

---

# Freins et embrayages à hystérésis

---

## 1.0 INTRODUCTION

Nous vous remercions d'avoir choisi les équipements à hystérésis de Magtrol pour réaliser vos applications de contrôle de couples. Nous sommes certains que vous apprécierez nos produits de qualité qui vous garantiront d'excellentes performances durant bien des années.

Contrairement à bien des produits de la concurrence, les freins et embrayages à hystérésis Magtrol produisent un couple absolument sans à-coups, contrôlable avec précision, indépendant de la vitesse de rotation\* et fonctionnant sans aucune friction entre leurs composantes. De ce fait et si l'on fait exception des roulements à billes, virtuellement aucune composante mécanique des freins et embrayages Magtrol n'est soumise à usure.

Le principe de fonctionnement des freins et embrayages à hystérésis est souvent confondu avec celui d'appareils fonctionnant par friction contrôlée magnétiquement, avec des particules magnétisées ou à l'aide de courant de Foucault. Les informations contenues dans le paragraphe suivant vous procureront une meilleure connaissance de ces freins et embrayages à hystérésis uniques en leur genre et vous permettront d'en tirer le plus grand bénéfice dans vos applications.

## 2.0 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Les freins et embrayages à hystérésis se composent principalement de deux éléments: une structure polaire réticulée et un rotor interagissant pour générer la force de freinage ou d'embrayage. La structure polaire — se composant d'un pôle interne, d'un boîtier extérieur et d'une bobine de champ — constitue la partie fixe de l'unité utilisée comme frein ou celle entraînée d'un embrayage. La structure polaire en deux parties est séparée par l'entrefer dans lequel se déplace le rotor. Ce dernier est fixé à l'arbre qui, lui, est guidé par deux roulements à billes. Le rotor constitue l'élément en rotation de l'unité configurée en tant que frein ou celui de «sortie» de l'unité, si cette dernière est configurée comme embrayage.

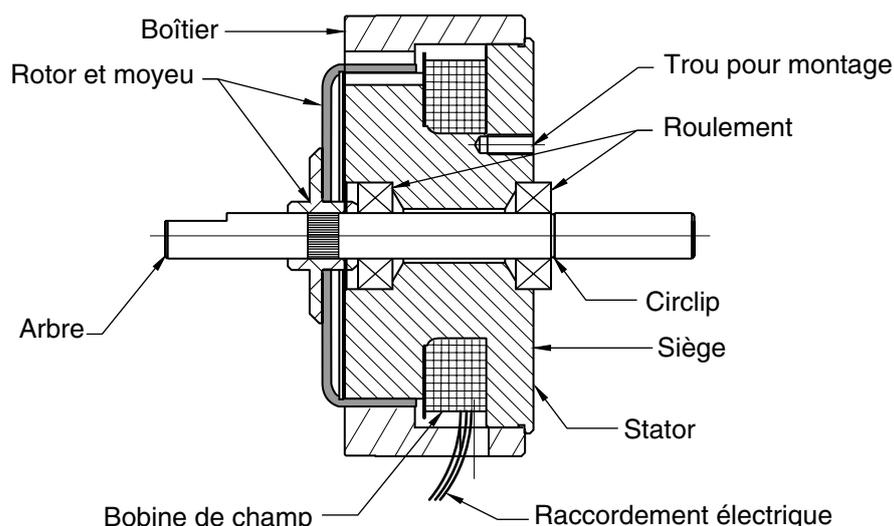


Figure 1. Frein à hystérésis

---

\* Les freins ou embrayages à hystérésis sont influencés par des courants de Foucault. Tandis que le frein est en mesure de générer son couple de freinage maximal indépendant de la vitesse de glissement, les courants de Foucault peuvent produire un couple de freinage dynamique s'additionnant au couple statique calibré et pouvant atteindre 7 à 8 % par 1000 tmin<sup>-1</sup> d'augmentation de vitesse de rotation (valeur pour les plus grands freins, env. 2 % pour les plus petits freins).

---

Le courant appliqué à la bobine génère un champ magnétique d'intensité proportionnelle dans l'entrefer. Le rotor en est magnétisé. Les propriétés spécifiques d'hystérésis magnétique du rotor font que ce dernier résiste à tout déplacement dans le champ magnétique, ceci générant un couple soit de freinage (pour un frein) soit d'entraînement (pour un embrayage) entre le rotor et la structure polaire. Le couple transmis reste constant et sans à-coups et varie uniquement en fonction du courant appliqué à la bobine de champ. En faisant abstraction du faible effet causé par les courants de Foucault inhérents aux systèmes à hystérésis, le couple nominal est indépendant de la vitesse de glissement.

