

Aimants permanents.

a) * Introduction: Quelque temps après la découverte de l'existence d'un champ magnétique autour d'un conducteur parcouru par un courant on établit l'identité de l'action magnétique des courants et des aimants permanents. Plus tard on vint à la conclusion que le courant électrique était à l'origine de tout champ magnétique. On abandonna alors l'ancienne notion selon laquelle des masses magnétiques positives et négatives sont respectivement concentrées dans les pôles nord et sud d'un aimant.

D'après les Théories modernes, le champ magnétique d'un corps ferromagnétique aimanté (C'est à dire d'un aimant permanent) est principalement dû à la rotation des électrons autour de leur propre axe, ce qui équivaut à des courants élémentaires permanents.

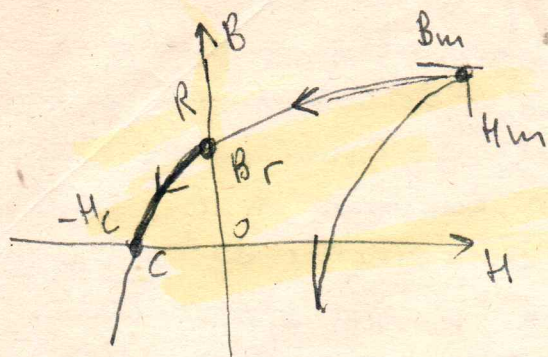
Dans un corps non aimanté, les différents groupes de courants élémentaires et leurs champs magnétiques sont disposés chaotiquement. C'est pourquoi on ne peut remarquer le champ magnétique autour de tels corps.

Sous l'influence d'un champ magnétique extérieur des courants élémentaires provoqués par la rotation des électrons se disposent plus ou moins parallèlement l'un à l'autre et créent un champ magnétique résultant.

Un corps ferromagnétique possédant une aimantation permanente est appelé aimant permanent.

b) * Qualités d'un matériau pour aimant permanent
Les matériaux doivent posséder une forte aimantation permanente et un champ coercitif élevé afin de résister aux champs antagonistes.

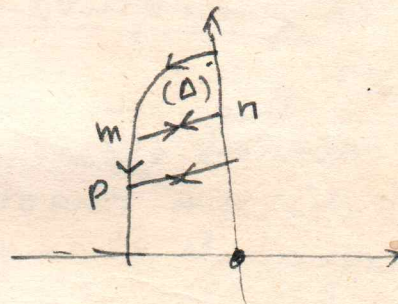
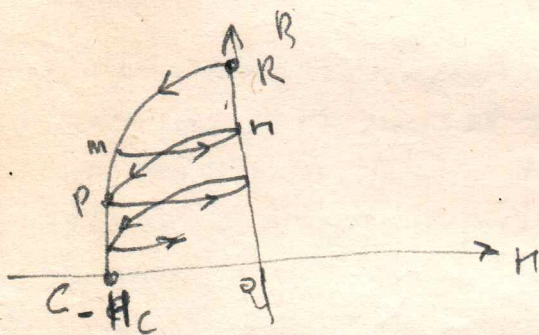
c) cycles de recul . droits de recul



La matière subit plusieurs cycles d'aimantation.

→ RC cycle de recul normal

Si en un point m quelconque du cycle normal on réduit l'excitation jusqu'à zéro ou décrit la portion $m-n$. Une nouvelle aimantation de l'excitation magnétique (négative) fait décrire la courbe $n-p$ et ainsi de suite. Ces cycles de recul ainsi décrits sont suffisamment étroits pour être assimilés à des droits de recul D.



d) Recherche du point de fractionnement d'un aimant permanent

En présence d'un aimant permanent A et généralement associé à un circuit magnétique composé de deux armatures B en fer doux qui canalisent le flux magnétique vers la zone d'utilisation E appelé entrefer. On désignera par

- e - la largeur de l'entrefer
- S_e - section moyenne de l'entrefer
- S_a - section du barreau aimanté
- S_b - la section de la culasse en fer doux
- l_a - longueur du barreau aimanté
- l_b - la longueur des culasses
- H_e - le champ magnétique dans l'entrefer
- H_b - le champ magnétique dans B
- H_a - le champ magnétique dans A

La perméabilité dans l'entrefer est μ_0 ; dans l'aimant μ et dans les culasses en fer doux $\mu' \gg \mu$

