

Introduction au magnétisme

Les aimants
c'est balaise !!!



Les aimants sont partout ! Présents tous les jours dans la vie quotidienne pour faire fonctionner le moteur de notre voiture, les écouteurs de notre baladeur où le disque dur de notre ordinateur, le magnétisme joue un rôle important. On le retrouve même à l'échelle de notre planète, ce qui permet de nous protéger des rayons Solaires trop puissants. Ouahou, ça c'est de l'introduction ! © Je dirais qu'on "pose l'état de l'art" (seules certaines personnes comprendront ...)

Mais qu'est-ce qu'un **aimant** ? Un aimant est un matériau qui attire toute substance contenant du Fer ou d'autres aimants. Le magnétisme peut être permanent ou induit.

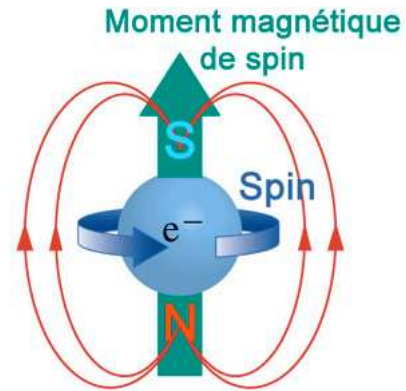
I Origine du magnétisme

A. Spin électronique

Les électrons qui orbitent autour du noyau d'un atome tournent sur eux-mêmes, selon un certain angle par rapport à l'axe de rotation, à la manière d'un gyroscope. On l'appelle le **spin** de l'électron.

L'électron étant une particule chargée, ce spin crée un certain moment magnétique, appelé **moment magnétique de spin** m_s .

Celui-ci peut alors interagir avec un champ magnétique externe B_0 , soit en s'y opposant, soit en s'alignant avec celui-ci, selon la nature magnétique du matériau. Plus le champ magnétique externe est puissant, plus il y aura d'électrons qui aligneront leur spin en fonction de celui-ci.

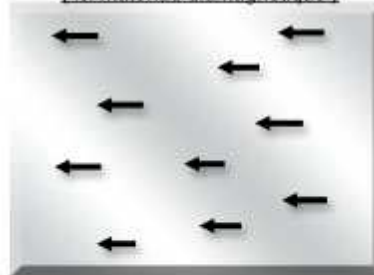


Moments magnétiques aléatoires



Champ magnétique externe nul $B_0 = 0$

Alignement des moments magnétique (ici matériau diamagnétique)



Champ magnétique externe non nul



B. Aimantation et susceptibilité

On définit alors la **susceptibilité magnétique χ** , qui est la facilité avec laquelle le matériau réagit en fonction du champ externe qu'on lui applique.

Le matériau acquiert donc une **aimantation M** , qui dépend du champ magnétique externe appliqué et de la susceptibilité du matériau :

$$M = \chi \times B_0$$

Ainsi plus le matériau est susceptible, plus il acquerra facilement une aimantation. Pour une **susceptibilité négative**, son aimantation se trouve opposée au champ magnétique externe ; il est repoussé. De la même manière, avec une **susceptibilité positive** le matériau est attiré.

La susceptibilité magnétique varie avec la température. La manière dont elle varie dépend de la nature magnétique du matériau. De manière générale, plus la température est élevée, moins le matériau est magnétique, car l'agitation thermique désordonne l'alignement des spins électroniques.

C. Magnétisme d'un atome

Le magnétisme d'un électron dépend du nombre d'électrons qu'il possède, et de leur spin. Ainsi on peut déterminer le moment magnétique J d'un atome, à partir de L et S .

$$L = |\sum \ell| \rightarrow \text{moment orbital}$$

$$S = |\sum s| \rightarrow \text{moment de spin}$$

$$J = |L - S| \quad (\text{couche moins qu'à moitié remplie})$$

$$J = |L + S| \quad (\text{couche plus qu'à moitié remplie})$$

La plupart des atomes sont magnétiques, mais on utilise rarement les matériaux sous forme atomique. Ils forment des liaisons, qui retirent le magnétisme la plupart du temps.

