



## Informations sur les matériaux magnétiques

### Aimants au Néodyme-Fer-Bore (NdFeB)

Leur produit énergétique est d'environ 30% supérieur à celui des aimants au SAMARIUM-COBALT (SmCo), le poids spécifique est plus faible, et la résistance mécanique nettement supérieure. Ils sont fabriqués par compression et frittage de blocs bruts. Les aimants sont ensuite découpés dans ces blocs au moyen de meules à tronçonner diamantées, ce qui permet de respecter des tolérances serrées.

Pour les séries importantes, une production de formes géométriques simples – disques, anneaux, parallépipèdes – par compression dans un moule est également possible. Les caractéristiques magnétiques sont alors de 10 ... 15% moins bonnes.

L'intensité de champ coercitive diminue lorsque la température augmente. Des pertes magnétiques irréversibles se produisent au-dessus de la température d'utilisation propre à ce matériau. Le coefficient  $T_c$  varie de +/- 0.11% par 1°C. Dans le cas d'un rapport surface/épaisseur faible, des pertes irréversibles ont lieu à une température inférieure à la température maximale d'utilisation déjà.

#### Caractéristiques (typique) NdFeB

Poids spécifique:	7.5 g/cm <sup>3</sup>
Résistance à la compression:	300 N/mm <sup>2</sup>
Résistance à la flexion:	140 N/mm <sup>2</sup>
Résistance spécifique:	1.5 μΩm
Température d'utilisation maximale:	80 ... 180 °C (selon le type)
Coefficient de variation d'induction $B_r$ :	0.11 %/°C
Intensité magnétique pour la magnétisation $H$ :	>2000 kA/m

### Aimants au Samarium-Cobalt (SmCo)

Le développement des aimants permanents usuels de groupe AlNiCo et ferrite est arrivé à l'heure actuelle à un point où une augmentation sensible de leurs caractéristiques magnétiques ne peut plus être escomptée.

Aimants permanents, qui reposent sur une composition de matières de «terres dites rares» (Samarium, Cer, Lanthan, etc.) et le Cobalt, ont été tout dernièrement développés pour répondre à des problèmes particulièrement exigeants.

Par comparaison aux matières d'aimants permanents classiques, les aimants au SAMARIUM-COBALT offrent la densité de flux élevée des aimants AlNiCo, alliée à une intensité de champ coercitive très élevée. Ils peuvent en conséquence être utilisés sans difficulté dans les champs de démagnétisation sans perdre de force magnétique. Leur utilisation comme aimants permanents travaillant au repoussement et non à l'attraction constitue un exemple typique.

Les aimants au SAMARIUM-COBALT sont mécaniquement durs et fragiles. Leur usinage doit se faire au moyen d'outils diamantés.

#### Composition métallurgique

SmCo5:	ca. 35% de samarium, 65% du cobalt
SmCo 2:17	25% samarium, 50% du cobalt quelques pour-cent de zircon et cuivre, le reste étant de fer (FE)

#### Caractéristiques (typique) SmCo 2:17

Poids spécifique:	8.4 g/cm <sup>3</sup>
Résistance à la compression:	300 N/mm <sup>2</sup>
Résistance à la flexion:	70 N/mm <sup>2</sup>
Durée Vickers:	5'000 N/mm <sup>2</sup>
Module d'élasticité:	155'000 N/mm <sup>2</sup>
Coefficient de dilatation calorifique	5.6 ppm/°C
Résistance spécifique:	0.6 μΩm
Conductibilité thermique:	12 W/m°C
Température d'utilisation maximale:	300 °C
Coefficient de variation d'induction $B_r$ :	0.04 %/°C
Intensité magnétique pour la magnétisation $H$ :	
SmCo5	>2500 kA/m
SmCo 2:17	>4000 kA/m
Erreur angulaire de magnétisation:	5°
2° réalisable avec des dimensions / configuration optimales (après consultation)	

Vue d'ensemble –  
Tous chapitre



## Aimants au Ferrite (HF)

Les aimants FERRITE se caractérisent par leur haute résistance aux effets de démagnétisation. La densité des lignes de force est inférieure à celle des aimants AlNiCo. La stabilité magnétique à l'échauffement est bien inférieure, c'est pourquoi la température de travail maximale s'élève à 200°C. Les aimants FERRITE sont durs et cassants et ils ne peuvent être usinés que par rectification.