— On suppose que le circuit magnétique ainsi réalisé est un tube d'induction

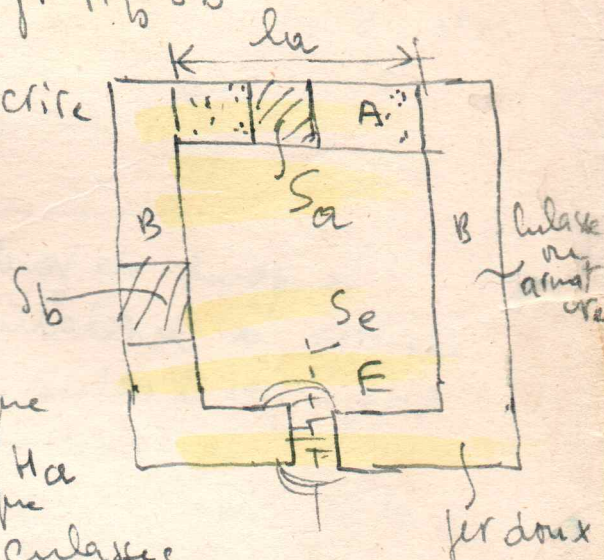
La conservation du flux d'induction qui en résulte conduit à $\Phi = \text{cte}$.

$$\mu_0 H_e S_e = \mu H_a S_a = \mu' H_b S_b$$

$$Q = \frac{1}{\mu' S}$$

Le Théorème d'Ampère permet d'écrire

$$H_e \cdot e + H_b l_b + H_a l_a = 0$$



De la première relation on déduit que H_b est beaucoup plus petit que H_e et H_a

Autrement dit, la réductance des culasses en fer doux est suffisamment faible pour négliger la chute de force magnétomotrice dans ces culasses.

Donc $H_b \cdot l_b \approx 0$

et

$$H_e \cdot e + H_a \cdot l_a = 0$$

En définitive, il reste

$\mu_0 H_e S_e = B_a \cdot S_a$	(1)
$H_e \cdot e + H_a \cdot l_a = 0$	(2)
$B_e = \mu_0 H_e$	(3)
$B_a = B(H_a)$	(4)

L'équation (4) représente la caractéristique magnétique de l'aimant permanent. On dispose donc de 4 équations pour la détermination de 4 inconnues B_a, B_e, H_a, H_e

de 1 on tire

$$B_a = \mu_0 \cdot \frac{S_e}{S_a} \cdot H_e \quad (5)$$

de 2 on tire

$$H_e = -H_a \cdot \frac{l_a}{e} \quad (6)$$

de 5 et 6 on en déduit

$$B_a = -\mu_0 \frac{S_e}{S_a} \cdot \frac{l_a}{e} \cdot H_a \quad 7$$

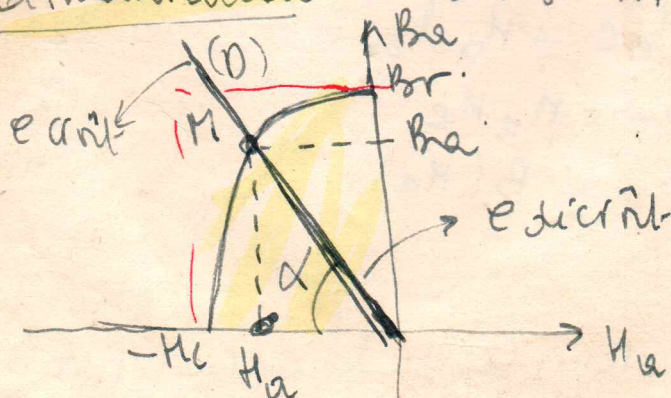
Le point de fonctionnement (B_a, H_e) doit satisfaire à la fois à la relation 7 et à la relation 4 caractéristique de l'aimant.

La relation 7 est, dans le plan (B_a, H_e) , la droite d'équation

$$B_a = -\frac{l_a}{S_a} \cdot \frac{1}{S_e} \cdot H_e \quad 8$$

où D_e représente la réluctance de l'entrefer, c'est la droite d'entrefer D ou (droite de perméance) aérienne.

