

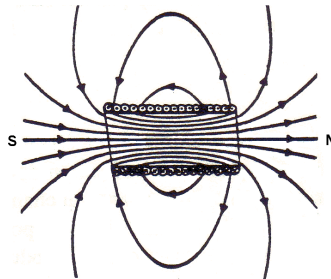
Chapitre 4.11 – Les aimants permanents

Courants d'Ampère

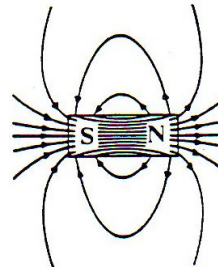
Puisque les formes des champs magnétiques générés par un barreau aimanté et un solénoïde sont identiques, le physicien français André-Marie Ampère proposa l'existence d'un courant à l'intérieur du barreau aimanté qui serait à l'origine de la production du champ magnétique. Ces courants portent le nom de courants d'Ampère.



André-Marie Ampère
(1775-1836)



Champ généré par un solénoïde

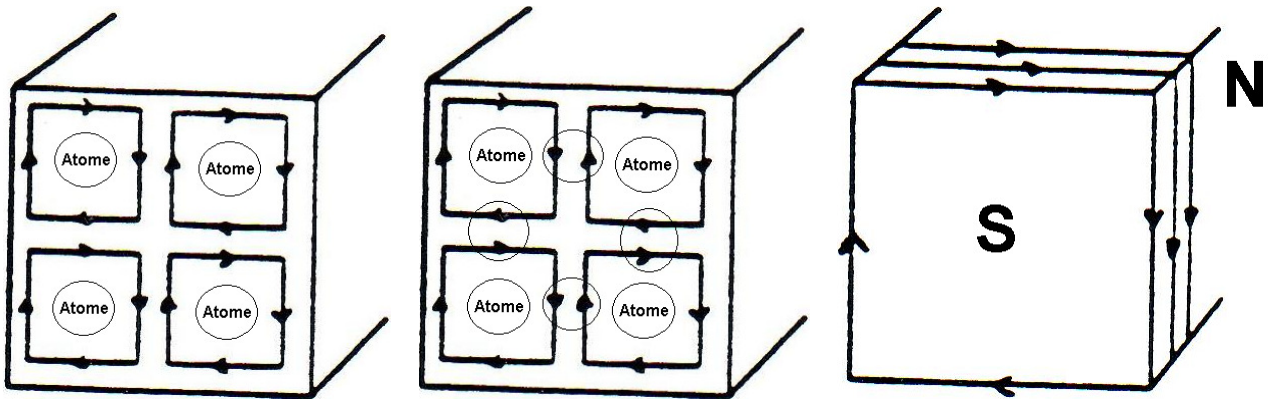


Champ généré par un barreau aimanté

Courant d'Ampère dans les atomes

Avec la découverte de l'atome, on peut mieux expliquer pourquoi un barreau aimanté peut produire un champ magnétique.

Supposons une tranche d'un barreau aimanté composé de 4 atomes dont les électrons tournent sur une orbite carrée, pour simplifier, dans le même sens.



Les électrons tournent dans le même sens autour de leur atome associé.

Les champs magnétiques à l'intérieur s'annulent.

Les courants restants génèrent le champ magnétique et sont situés en surface.

Conclusion : On reproduit ainsi avec un barreau aimanté des courants de surface comme dans le cas du solénoïde.

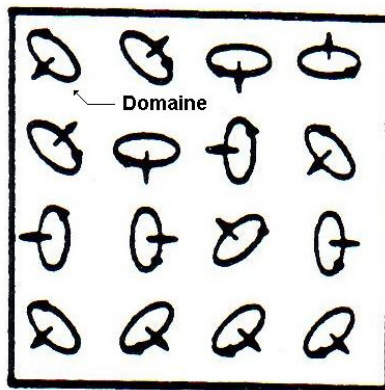
Problème à ce modèle :

- Les électrons ne se déplacent pas sur des orbites circulaires.
- Les électrons peuvent « tourner sur eux-mêmes¹ » ce qui porte le nom de spin.
- Les protons du noyau peuvent aussi produire des champs magnétiques, car ils peuvent « tourner sur eux-mêmes² » ce qui porte le nom de spin.
- Les propriétés magnétiques d'un matériau dépendent beaucoup de la structure cristalline.

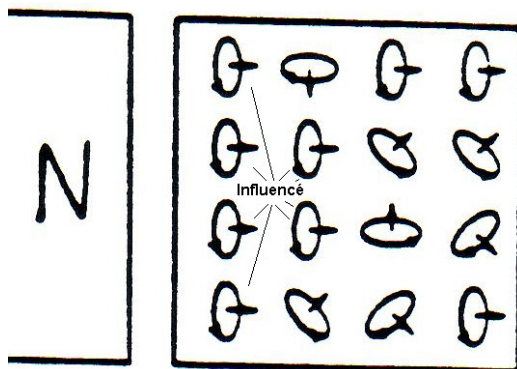
Solution : Étude de la mécanique statistique quantique

Domaines magnétiques

Un domaine magnétique (domaine de Weiss) est un regroupement de 10^{12} à 10^{15} atomes ayant tous leur champ magnétique orienté dans la même direction. Un domaine magnétique occupe une région de l'ordre de 10^{-8} cm³.