### Caractéristiques (typique)

Poids spécifique:	4.6 ... 5.1 g/cm <sup>3</sup>
Résistance à la traction:	50 N/mm <sup>2</sup>
Résistance à la compression:	700 N/mm <sup>2</sup>
Dureté Mohs:	6 ... 7
Coefficient de dilatation:	8.5 ppm/°C
Résistance spécifique:	10 <sup>6</sup> Ωm
Température d'utilisation maximale:	250 °C
Coefficient de variation d'induction Br:	0.2 %/°C

### Composition chimique

6Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·BaO

## Aimants AlNiCo

Les aimants AlNiCo se caractérisent par une grande densité des lignes de force. Leur bonne stabilité magnétique à l'échauffement permet leur utilisation à des températures de travail atteignant 500°C. Leur structure macrocristalline est responsable de la dureté des aimants AlNiCo.

### Nous vous prions de bien vouloir observer les points suivants:

- Les aimants AlNiCo ne peuvent être ni sciés, ni percés, ni tournés; la seule possibilité d'usinage est la rectification.
- Les aimants AlNiCo sont sensibles aux effets magnétiques et aux manipulations inadéquates.
- Les aimants AlNiCo ne peuvent entrer en contact avec du fer ou d'autres aimants que sur les surfaces des pôles (dans le cas d'un contact avec un aimant, sur le pôle opposé).

- Ne jamais presser des pôles de même signe l'un contre l'autre.
- Pour séparer des plaques d'induit ou des aimants se court-circuitant, il ne faut pas les coulisser réciproquement, mais rompre le contact.
- Les aimants AlNiCo autorisent des températures de travail atteignant 500°C.
- Pour les types vernis en rouge, la peinture résiste à une température maximale de 120°C.
- La force magnétique des aimants AlNiCo ne s'affaiblit que dans le cas d'une détérioration magnétique. Les aimants endommagés peuvent être ramenés à leur force originelle par remagnétisation.

### Caractéristiques (typique)

Résistance à la traction:	ne pas indiquée en raison de la tendance aux fissures intérieures
Résistance à la compression:	ne pas indiquée en raison de la tendance aux fissures intérieures
Poids spécifique:	6.9 ... 7.3 g/cm <sup>3</sup>
Coefficient de dilatation:	11 ... 14 ppm/°C
Conductibilité de chaleur:	similaire à celle de l'acier
Température de Curie:	700 ... 850 °C
Température d'utilisation max.:	450 ... 500 °C
Coefficient de variation d'induction Br:	0.02 %/°C

### Composition chimique

Al	07 ... 12 %
Ni	14 ... 20 %
Co	16 ... 40 %
Cu	3 ... 4 %
Ti	0 ... 10 %
Nb	0 ... 10 %
Fe	le reste

Les alliages AlNiCo ont une tendance nettement plus faible à la rouille que l'acier, sans toutefois résister à la rouille et aux acides. Les alliages AlNiCo ne résistent pas aux solutions fortement alcalines en raison de leur teneur élevée en aluminium. Comme protection contre la rouille s'offrent les possibilités suivantes: vernis à cuire, brunissage, galvanisation (n'est possible que sur des aimants non magnétisés).



## Aimants Plastoferrite (PF)

Le problème de la fragilité des aimants FERRITE a été résolu par le mélange de ferrite pulvérisé à du caoutchouc synthétique. Les aimants PLASTO-FERRITE peuvent être fabriqués sous forme de feuilles et de rubans profilés; ils sont souples et peuvent être découpés avec des ciseaux et des couteaux. Leur caractéristiques magnétiques sont analogues celles des aimants FERRITE. Cependant, leurs valeurs caractéristiques sont approximativement inférieures de trois quarts. La température d'utilisation maximale est d'environ 80°C.

Le matériel aimanté est disponible également avec couche autocollante. L'exécution autocollante n'est toutefois pas recommandable pour les profils en plastoferrite, formés par extrusion, vu que leur surface se prête mal à la technique du collage et qu'une adhérence optimale ne pourrait donc pas être garantie.

En ce qui concerne les plaques et feuilles magnétiques, leurs couches d'adhésifs donnent un résultat optimal dans la plupart des cas. Avant l'application définitive, il est cependant indiqué de faire chaque fois un essai pour vérifier si le pouvoir adhésif est suffisant.