En fonctionnement normal, le champ magnétique du rotor en mouvement devant la structure polaire et soumis aux variations de courant d'excitation de la bobine est constamment réaligné. Dans ces conditions, toute modification d'intensité du courant passant dans la bobine de champ se répercute en une transition sans à-coups d'un niveau de couple à un autre. Certaines conditions de fonctionnement peuvent par contre générer un couple variant par à-coups (ondulation du couple appelée *cogging* en anglais) dû à l'apparition de pôles saillants sur le rotor du frein. Un couple variant par à-coups est typique des freins à hystérésis. Dans la plupart des cas, ce comportement peut être évité ou tenu sous contrôle de manière à ne pas présenter de répercussions néfastes dans un système de régulation de couple. Pour plus d'informations à ce sujet, se référer au *chapitre 7.0 – Cogging*.

### **3.0 INSTALLATION**

Avant toute installation et tout raccordement électrique du frein ou de l'embrayage à hystérésis, s'assurer de son bon fonctionnement mécanique. Lors de tout comportement anormal tel que blocage ou résistance à la rotation, se référer au *chapitre 6.0 – Maintenance* de ce manuel ou appeler le service après-vente de Magtrol.

### **4.0 MONTAGE**

La position de montage d'un frein à hystérésis n'influe en aucune manière sur ses caractéristiques techniques. Le frein est livré équipé d'un arbre traversant prolongé robuste facilitant le raccordement mécanique par l'une ou l'autre de ses extrémités. Le frein se composant d'une partie rotative (rotor) à l'une de ses extrémités, son montage contre une surface fixe n'est possible que du côté opposé à sa composante rotative. Les accessoires de montage contre une surface sont livrés avec tous les freins à l'exception de ceux des séries HB-840 et HB-3500. L'accès à l'arbre de ces freins devant être garanti, le montage s'effectue à l'aide d'une plaque de base. Pour le montage de tous les autres freins, des paliers amortisseurs sont disponibles mais doivent être commandés séparément. Aussi bien les plaques de base que les paliers amortisseurs commandés seront fixés au frein en usine. Magtrol n'a prévu aucun accessoire de montage des plaques de base ou des paliers amortisseurs à la structure du banc de mesure du client. Lorsque le montage du frein s'effectue sans paliers amortisseurs, veiller à prévoir un accessoire ou un filetage de longueur suffisante (pour plus d'informations concernant les spécifications du filetage et des boulons à utiliser, voir sous <http://www.magtrol.com/tensioncontrol/>).

Les freins et embrayages à hystérésis sont prévus pour des charges axiales mais tolèrent également des charges excentriques modérées en fonction de la vitesse de rotation, du poids et du centre de gravitation de la charge. Veiller à protéger les roulements de surcharges et de vibrations en dimensionnant de manière adéquate les embrayages flexibles et en alignant parfaitement les arbres. Ne pas utiliser d'accouplements rigides qui ne compensent pas les défauts d'alignement des arbres de transmission.



Remarque: De petites charges, radiales et / ou axiales, peuvent être tolérées. Contactez l'usine pour de plus amples informations et une aide personnalisée. Des précautions doivent être prises pour assurer un alignement approprié de l'arbre.



Remarque: Les accouplements de taille et de flexibilité appropriées doivent être utilisés pour protéger adéquatement les roulements d'un stress et chocs excessifs. Les accouplements rigides qui ne compensent pas les légers désalignements et décalages de l'arbre, ne sont pas recommandés.

## 5.0 RACCORDEMENTS ÉLECTRIQUES

Les freins à hystérésis Magtrol sont alimentés par une tension continue (DC). Le couple de freinage transmis par le frein est proportionnel au courant d'excitation de la bobine du frein. La polarité du courant d'excitation n'influe nullement sur le fonctionnement du frein, cependant il est d'usage d'effectuer les raccordements électriques en connectant le fil rouge à V+ et le fil noir à V-. Cette convention est tout spécialement observée pour raccorder les freins de type MHB (freins appariés) et des freins calibrés. Pour la régulation du couple d'un frein, spécialement en boucle ouverte, il est conseillé d'utiliser une source de courant régulée telle que l'alimentation Magtrol modèle 5211 d'une précision de  $\pm 1\%$  en pleine échelle. Cela permettra de réduire la dérive du couple causée par une variation de température de la bobine du frein et de ce fait du courant d'excitation.

