

Comment avoir un mouvement linéaire avec un moteur pas à pas

Introduction

Les moteurs pas à pas sont conçus pour fournir une position angulaire précise avec une précision angulaire d'environ 3% de l'angle d'un pas complet dans le meilleur des cas. Lorsqu'un positionnement linéaire précis est demandé, la solution est alors d'utiliser un moteur pas à pas avec une vis filetée.

FAULHABER a développé une technique pour assembler une vis filetée sur un moteur pas à pas afin de fournir le maximum de flexibilité à ses clients. L'idée est de chasser une vis filetée sur l'arbre du moteur et d'utiliser un écrou pour transformer le mouvement de rotation en un mouvement linéaire. Le but de cette note d'application est de donner une vue générale des options de vis filetées et de fournir plusieurs informations techniques.



Image 1 : moteur pas à pas FAULHABER avec une vis filetée M1,6

Les vis filetées

Le Tableau 1 présente les différentes possibilités de vis standards proposées par FAULHABER:

Tableau 1 : les vis filetées proposées par FAULHABER.

Vis filetée (diamètre nominal x pas de vis, en [mm])	longueur [mm]	Moteurs compatibles	Matériel
M1.2x0.25	7.5, 15 ou personnalisée	DM0620, AM0820, AM1020	Acier inoxydable
M1.6x0.35	7.5, 15, (25) ou personnalisée	DM0620, AM0820, AM1020	Acier inoxydable
M2x0.2	7.5, 15, 25 ou personnalisée	AM0820, AM1020, DM1220, AM1524	Acier inoxydable
M2.5x0.25	7.5, 15, 25 ou personnalisée	AM0820, AM1020, DM1220, AM1524	Acier inoxydable
M3x0.5	15, 25 ou personnalisée	AM0820, AM1020, DM1220, AM1524, AM2224,	Acier inoxydable

Longueur personnalisée

FAULHABER donne la possibilité à ses clients de définir leur propre longueur de vis. Cependant, la vis ne doit pas atteindre une longueur déraisonnable et la longueur maximum jamais fabriquée jusqu'à aujourd'hui est 200mm. Le client doit également être conscient que plus la vis est longue, plus le risque de désalignement et d'usure est élevé.

Roulement à billes, pivot et écrou

Il est également possible pour le client de commander une vis filetée avec un pivot à l'une de ses extrémités afin de pouvoir y monter un roulement à billes. Pour les vis les plus petites (M1.6), cette option est obligatoire pour les longueurs supérieures à 15 mm. En conséquence, la dénomination de l'article comporte un T à son extrémité. Par exemple, si on veut une vis filetée M1.6x0.35 de longueur 15mm avec une pointe, la désignation sera M1.6x0.35x15T. Voir le tableau 2 pour un aperçu complet des options.

Tableau 2 : possibilités des options de pivots, des écrous, de roulements à billes.

Vis fileté (diamètre nominal x pas de vis, en [mm])	Pivot possible	écrou	Roulement à billes
M1.2x0.25	Non	6502.00366 (mat. PEEK)	-
M1.6x0.35	Oui	6502.00370 (mat: PEEK)	6502.00102
M2x0.2	Oui	6502.00337 (mat: PEEK)	6502.00097
M2.5x0.25	Oui	6502.00336 (mat: PEEK)	6502.00097
M3x0.5	Oui	6502.00323 (mat: PEEK)	6502.00103

Les images 2 et 3 montrent les options des écrous et des roulements à billes et la dimension des vis assemblées sur un moteur pas à pas respectivement. Sur l'image 3, il est important de noter que l'espace entre la vis et la plaque frontale du moteur reste constant (2.3 mm pour tous les moteurs sauf AM2224 + M3 qui a un espace de 3mm).