Tolérances générales pour la coupe de feuilles magnétiques

Dimension	> 6 ... 30 mm	= ± 0.5 mm
	> 30 ... 120 mm	= ± 0.8 mm
	> 120 ... 315 mm	= ± 1.2 mm
	> 315 ... 1000 mm	= ± 2.0 mm

=> Tolérances plus petites sur demande

## Aimants au Néodyme-Fer-Bore (NdFeB) à liant de résine synthétique (MQ 1)

Un procédé spécial permet la fabrication de flocons de NdFeB et leur compression, avec des résines thermodurcissables, dans des moules de formes simples. Grâce au liant de résine synthétique, ce matériau peut être usiné avec tous les outils conventionnels. La densité d'énergie atteint néanmoins le triple de celle d'un aimant FERRITE standard. En raison de la grande intensité de champ coercitive, les aimants de NdFeB à liant de résine synthétique résistent à de forts champs magnétiques antagonistes. Ils remplacent donc favorablement les aimants AlNiCo.

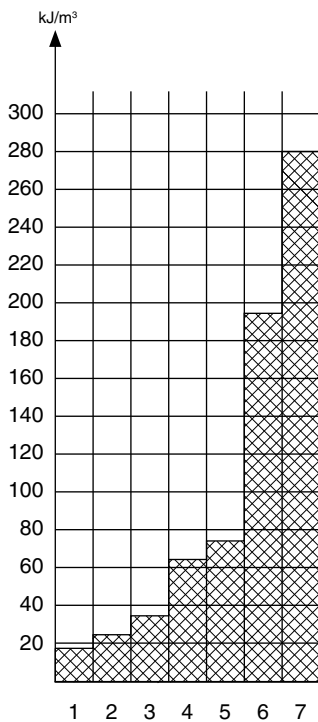
### Caractéristiques (typique)

Poids spécifique:	6.0 g/cm <sup>3</sup>
Résistance spécifique:	180 Ωm
Température d'utilisation maximale:	120 °C
Liant:	en Epoxy
Coefficient de variation d'induction Br:	0.04 %/°C



### Comparaison de la densité d'énergie (valeur BxH) de quelques matériaux magnétiques

1 Ferrite dur à liant de résine synthétique, anisotrope	18 kJ/m <sup>3</sup>
2 Ferrite dur, fritté, anisotrope	25 kJ/m <sup>3</sup>
3 AlNiCo 45/5	36 kJ/m <sup>3</sup>
4 SmCo à liant de résine synthétique	64 kJ/m <sup>3</sup>
5 NdFeB (MQ1) à liant de résine synthétique	75 kJ/m <sup>3</sup>
6 Samarium-cobalt (SmCo)	195 kJ/m <sup>3</sup>
7 Néodyme-fer-bore	280 kJ/m <sup>3</sup>



### Adhérence

Les données d'adhérence figurant dans le catalogue sont des valeurs indicatives pour une température ambiante de 20 °C. Ces valeurs ne sont valables pour un arrachement de l'aimant perpendiculaire à une plaque en acier poli (ST37) de 10 mm d'épaisseur.

### Corrosion des aimants en terres rares

Les aimants en terres rares sont considérés comme des matériaux d'usinage métalliques dont ils ont les propriétés. Ces aimants s'oxydent ainsi dans une atmosphère humide. L'ajout de métaux plus nobles par alliage, tels que le cobalt, permet d'éviter presque entièrement la réaction avec l'eau. C'est la raison pour laquelle les aimants en SmCo ne se recouvrent que d'une mince couche d'oxyde en présence d'air très humide.

Les aimants frittés en NdFeB contiennent du néodyme libre, en plus du néodyme lié structurellement. Comme presque tous les métaux des terres rares qui se trouvent à l'état libre, ils sont extrêmement sensibles à la corrosion et forment spontanément de l'oxyde ou de l'hydroxyde de néodyme. Les aimants en NdFeB sont immédiatement attaqués par l'humidité de l'air et réagissent également aux sels et aux acides par une très forte corrosion. Dans ces cas, il est possible d'obtenir une meilleure résistance à la corrosion par l'application d'un revêtement protecteur.

Dans les dernières générations d'aimants au néodyme, les matériaux N45 et N48 ont montré la meilleure résistance à la corrosion. Toutefois, nous recommandons ici aussi l'application d'un revêtement protecteur.

### Collage d'aimants à terres rares

De nombreux aimants se fixent par des techniques de collage pour leur usinage. Lors du collage, on tiendra compte, à part des propriétés du matériau, également des formes de contraintes et des influences extérieures. Pour cette raison, nous vous recommandons de demander préalablement conseil à votre fournisseur de colles.

Notre expérience a montré que l'utilisation de colles acides était inapproprié, spécialement avec des aimants à base de néodyme. Ces colles sont susceptibles de provoquer à l'interface une réaction de décomposition du matériau magnétique. Ce processus peut également se produire sur des aimants enduits et être accéléré par de l'humidité.