II Comportements des matériaux

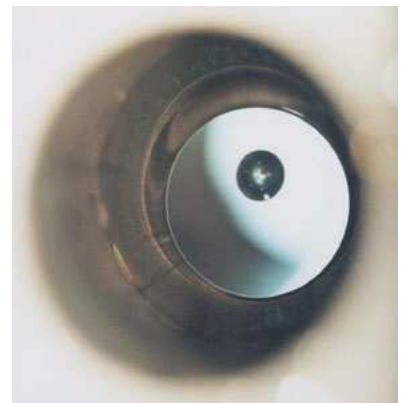
A. Diamagnétisme

Les matériaux **diamagnétiques** sont repoussés par un champ magnétique externe ($\chi < 0$). Cette aimantation est induite, elle disparaît lorsqu'on enlève le champ magnétique appliqué.

Tous les atomes et molécules présentent cette propriété, mais elle se manifeste très faiblement (χ petit). N'importe quel autre comportement magnétique masquera le diamagnétisme.

Petite histoire : Après que des chercheurs qui s'ennuyaient aient fait voler une petite grenouille, une église leur a envoyé une lettre leur demandant s'ils pouvaient acheter leur machine, avec pour but avoué d'envoyer en l'air un prêtre afin de pouvoir impressionner des (pauvres) gens, et donc augmenter leur nombre de croyants ... Et donc leurs revenus ! La lettre se passe de commentaires : <http://www.hfml.ru.nl/levitation-pubres.html>

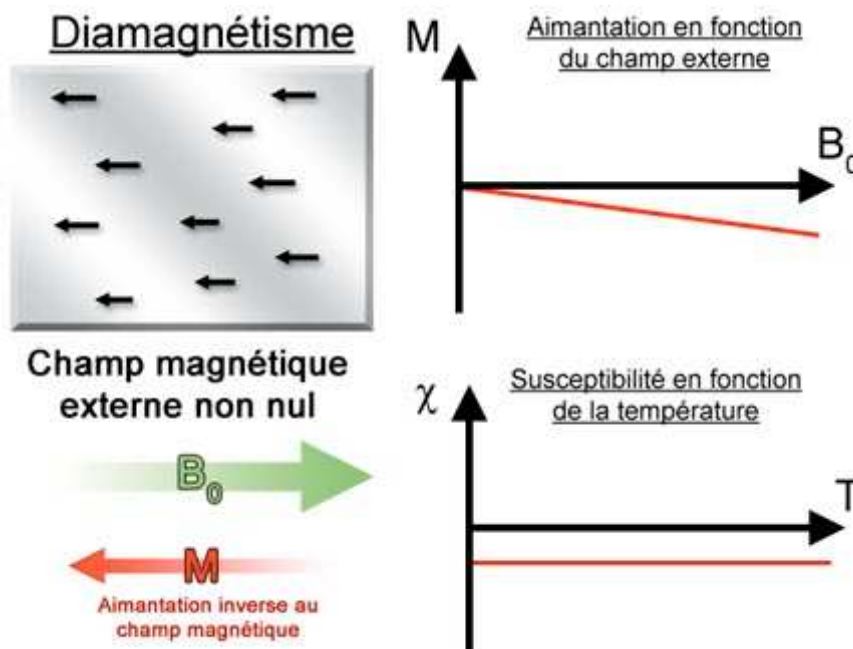
Saloperie d'église de merde ! Toute religion confondue, allez vous faire foutre ! ^_^



Muhahaha, une goutte d'eau en lévitation. Avec des champs magnétiques très forts, les parois repoussent l'eau par diamagnétisme.
→ Pour voir une grenouille en lévitation <http://www.hfml.ru.nl/froglev.html>

Quelques susceptibilités magnétiques de matériaux uniquement diamagnétiques.