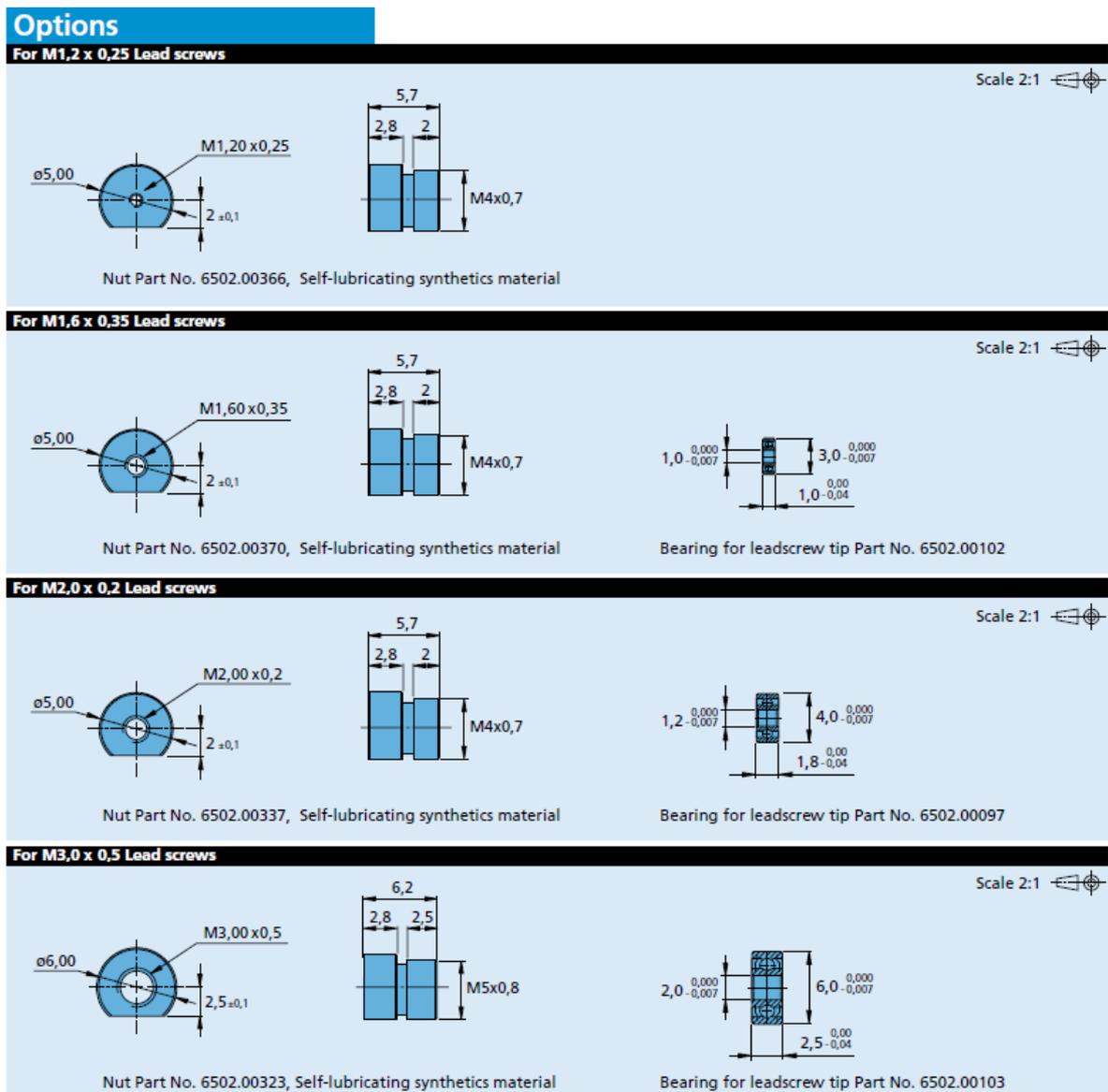


Image 2 : dessin d'un écrou et d'un roulement à billes.