Vue d'ensemble –  
Tous chapitre



## Différence entre les aimants de maintien et d'attraction

Les aimants de maintien ont pour mission de maintenir les objets qui sont posés sur eux. Ils n'ont donc pas besoin d'un grand effet en profondeur. Par contre, les aimants d'attraction doivent attirer les objets à partir d'une certaine distance et ceci suppose un effet en profondeur correspondant.

Une bonne force de maintien est plus facilement atteinte avec des pôles proches les uns des autres. Par contre, les aimants d'attraction exigent des pôles largement écartés. On peut en conclure que la distance entre les pôles doit approximativement correspondre à l'effet en profondeur exigé de l'aimant. Plus l'effet en profondeur est important, plus la distance entre les pôles est élevée.

Il est essentiel de savoir que la force d'attraction magnétique n'est pas uniquement fonction de l'aimant. L'objet à attirer et son épaisseur sont tout aussi importants.

## Stabilité aux champs de démagnétisation

De la même façon qu'un aimant peut être démagnétisé par un champ suffisamment fort et opposé à la magnétisation, chaque champ de démagnétisation affaiblit un aimant jusqu'à un certain point. La puissance d'un aimant fraîchement magnétisé est soumise à une force de démagnétisation pour la première fois lorsque l'aimant est retiré du dispositif de magnétisation. L'insertion d'un entrefer dans un circuit magnétique équivaut à une force de démagnétisation. L'induction tombe alors à une valeur inférieure et l'aimant est alors simultanément stabilisé à cette valeur. Il s'agit là de l'état dans lequel les aimants magnétisés sont livrés, état restant ce qu'il est jusqu'à ce qu'une force de démagnétisation plus forte vienne affaiblir à nouveau l'aimant pour le stabiliser à un niveau d'induction inférieur, et ainsi de suite.

Une méthode simple pour éviter la démagnétisation ou pour stabiliser les aimants consiste à les exposer lorsqu'ils sont magnétisés à saturation, à un champ magnétique opposé un peu plus puissant que celui auquel ils seront soumis durant leur exploitation.

## Aimants systemes

Les aimants SYSTEMES sont constitués de matériau magnétique et de pièces conductrices en fer. L'utilisation de pièces conductrices en fer présente de nombreux avantages dont l'importance est mentionnée ci-dessous:

1. Le fer permet une densité des lignes de force plus élevée que la matière magnétique permanente. Ceci se traduit par exemple par une force d'attraction supérieure.
2. Le fer, contrairement aux aimants FERRITE et AlNiCo, peut être aisément usiné.
3. Dans le fer, les lignes de force peuvent être déviées autour des coins et être concentrées.
4. Les matériaux magnétiques peuvent être mieux utilisés.
5. Les constructions d'aimants sont plus simples et plus économiques.

Les caractéristiques magnétiques et la température d'utilisation maximale des aimants SYSTEMES sont fonction des matériaux utilisés.

## Tolérances

Souvent, des tolérances serrées sont prescrites pour toutes les dimensions, que celles-ci soient nécessaires ou non. Cela provient certainement du fait que les tolérances générales des autres pièces sont reprises.

Il est faux de donner des tolérances par principe pour toutes les dimensions d'un aimant permanent. Il est par contre désirable de prescrire à la place des tolérances «brut de fonderie» ou «brut de frittage», partout où cela est possible. Le contrôle des cotes coûte toujours de l'argent, même si le respect des tolérances n'exige pas un usinage de rectification.

Le contrôle d'entrée de bien des utilisateurs ne se porte souvent que sur le respect des dimensions et la qualité de surface. Le contrôle le plus important, celui de la puissance magnétique, est très souvent négligé. Des aimants avec des irrégularités de surfaces ou de petites crevasses sont refusés, car on admet à tort que ces irrégularités diminuent la puissance magnétique.

Des défauts de surface et de petites fissures n'ont aucune influence sur la puissance magnétique. L'acceptation de telles irrégularités diminue le rebut et par là le prix.

**Vue d'ensemble –  
Tous chapitre**



### Dimensionnement des aimants à l'aide des courbes de démagnétisation

Les aimants ne peuvent être construits ou définis comme n'importe quel élément de construction. Le dimensionnement de la face polaire par rapport à la longueur dans le sens de la magnétisation doit correspondre aux valeurs magnétiques exigées.

L'énergie magnétique maximale est obtenue si le produit de la rémanence  $B$  et de l'intensité de champ coercitive  $H$  atteint un maximum. C'est le cas si le rectangle le plus grand possible se forme sous la ligne caractéristique de démagnétisation allant de  $B$  à  $H$  (cf. figure).