Avant tout raccordement électrique du frein à une alimentation DC, s'assurer que la tension de sortie de cette dernière correspond à la plage de tension nominale du frein indiquée sur l'étiquette autocollante apposée sur le frein. Connecter le frein à son alimentation après s'être assuré qu'elle est déclenchée et qu'aussi bien sa tension que son courant de sortie sont réglés sur leurs valeurs minimales. Contrôler et isoler si nécessaire toutes les connections électriques selon les règles de l'art et les normes en vigueur avant de mettre le frein sous tension.

Le frein est alors prêt à fonctionner. Un couple de freinage se fait sentir dès qu'un courant traverse la bobine du frein. Une augmentation de l'intensité du courant d'excitation de la bobine fera augmenter le couple du frein. La valeur de couple maximale du frein dépend des caractéristiques de ce dernier. Magtrol garantit que tous les freins de sa production atteignent ou dépassent même le couple nominal généré au courant nominal.

Remarque: Si possible, réduire le couple à zéro avant l'arrêt complet du frein. Une coupure du courant d'excitation après l'arrêt du rotor génère des pôles saillants sur le rotor du frein et se manifeste par du *cogging* au niveau du couple (voir le chapitre 7.0 – *Cogging*).



## 6.0 MAINTENANCE

Les freins et embrayages à hystérésis générant leur couple sans aucune friction entre leurs composantes et fonctionnant uniquement sur la base d'action magnétique à travers l'entrefer, aucune maintenance de pièces d'usure, à part les roulements, n'est requise. Seul un remplacement occasionnel des roulements doit être prévu.

Un frein utilisé dans les limites de ses spécifications thermiques, de vitesse de rotation et de couple produira des années durant un couple sans à-coups en fonction du courant d'excitation passant à travers sa bobine. La plupart des problèmes de fonctionnement résultent d'interruptions d'alimentation de la bobine du frein, dues à une alimentation ou des connexions défectueuses, un court-circuit sur les fils d'alimentation, un court-circuit ou une coupure dans le circuit de la bobine du frein. L'apparition de toute anomalie telle qu'un couple irrégulier, insuffisant ou dont la répétabilité est insuffisante appelle au contrôle des points mentionnés au préalable. Seule exception, le *cogging* qui est souvent faussement interprété comme une défectuosité du frein. Dans ce cas, aucune pièce défectueuse n'est à remplacer, seule une réapplication puis un retour à zéro du courant d'excitation avec le rotor du frein en mouvement permet de remédier au problème. Grâce à cette procédure, le frein produira à nouveau un couple parfaitement sans à-coups.

## 7.0 COGGING

Il est important de prendre bonne note que le *cogging* d'un couple ne découle pas d'un frein ou d'un embrayage à hystérésis défectueux. Une connaissance parfaite du mode de fonctionnement de ces derniers permet d'obtenir un couple sans à-coups à n'importe quelle vitesse de rotation. Il est également important de savoir que certaines conditions de fonctionnement peuvent induire du *cogging*. En général, mais le *cogging* peut être évité, l'utilisateur doit néanmoins savoir que tout *cogging* survenu par inadvertance **peut être facilement éliminé**.