Le point de fonctionnement est l'intersection de la droite d'entrefer D et de la caractéristique RC de désaimantation de la substance.



le point optimum est déterminé par l'intersection de la caractéristique de désaimantation et de la droite d'entrefer de pente $\mu_0 \frac{S_e}{S_a} \cdot \frac{l_a}{e}$ dans ce cas l'énergie magnétique est max et le volume de l'aimant est min

Théorème le point optimum est obtenu à partir de l'expression

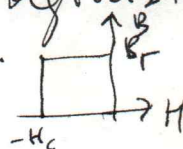
$$\frac{B_r}{-H_c} = \frac{B_{a\text{max}}}{-H_{a\text{max}}}$$

Aimants permanents

Utilisation d'aimants permanents

- Les aimants permanents sont utilisés principalement
- dans les appareils de mesure galvanomètre à cadre mobile, compteurs d'énergie (courants de Foucault), compteurs de vitesse d'automobile et d'avions.
 - dans les hauts-parleurs, les microphones, les Têtes de pick-up...
 - dans les petites machines électriques, dynamo Tachymétriques, moteurs à aimant permanent, petit alternateurs pour d'éclairage de bicyclettes, moteur synchrone pour horloge électriques.
 - dans les électro-aimants polarisés, relais télégraphiques, relais pour servomécanisme.
 - dans certains tubes électroniques pour hyperfréquences; magnétrons utilisés dans les radars.
 - dans les boussoles et compas utilisés pour la navigation aérienne et maritime.
- Matériaux utilisés pour réaliser les aimants

Les matériaux doivent présenter une forte aimantation rémanente et un champ coercitif élevé afin de résister aux champs antagonistes. Le cycle doit être rectangulaire.



Matériau	B_r T	H_c At/m	$B_r H_c$ J/m ³	B_r T	$\mu_r = \frac{B_r H_c}{B H}$
Acier au Carbone trempé	0,86	3800	1400	0,54	2373
Acier K S	1,1	41000	16000	0,63	
Acier MK	0,8	52500	16000	0,63	
Alnico II	0,67	46100	11000	0,42	
Alnico V	1,25	43800	34000	0,95	
Vi Colloy	1,00	24000	25000	0,8	

Ex: Un aimant permanent est formé par un noyau en ALNiCo anisotrope et de 2 oulisses en fer. l'ensemble est supposé de réluctance négligeable et les fuites magnétiques seront considérées comme nulles. l'entrefer à une longueur de 1 cm. On désire y réaliser une induction moyenne de 1 T avec une section moyenne de flux de 10 cm². la valeur maximum du produit BH à li en pour. $B_1 = 1,15 \text{ Wb/m}^2$, $H_1 = 52000 \text{ A/m}$

On demande de calculer la longueur du noyau et la section de ce noyau pour que le volume de l'aimant soit minimum

Solution :

Th d'Ampère $H_a l_a + H_e l_e = 0$

$$\Rightarrow l_a = - \frac{H_e l_e}{H_a} = - \frac{H_e l_e}{H_{\max}}$$

$$B_e = \mu_0 H_e \rightarrow H_e = \frac{B_e}{\mu_0} =$$

$$l_a = - \frac{B_e l_e}{\mu_0 H_{\max}} = - \frac{\Phi_e l_e}{\mu_0 S_e H_{\max}}$$

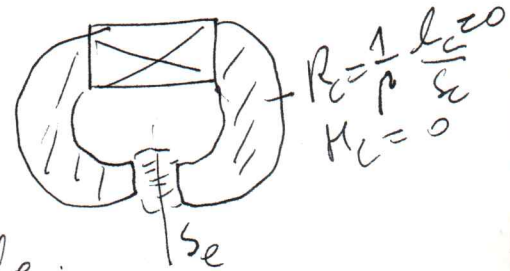
$$\frac{1}{\mu_0} = \frac{1}{4\pi \cdot 10^{-7}} = \frac{10^7}{4\pi} = 796000$$

$$l_a = - \frac{10^7}{4\pi} \cdot \frac{1 \cdot 10^{-2}}{52000} = 15,3 \text{ cm}$$

Equation de Continuité

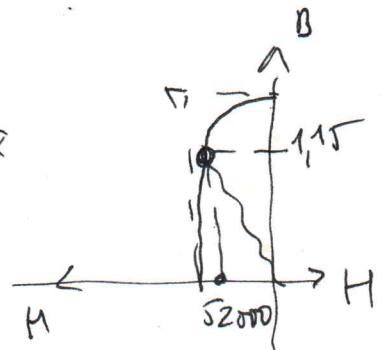
$$[\Phi_A = \Phi_e] \quad B_a S_a = B_e S_e$$

$$S_a = \frac{B_e S_e}{B_a} = \frac{B_e S_e}{B_{a\max}} = \frac{1 \cdot 10}{1,15} = 8,7 \text{ cm}^2$$



$$\Phi = B \cdot S$$

$$B = \frac{\Phi}{S}$$



Billig: Hamid Kherfane
20/02/2019