Le diagramme suivant est pourvu au bord d'une échelle pour le rapport de la longueur au diamètre d'un aimant (rapport  $L/D$ ).

Pour une pastille magnétique de 10 mm de diamètre x 5 mm d'épaisseur, le rapport  $L/D$  est égal à  $5:10 = 0.5$ . Si on tire une ligne de la marque 0.5 jusqu'au point zéro, le point d'intersection sur la courbe caractéristique du matériau magnétique correspondant est alors le point caractéristique ( $B \times H$ ) de cette pastille magnétique.

Si on relie ce point caractéristique horizontalement avec l'axe  $B$  et verticalement avec l'axe  $H$ , on peut alors y lire la rémanence et l'intensité de champ coercitive.

Si  $B$  et  $H$  ont les valeurs les plus importantes possibles, le point caractéristique se situe à la valeur max. ( $B \times H$ ).

Pour un aimant «ouvert», qui est utilisé sans «extrémité en fer» ou pôles en fer, le dimensionnement devrait être choisi de façon à ce que le point caractéristique se situe à proximité de la valeur max. ( $B \times H$ ).

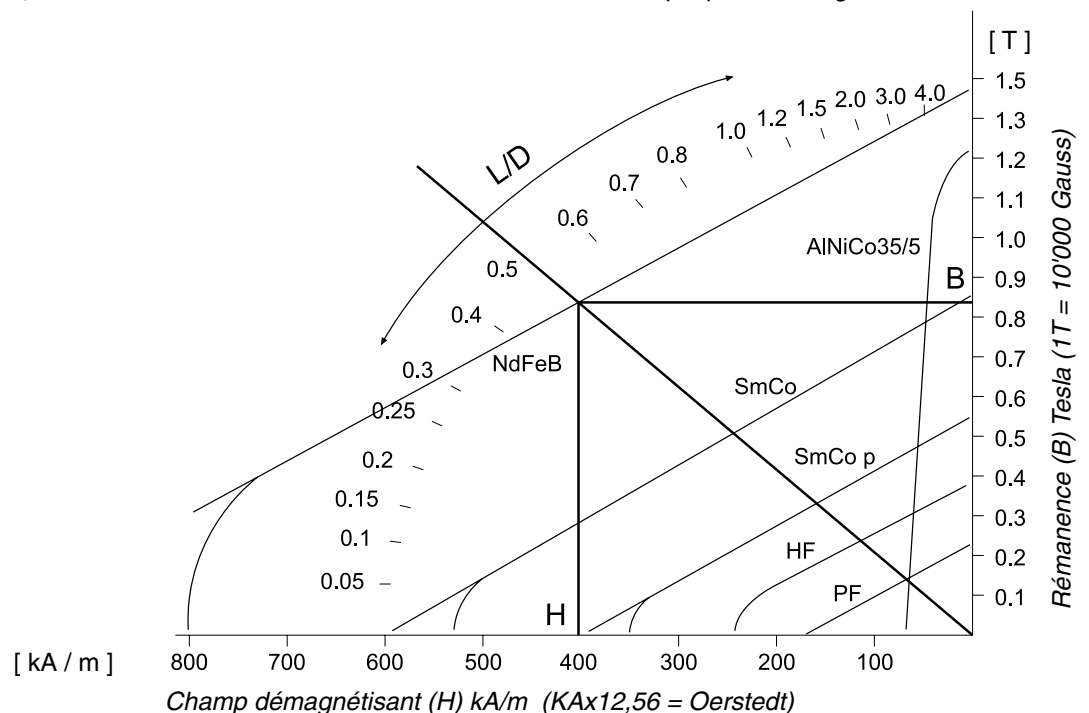
Pour les faces polaires magnétiques carrées ou presque carrées, la face polaire peut être convertie suivant la formule.

$$D = \sqrt{\frac{a \times b \times 4}{\pi}}$$

oder

$$D = \sqrt{\frac{A \cdot 4}{\pi}}$$

Les courbes tracées ci-dessous, correspondant aux différents matériaux magnétiques, sont simplifiées et représentées sans caractéristique de température. Une variation de la température a pour effet de décaler le point caractéristique sur la courbe caractéristique. Aussi longtemps que le point caractéristique demeure dans la plage linéaire de la ligne caractéristique de démagnétisation, l'induction se modifie de façon réversible, c.-à-d. qu'elle revient après le refroidissement à la valeur initiale. Autrement, la modification de l'induction est irréversible et ne peut être remise à l'état initial que par la remagnétisation.



Vue d'ensemble –  
Tous chapitre