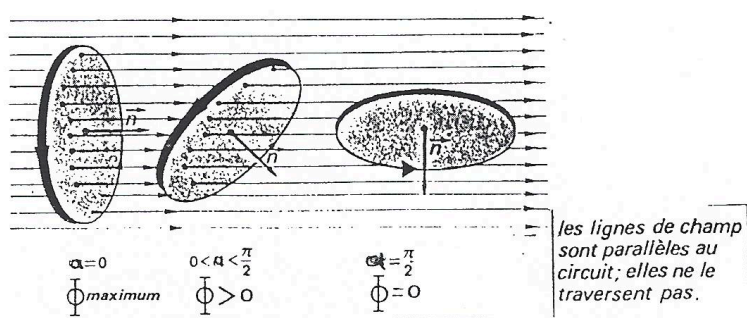
Pour une orientation déterminée de la surface S , le nombre de lignes de champ qui la traverse augmente avec la valeur du champ B (**plus le champ magnétique est fort, plus les lignes de champ sont rapprochées**) et avec la grandeur de la surface. Elle dépend aussi de l'inclinaison de la surface.

Soit α l'angle formé par les lignes de champ et la normale n à la surface, on définit le flux d'induction magnétique Φ à travers la surface S par la formule :

$$\Phi = B S \cos\alpha$$

Unité de flux : le **wéber** (Wb)

Remarque : lorsque l'on a un solénoïde de N spires traversé par un champ uniforme, le flux total dans le solénoïde sera égal à $N B S \cos\alpha$



Exercices sur le champ magnétique

1) Un solénoïde de 20cm de long et 6cm de diamètre comporte 2000 spires parcourues par un courant d'intensité 0,5A. On y introduit un noyau de fer doux de perméabilité relative égale à 240. ($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Tm/A}$). Calculer le champ magnétique à l'intérieur du solénoïde et le flux d'induction à travers chaque spire.

2) On enroule régulièrement du fil de cuivre sur une bobine de 25cm de long et 2cm de diamètre. Calculer la longueur du fil sachant qu'un courant de 3A crée à l'intérieur de la bobine un champ magnétique de $151 \cdot 10^{-5} \text{ T}$.

3) Deux bobines sont parcourues par des courants de même intensité. La première a une longueur de 40cm et est formée de spires jointives de fil isolé de 0,5mm de diamètre. La seconde comporte 5 couches superposées de 1000spires chacune et a une longueur de 50cm.

- évaluer le rapport des champs magnétiques créés à l'intérieur des deux bobines.
- calculer le rapport des flux d'induction à travers chaque spire des 2 bobines sachant que le diamètre de la seconde bobine vaut deux fois celui de la première.

4) Un solénoïde de 50cm de long comporte 500 spires enroulées sur un noyau de fer de 4cm de diamètre et de perméabilité relative égale à 2650. Si le flux d'induction à travers chaque spire est de 10^{-3} Wb , calculer :

- la valeur du champ magnétique dans le solénoïde
- l'intensité du courant qui circule dans chaque spire
- la résistance du solénoïde si celui-ci fait partie d'un circuit contenant un générateur de tension 6V et une résistance de valeur 5Ω .

5) Un solénoïde est obtenu en bobinant 5 couches de fil superposées formées chacune de 600 spires jointives de fil de 0,5mm d'épaisseur. Ces spires sont considérées comme ayant le même diamètre moyen de 5cm. Le solénoïde est parcouru par un courant d'intensité 1,5A et contient un barreau de perméabilité relative égale à 140. La résistivité du fil est égale à $50 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$. Calculer

- la longueur du fil et sa résistance
- le flux d'induction à travers chaque spire