

## Champ vectoriel

**Définition : Champ vectoriel**

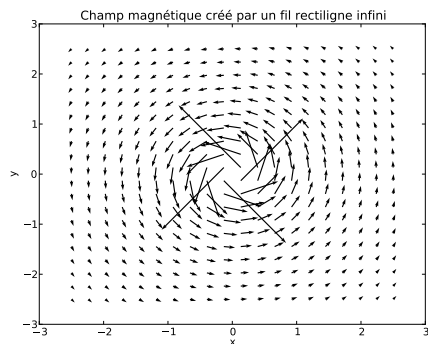
Le champ magnétique est un *champ vectoriel* associant à tout *point*  $M$  de l'espace un *vecteur* de  $\mathbb{R}^3$ .

## Limaille de fer

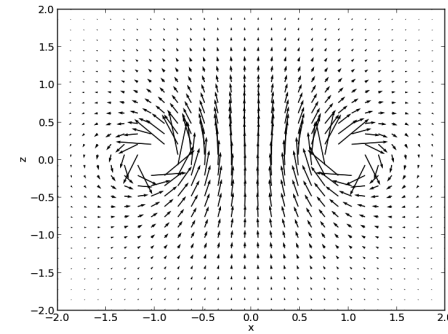
**Définition : Ligne de champ**

Une ligne de champ  $\vec{B}$  est une courbe  $C$  de l'espace telle qu'en chacun de ses points  $M$  le champ  $\vec{B}(M)$  est tangent à  $C$ .

## Cartes de champ magnétique



## Sur une carte de champ



Champ d'une spire circulaire.

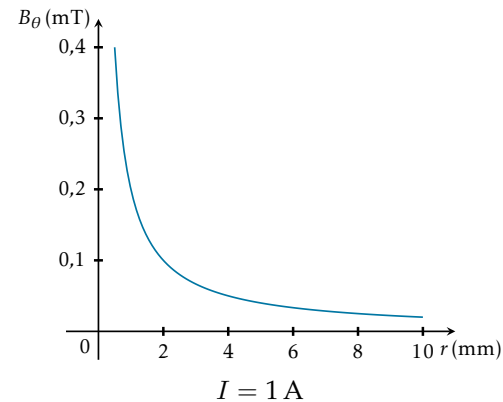
## Expression

**Champ magnétique d'un fil infini**

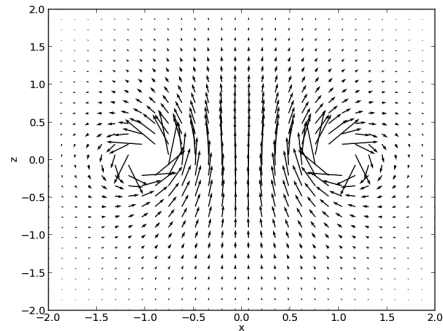
Le champ créé par un fil rectiligne infini parcouru par un courant  $I$  stationnaire est orthoradial :

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \vec{e}_\theta.$$

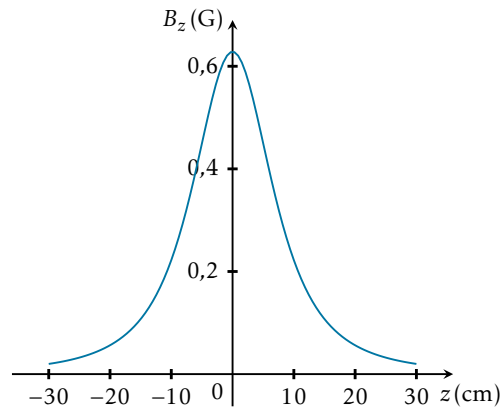
## Courbe



Une seule spire

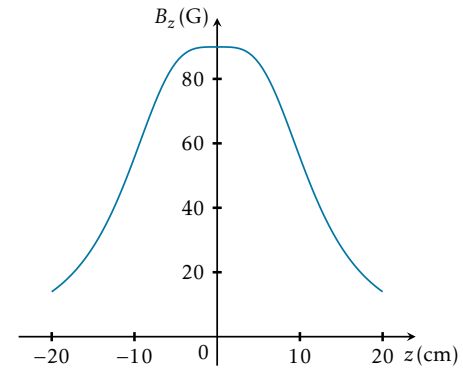


Champ d'une spire circulaire d'axe  $Oz$ .

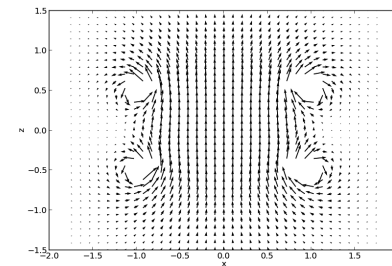


Composante selon  $\vec{e}_z$  du champ d'une spire d'axe  $Oz$ . Rayon  $R = 10$  cm, intensité  $I = 1$  A.

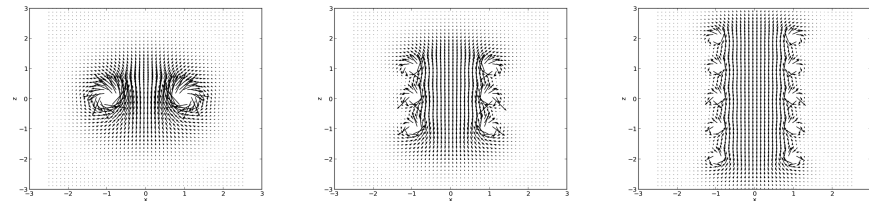
Configuration de Helmholtz



Composante selon  $\vec{e}_z$  du champ d'une paire de bobines d'axe  $Oz$  en configuration Helmholtz. Rayon  $R = 10$  cm, intensité 1 A, 100 tours.