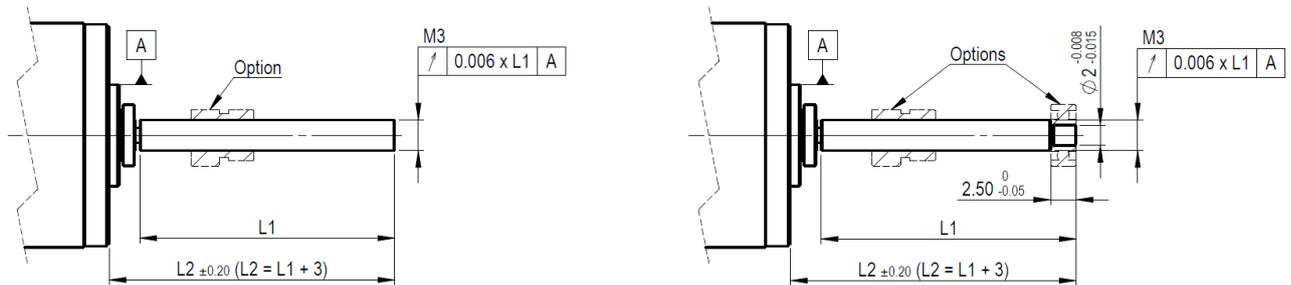


Image 3 : dessin d'une vis assemblée sur un moteur pas à pas (à gauche) sans pivot, (à droite) avec pivot.

Comment lire une fiche technique ?

L'image 4 illustre la fiche technique d'une vis fileté M2x0.2. A partir de là, on peut lire la force de traction et de poussée en fonction de la vitesse. Ces graphiques sont basés sur les courbes de couple du moteur pas à pas, ce qui explique qu'il y ait 3 courbes différentes en fonction de la tension d'alimentation fournie.

La force est limitée par la précharge du roulement à billes en mode traction mais le dépassement de la précharge en mode traction n'endommagera pas le moteur. Il ne fera que déplacer l'arbre sur quelques centaines de micromètres (environ 200µm). Il est recommandé de se référer aux informations techniques téléchargeables sur le site FAULHABER pour plus d'informations.

Veuillez noter qu'un facteur de sécurité de 40% est appliqué dans les calculs menant à ces courbes de force / vitesse.

Series M2 x 0,2 x L1

Ordering information	L1 (mm) =	15	25	28/30	Custom
Order code (no bearing tip)		M2x15	M2x25	M2x30	M2xL1*
Order code (with bearing tip)		M2x15T	M2x25T	M2x28T	M2xL1*T
Nominal diameter	2,0				mm
Pitch	0,2				mm
Material	Stainless steel				

* For custom length, please inquire with your point of sales

For combination with Stepper Motors AM0820, AM1020, DM1220, AM1524

Important notes

The thrust curves include already a safety factor for the use of the stepper motor.
Please read the "Technical information" for a better understanding of the curves.

