

3. Circuits magnétiques

1. Propriétés et intérêt des circuits magnétiques

Les circuits magnétiques (CM) sont une application de deux propriétés importantes du champ magnétique : conservation du flux et la haute perméabilité de l'acier (fer + carbone). Les CM servent donc à canaliser le flux du champ magnétique comme le font les conducteurs pour le courant électrique.

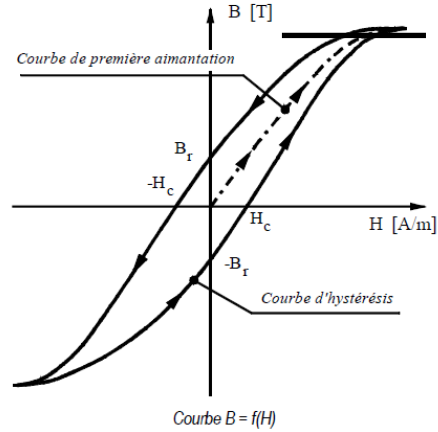
Deux lois fondamentales :

$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$: le flux à travers une surface fermée est nul

$\oint \vec{H} d\vec{l} = nI$: Théorème d'Ampère,

circulation du champ \vec{H} à travers un circuit fermé enlaçant n spires parcourues par le courant I.

Relation entre \vec{H} et \vec{B} ? Pourquoi 2 champs ? Energie consommée par cycle



Pertes dans la matière :

L'accomplissement du cycle d'hystérésis nécessite la dépense d'une énergie par unité de volume de matière égale à la surface du cycle.

$$\frac{\partial W}{\partial v} = \int_0^B H dB \quad [J / m^3]$$

Si le milieu est linéaire et isotrope, $\vec{B} = \mu\vec{H}$ et l'énergie magnétique stockée dans le volume dv de la matière est $dW = \frac{1}{2} BHdv$

Pertes par Hystérésis : $P_h = \alpha B_m^2 f$

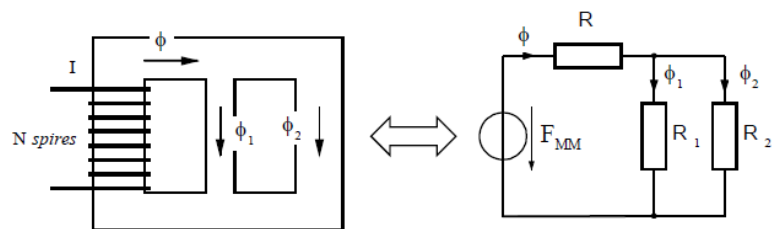
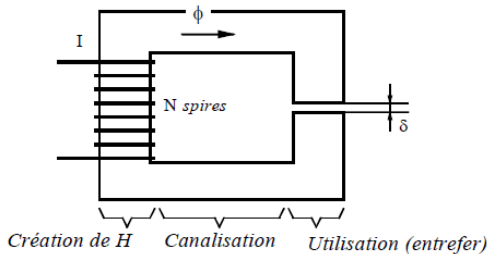
Pertes par courants de Foucault : $P_F = \beta B_m^2 f^2$ où $B = B_m \sin 2\pi ft$

Réductance magnétique

Un élément du CM est caractérisé par sa réductance magnétique \mathfrak{R} qui relie la force magnétomotrice nI au flux qu'elle produit dans le circuit : où on a fait l'hypothèse $d\vec{l} // \vec{S}$ et μ constant (loin de la saturation).

$$nI = \oint \vec{H} d\vec{l} = \oint \frac{\vec{B}}{\mu} d\vec{l} = \oint \frac{\vec{B} \cdot \vec{S}}{\mu S} dl = \phi \oint \frac{dl}{\mu S} = \mathfrak{R} \phi$$

On définit parfois la perméance : $\Lambda = \frac{1}{\mathfrak{R}}$



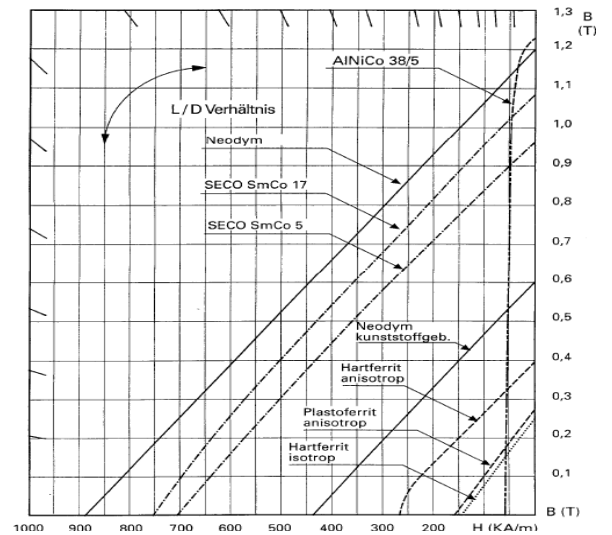
Analogie circuit électrique circuit magnétique.

Ainsi l'inductance d'un circuit de N spires et de réductance \mathfrak{R} est $L = \frac{N^2}{\mathfrak{R}}$

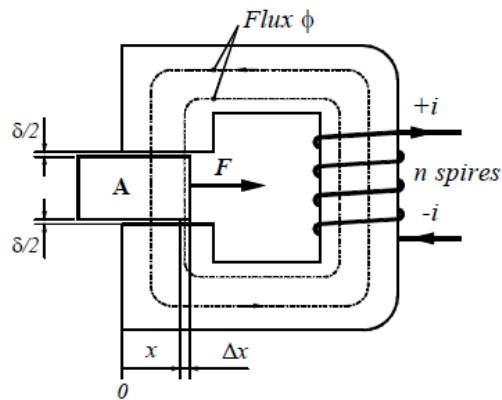
Principe de fonctionnement de des CM mobiles : le système a toujours tendance à diminuer sa réductance.

2. Aimants permanents

Matériaux qui ont subi une magnétisation (naturelle ou artificielle) parfois difficile à supprimer. Ils se comportent comme une force magnétomotrice et génèrent leur propre flux sans recours à aucune source extérieure. Le fonctionnement d'un aimant, une fois aimanté, est donc régi par les variations de $\vec{B}(\vec{H})$ dans la partie de désaimantation ($B > 0$ et $H < 0$)
 La figure montre des courbes de désaimantation comparées de plusieurs aimants. Un aimant est caractérisé par son énergie $(BH)_{\max}$ et par son champ rémanent.



Exemple : système électromécanique à réluctance variable



Réf. Cours Systèmes électromécaniques, ch2" de M Correvon