Matériau	<i>Eau</i> (... aqueux)	<i>Plexiglas</i> (organique)	<i>Or</i> (métallique)
χ ($10^{-6} \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$)	- 0,72	- 9	- 34



Au niveau microscopique, les spins s'alignent avec le champ magnétique externe, dans le sens opposé.

L'aimantation reste linéaire en fonction du champ externe appliqué au matériau. La susceptibilité de ce type de matériau reste inchangée par la température.

Remarque : les matériaux supraconducteurs sont **superdiamagnétiques** à très basse température, c'est-à-dire qu'ils sont fortement repoussés par les aimants, mais seulement à faible température.

B. Paramagnétisme

Les matériaux **paramagnétiques** sont attirés par un champ magnétique externe ($\chi > 0$). Cette aimantation est induite, elle disparaît lorsqu'on enlève le champ magnétique appliqué.

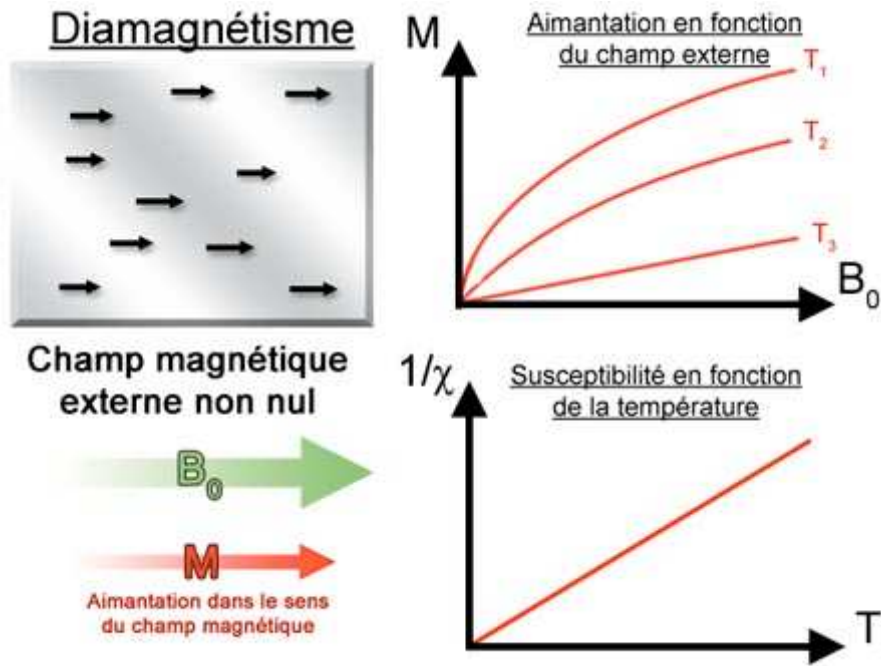
Certains matériaux possèdent un paramagnétisme fort, tandis que d'autres n'en ont pratiquement pas. De manière générale plus ils possèdent d'électrons, plus ils sont paramagnétiques.

Matériau	<i>Vanadium</i>	<i>Sodium</i>	<i>Platine</i>
χ ($10^{-6} \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$)	370	1	278

Au niveau microscopique, les spins s'alignent avec le champ magnétique externe, dans le même sens. L'aimantation est linéaire en fonction du champ externe appliqué au matériau.

La susceptibilité de ce type de matériau diminue avec la température, de manière inversement proportionnelle. On trouve qu'elle varie selon la **loi de Curie**.

$$\chi = C / T \quad \text{où } C \text{ est la constante de Curie}$$



Remarques :

En réalité, on observe des écarts à la loi de Curie pour les fortes aimantation, jusqu'à atteindre l'aimantation maximale appelée **aimantation à saturation** ; C'est la **paramagnétisme de Van Vleck**.

Dans les métaux, les électrons de conduction peuvent donner lieu au **paramagnétisme de Pauli**, beaucoup plus faible mais indépendant de la température.

C. Antiferromagnétisme