Si un barreau est solidifié en l'absence d'un champ magnétique externe, les domaines magnétiques sont orientés de façon aléatoire et le champ magnétique global généré par le barreau est nul.



Près d'un aimant, un certain pourcentage des domaines (qui dépend de l'intensité du champ externe) va s'orienter pour amener leur champ magnétique dans la même direction que celui du champ extérieur. Le matériau devient alors attiré par l'aimant et devient un aimant induit (se fait magnétiser).

¹ Cette interprétation classique du spin de l'électron n'est qu'une vulgarisation de la réalité.

² Cette interprétation classique du spin du proton n'est qu'une vulgarisation de la réalité.

Si l'on retire la source extérieure de champ magnétique, il y a deux scénarios possibles :

1) Champ magnétique rémanent faible

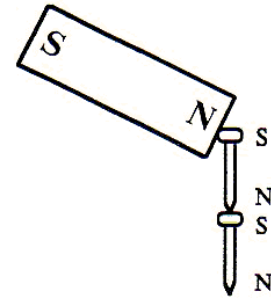
Un certain pourcentage des **domaines** s'est **réorienté** sous l'**agitation thermique** ce qui diminue l'intensité du champ magnétique produit.

Matériau : fer doux

Exemple : Trombones

On approche un aimant naturel près d'un clou et celui-ci est attiré par l'extrémité de l'aimant, car il se magnétise. Il devient à son tour un aimant et il est capable d'attirer un autre clou.

Si le clou se trouve à proximité du pôle nord de l'aimant, l'extrémité près de l'aimant devient un pôle sud (attiré par le pôle nord de l'aimant) et l'autre extrémité devient un pôle nord.



Lorsqu'on retire l'influence extérieure, les clous se démagnétisent.

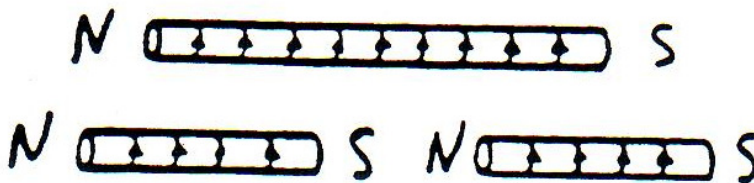
2) Champ magnétique rémanent fort

Les **domaines** demeurent **fixes**. L'aimant devient alors permanent. Il faudra chauffer le matériau si l'on veut augmenter l'agitation thermique suffisamment pour briser la structure et retirer la propriété magnétique.

Matériau : acier.

La dualité Nord-Sud

Si l'on brise un barreau aimanté en deux, c'est équivalent à briser un solénoïde en deux. Ceci produit deux aimants avec chacun leurs faces nord-sud.



Amplificateur de champ magnétique

Si l'on veut utiliser un solénoïde comme aimant, on introduit souvent un « **noyau en fer doux** » à l'intérieur du solénoïde pour **amplifier** le **champ magnétique**. On choisit le fer doux, car celui-ci n'est plus aimanté lorsque le courant dans la bobine (solénoïde) est coupé. Cette initiative peut amplifier jusqu'à 5000 fois le champ initial.

Avec cette amplification, on peut construire des électro-aimants capables d'attirer le fer lorsque le courant circule dans la bobine et ces électroaimants sont désactivés presque instantanément dès l'arrêt du courant électrique.



Électroaimant dans un site de recyclage de fer

La plaque chauffante à induction

Pour chauffer des aliments, la majorité des cuisinières utilisent un élément chauffant. L'appareil fait passer un courant alternatif très élevé dans un élément dégageant de l'énergie thermique par effet Joule ($P = RI^2$). Une casserole chauffera lorsqu'elle sera en contact avec l'élément par conduction thermique.



Élément d'une cuisinière
(60Hz, 240 V, ≈ 10 A)

De nos jours, il existe des cuisinières qui sont munies d'une plaque à induction permettant de chauffer beaucoup plus rapidement des aliments. Cependant, cette plaque fonctionne efficacement uniquement que lorsque qu'on utilise une casserole en fer. L'intérieur de la plaque est constitué d'une bobine générant un champ magnétique de faible amplitude, mais oscillant à une fréquence près de 19 kHz.



Plaque à induction

Puisque la casserole est en fer, les domaines magnétiques de la casserole oscillent à très grande vitesse permettant la transformation d'énergie électrique en énergie thermique sans passer par une étape de conduction thermique. La casserole se transforme ainsi directement en surface chauffante.



Intérieur de la plaque à
induction
(19 000 Hz, 160 V)

En comparaison, la plaque à induction peut faire bouillir une quantité d'eau trois fois plus rapidement qu'un élément chauffant traditionnel.

Paramagnétisme

En construction ...
(magnétisation parallèle au champ B extérieur)

Diamagnétisme

En construction ...
(magnétisation opposé au champ B extérieur)