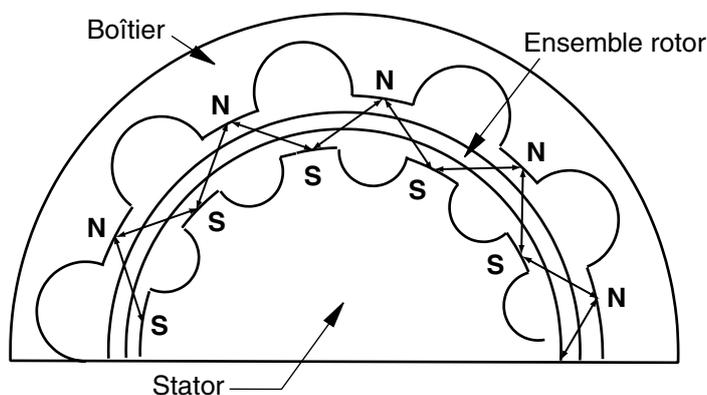


Figure 2. Structure des dents du stator

Les pôles saillants, source du phénomène de *cogging*, sont le plus souvent causés par la coupure du courant d'excitation du frein lorsque le rotor était déjà à l'arrêt. Sur le rotor, constitué de matière formant des aimants permanents, on voit alors apparaître des pôles saillants sous chaque combinaison de dent de la structure polaire. Lorsque le rotor se déplace, ces pôles passent d'une dent de stator à l'autre, même lorsque le courant d'excitation de la bobine est nul. Il en résulte une sensation de «sautillement», appelé le *cogging*.

Il existe plusieurs méthodes permettant d'éviter l'apparition de pôles saillants et/ou de minimiser leur ampleur afin de réduire le *cogging* qui en résulte. Il en va de même, lorsque l'apparition du phénomène de *cogging* ne peut être évitée ou lorsque ce phénomène apparaît par inadvertance sur un frein ou un embrayage.

1. La coupure du courant d'excitation de la bobine à une vitesse de rotation supérieure ou égale à 100 tmin<sup>-1</sup> élimine généralement les pôles saillants. Leur effet est diminué lorsque la vitesse de glissement est inférieure à 100 tmin<sup>-1</sup>. L'importance des pôles saillants et en conséquence de l'effet de *cogging* est fonction du courant d'excitation de la bobine lorsque le rotor s'arrête. Un courant plus faible entraîne automatiquement un *cogging* moindre.
2. Des pôles saillants créés par inadvertance peuvent être éliminés en réappliquant un courant à la bobine d'intensité supérieure à celui appliqué lors de l'arrêt précédent du rotor. On réduira alors graduellement ce courant en s'assurant que le rotor reste en mouvement.
3. Magtrol se tient à disposition pour assister les utilisateurs de freins ou d'embrayages présentant du *cogging*.

## 8.0 COURBES COUPLE/COURANT D'EXCITATION

La figure 3 illustre les courbes typiques de couple et de courant d'excitation d'un frein à hystérésis. Pour une intensité de courant donnée, le couple résultant n'est pas le même que l'on fasse croître ou décroître le courant d'excitation de la bobine d'un frein à hystérésis. Cet effet est causé par la présence d'hystérésis dans le matériel magnétisable utilisé pour le rotor. A noter que la précision de l'unité de contrôle du frein doit être de l'ordre de 1%. Un calibrage précis des courbes de freins individuels peut être réalisé contre facturation et moyennant un certain délai.

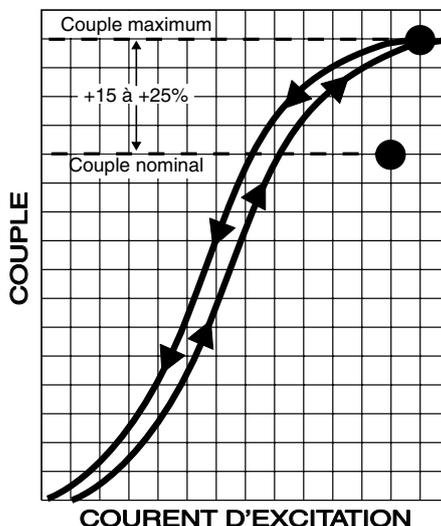


Figure. 3 Courbe couple/courant d'excitation

1<sup>re</sup> édition française Rev A – octobre 2019



Test, Mesure et Contrôle des Couple-Vitesse-Puissance • Charge-Force-Poids • Tension • Déplacement

[www.magtrol.com](http://www.magtrol.com)

**MAGTROL SA**  
 Centre technologique Montena  
 1728 Rossens/Fribourg, Suisse  
 Tél: +41 (0)26 407 3000  
 Fax: +41 (0)26 407 3001  
 E-mail: [magtrol@magtrol.ch](mailto:magtrol@magtrol.ch)

**MAGTROL INC**  
 70 Gardenville Parkway  
 Buffalo, New York 14224 USA  
 Tél: +1 716 668 5555  
 Fax: +1 716 668 8705  
 E-mail: [magtrol@magtrol.com](mailto:magtrol@magtrol.com)

**Filiales en :**  
 France • Allemagne  
 Grande-Bretagne  
 Chine • Inde  
 Réseau de distribution  
 mondial