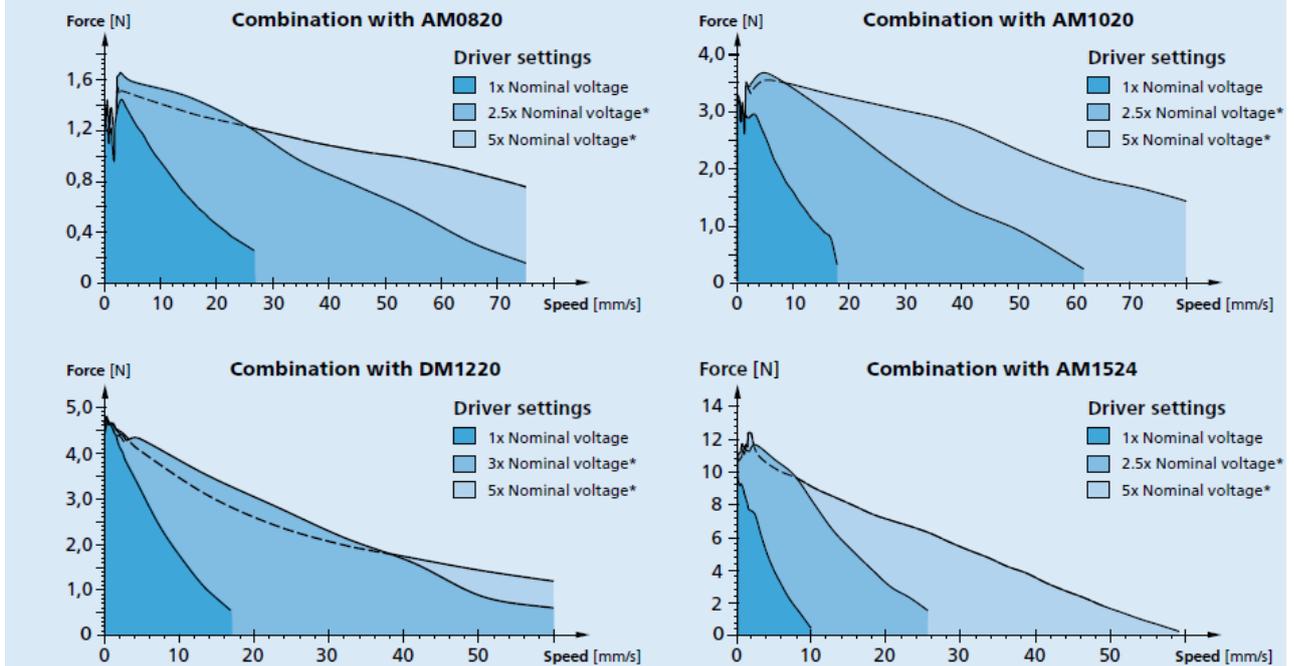


Image 4 : fiche technique pour une vis fileté M2x0.2.

Quelques calculs

Rendement d'une vis fileté

Le rendement d'une vis fileté est donnée par l'équation 1.

$$\eta = \tan \alpha \frac{\cos\left(\frac{\beta}{2}\right) - \mu \cdot \tan \alpha}{\cos\left(\frac{\beta}{2}\right) \cdot \tan \alpha + \mu} \quad (1)$$

Où α est l'angle d'hélice, β est l'angle de filetage et μ le coefficient de frottement. En raison du frottement, l'efficacité d'une vis filetée se situe souvent entre 10 et 30%, ce qui est assez faible, comme on peut l'observer sur la figure 5. Le coefficient de frottement entre la vis filetée et l'écrou FAULHABER est d'environ 0,18.

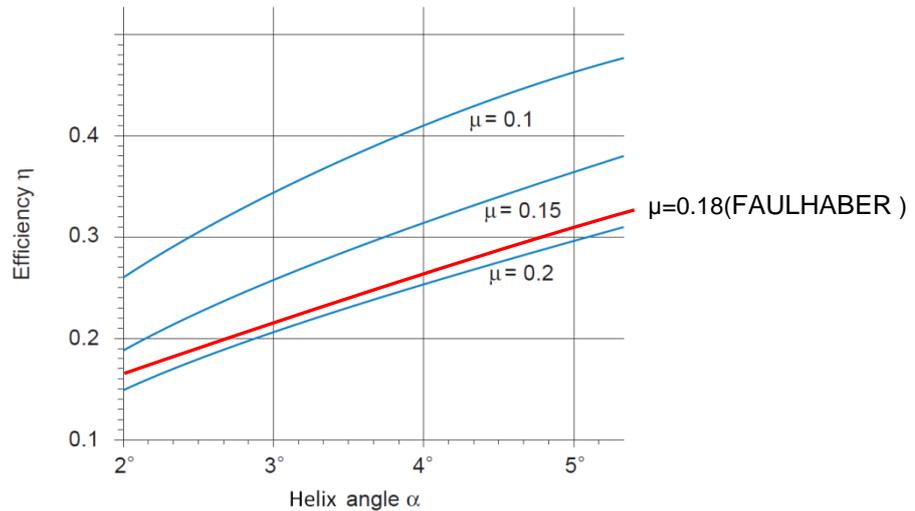


Image 5 : rendement typique d'une vis filetée. [2]