Champ d'un solénoïde



**Champ d'un solénoïde**

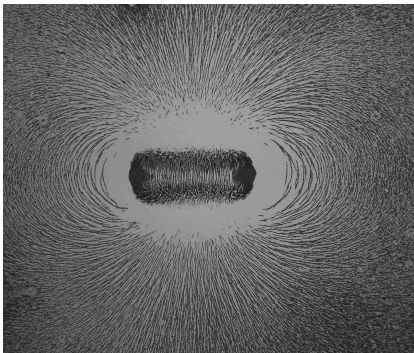
Le champ d'un solénoïde infini d'axe  $Oz$ , formé d'un enroulement de  $n$  spires par unité de longueur accolées est

- uniforme dans le solénoïde,
- nul à l'extérieur.

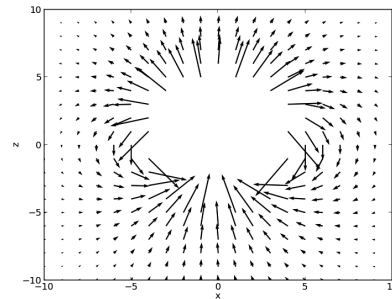
À l'intérieur, on a :

$$\vec{B} = \mu_0 n I \vec{e}_z,$$

avec  $I$  l'intensité du courant parcourant chaque spire.



Lignes de champ d'un aimant droit vertical



Lignes de champ d'une spire d'axe de révolution vertical, observées à une distance grande devant son rayon

**Définition : Dipôle et moment magnétiques**

Un *dipôle magnétique* est une spire circulaire plane de rayon  $R$  parcourue par un courant d'intensité  $I$ . Il est caractérisé par son *moment dipolaire magnétique*, noté  $\vec{m}$ , défini par :

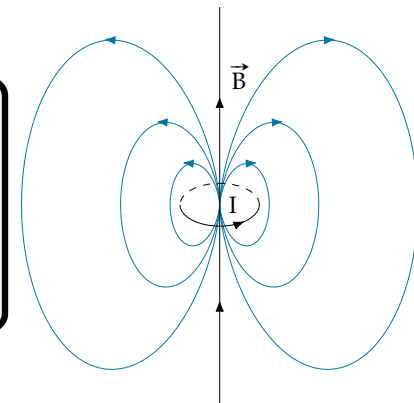
$$\vec{m} = I A \vec{e}_z = I \pi R^2 \vec{e}_z,$$

avec :

- $A = \pi R^2$  la surface de la spire
- $\|\vec{m}\|$  en  $A \cdot m^2$
- $\vec{e}_z$  le vecteur normal au plan de la spire, orienté par la *règle de la main droite*

**Approximation dipolaire****Approximation dipolaire**

Quand on l'observe à une distance grande devant ses dimensions caractéristiques, toute boucle de courant plane est équivalente au dipôle magnétique correspondant.

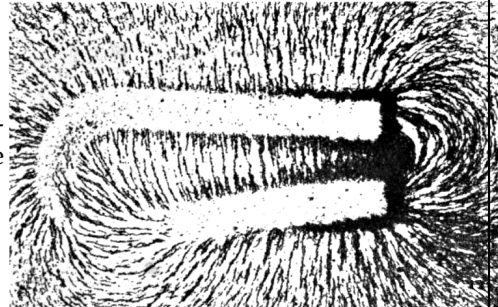
**Définition****Aimants permanents**

**Ordres de grandeur**

dimensionnellement : le champ magnétique caractéristique (à la surface) est  $B \simeq \mu_0 \mathcal{M}$

	$\mathcal{M}$	$B$
acier	$\simeq 1 \cdot 10^4 \text{ A} \cdot \text{m}^{-1}$	$\simeq 1 \cdot 10^{-2} \text{ T}$
ferrite (céramique d'oxyde de fer)	$\simeq 2 \cdot 10^5 \text{ A} \cdot \text{m}^{-1}$	$\simeq 2 \cdot 10^{-1} \text{ T}$
Alnico (alliages AlNiCo)	$\simeq 1 \cdot 10^5 \text{ A} \cdot \text{m}^{-1}$	$\simeq 0,1 \text{ T}$
aimants au néodyme (alliage NdFeB)	$\simeq 1 \cdot 10^6 \text{ A} \cdot \text{m}^{-1}$	$\simeq 1 \text{ T}$

on peut courber un aimant droit pour obtenir une zone de champ quasi-uniforme dans un aimant en U

**Indispensable****Indispensable**

- $\vec{B}$  tourne autour des courants, son sens est donné par la règle de la main droite
- $\|\vec{B}\|$  croît quand on s'approche des fils, elle y diverge s'ils sont de rayon nul
- $\|\vec{B}\|$  augmente le long d'une ligne de champ quand les lignes de champ se resserrent
- $[B] = \frac{\mu_0 \times \text{intensité}}{\text{longueur}}$
- $\vec{m} = IS\vec{e}_z$  pour un dipôle magnétique