Couple moteur

Le couple nécessaire pour bouger la charge peut être estimé par l'équation 2.

$$T = \frac{F \cdot h}{2 \cdot \pi \cdot \eta} \quad (2)$$

Avec F la force de la charge axiale (force le long de l'axe de la vis filetée), h le pas de vis et η le rendement de la vis.

Marche inverse (back driving) / réversibilité de la vis filetée

Un moteur équipé d'une vis filetée transforme un couple en une force axiale. Dans plusieurs conditions, la charge de l'application crée une force axiale qui surmonte la friction de l'ensemble écrou/vis et est transformé en couple. Cela s'appelle le back driving. Son couple peut être simplement formulé de la manière suivante :

$$T_{bd} = \frac{F \cdot h \cdot \eta}{2 \cdot \pi} \quad (3)$$

Il est assez simple de prédire si une vis filetée peut être utilisée en marche inverse ou non. Plus l'angle de filetage est élevé, plus le back driving devient possible. La règle empirique suivante peut être appliquée pour déterminer si le back driving est possible ou non pour une géométrie de vis donnée.

$$h - \frac{d}{3} \begin{cases} < 0 & \text{back driving impossible} \\ > 0 & \text{back driving possible} \end{cases}$$

Avec h le pas de la vis et d son diamètre extérieur.

Aucune des vis proposées par FAULHABER n'est sujette au back driving.

Caractéristique des systèmes linéaires (précision, battement, jeu axial)

Les vis filetées sont produites par roulage, ce qui fournit une bonne qualité et répétabilité de la production. En fonction du moteur et de la vis sélectionnés, les caractéristiques d'assemblage seront différentes. L'objectif de cette partie est de résumer les propriétés des systèmes linéaires.

Tableau 3 : Caractéristiques des vis filetées de FAULHABER.

Jeu axial typique entre l'écrou et la vis	25µm
Jeu axial du moteur si la précharge est dépassée	0.2mm (Force de précharge spécifiée dans les fiches techniques pour chaque moteur).
Run-out	Donnée par la formule [mm] : Longueur de la vis * 0.006 => 0.15mm pour une vis de 25mm de long. => 0.60mm pour une vis de 100mm de long.
Precision du pas (cumulative)	<2µm par pas.
Précision du moteur (non-cumulative)	±10% d'un pas complet pour la technologie AM. ± 5% d'un pas complet pour le DM0620. ± 3% d'un pas complet pour le DM1220
Précision totale	Les vis filetées sont OK pour un positionnement avec une précision ≥10µm entre des positions discrètes. Cependant, la précision est bien meilleure que 10µm pour un positionnement <u>répétitif</u> (ex : mouvement de va-et-vient entre la position A et B).

Aucun jeu angulaire de la vis filetée

Si l'on veut utiliser une vis pour un positionnement vraiment précis de l'application, cela pourrait être utile d'utiliser une vis sans jeu axial.

Dans un cas standard, une solution sans jeu axial n'existe pas. Si une telle solution est demandée, un projet de personnalisation doit être lancé.

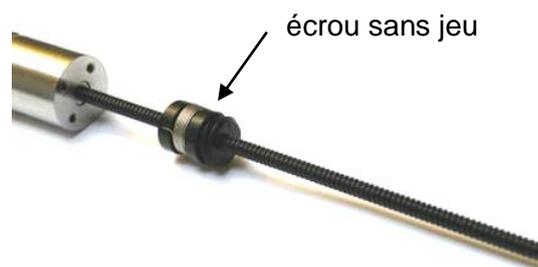


Image 6 : exemple d'un projet personnalisé: vis avec aucun jeu axial sur un moteur pas à pas AM1524.

Actuateurs linéaires à réducteurs

Pour certains moteurs, une autre possibilité existante est d'utiliser un actuateur linéaire à réducteur. Cette gamme de produits FAULHABER permet de fournir une grande force de sortie et offre une très large flexibilité.

Pour l'AM2224 et l'AM3248, les actuateurs linéaires 22L et 32L sont disponibles. Ils sont disponibles avec soit des vis linéaires ou des vis à billes avec différentes précisions de filetage. Veuillez-vous référer aux fiches techniques des actuateurs linéaires à réducteurs sur le site internet FAULHABER pour plus de détails sur ces produits, comme par exemples les rapport de réductions disponibles, les types de vis ou les options spéciales.



Image 7 : Actuateur linéaire 22L avec vis à bille

Références

- [1] S. Motor, D. Considerations, and C. Problems, "APPLICATION NOTE STEPPER MOTOR DRIVER CONSIDERATIONS," no. December 2003, pp. 1–11.
 - [2] "Lead Screw Efficiency." [Online]. Available: http://www.askitd.co.jp/eng/technical_info/feed_screw. [Accessed: 19-Jun-2013].
 - [3] "Better Soldering." [Online]. Available: http://www.elexp.com/t_solder.htm. [Accessed: 20-Jun-2013].
 - [4] "Eddy Currents." [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Eddy_current. [Accessed: 20-Jun-2013].
 - [5] "Stepper motor types." [Online]. Available: www.anaheimautomation.com. [Accessed: 18-Jun-2013].
 - [6] Trinamic, "TMC223 Datasheet." [Online]. Available: http://www.trinamic.com/tmctechlibcd/integrated_circuits/TMC223/TMC223_datasheet.pdf. [Accessed: 18-Jun-2013].
 - [7] "The right and wrong of soldering." [Online]. Available: http://karma-laboratory.com/petridish/2005/01/the_right_and_w.html. [Accessed: 20-Jun-2013].
-

Mentions légales

Les droits d'auteur : Tous droits réservés. Aucune partie de cette note d'application ne peut être copiée, reproduite, sauvegardée dans un système d'information, modifiée ou traitée de quelque manière que ce soit sans l'autorisation préalable écrite de la société Dr. Fritz Faulhaber & Co. KG.

Les droits de propriété industrielle : En publiant cette note d'application, l'entreprise Dr. Fritz Faulhaber & Co. KG n'accorde pas, expressément ou implicitement, de droits de propriété industrielle sur lesquels les applications et les fonctions de la note d'application décrites sont directement ou indirectement basées, ne transfère pas non plus de droits d'utilisation sur de tels droits de propriété industrielle.

Des données non contractuelles ; cette note d'application n'a pas de caractères engageants. Sauf indication contraire, la note d'application ne fait pas partie des contrats conclus par la firme Dr. Fritz Faulhaber & Co. KG. La note d'application est une description non engageante d'une application possible. En particulier, l'entreprise Dr. Fritz Faulhaber & Co. KG ne garantit pas que les processus et fonctions illustrés dans la note d'application peuvent toujours être exécutés et mis en œuvre comme décrit et qu'ils peuvent être utilisés dans d'autres contextes et environnements avec le même résultat sans tests ou modifications supplémentaires.

Aucune responsabilité : En raison du caractère non engageant de la note d'application, la société Dr. Fritz Faulhaber & Co. KG ne prend aucune responsabilité pour les pertes liées à cette note.

Les modifications de la note d'application : la firme Fritz Faulhaber & Co. KG se réserve le droit de modifier les notes d'application. La version actuelle de cette note d'application peut être obtenue auprès de l'entreprise Dr. Fritz Faulhaber & Co. KG en appelant le +49 7031 638 385 ou en envoyant un e-mail à mcsupport@faulhaber.de.