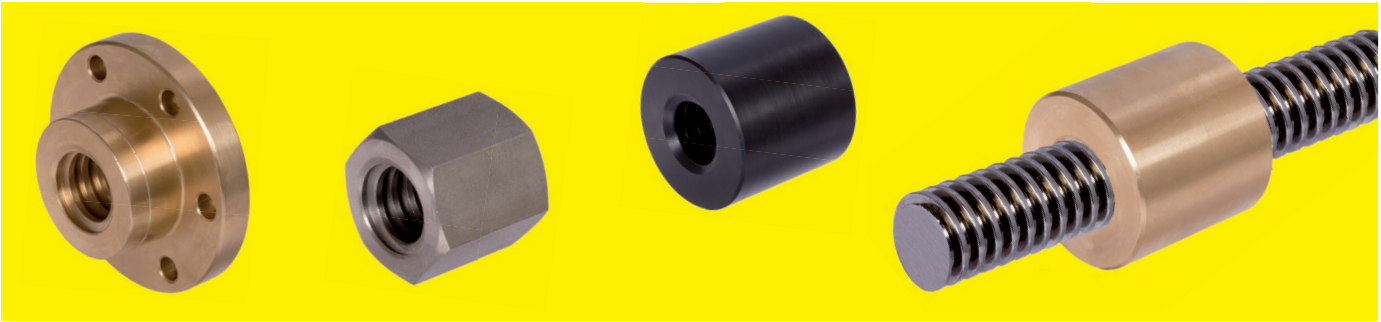
Entraînements par vis trapézoïdale DIN 103, vis et écrous - Description



Description générale
En raison de la forme de ses flancs, le filetage trapézoïdal convient idéalement pour les commandes de déplacement. Application : conversion d'un mouvement rotatif en un mouvement linéaire. Plus rarement : conversion d'un mouvement linéaire en un mouvement rotatif. En outre, le filetage trapézoïdal peut être utilisé comme système de verrouillage facile à défaire.

Forme de filetage version catalogue
Filetage métrique DIN ISO selon la norme DIN 103, angle de pression 15°.

Désignation d'une vis trapézoïdale DIN 103
Numéro DIN, abréviation pour le filetage trapézoïdal, diamètre extérieur x pas x longueur
Exemple : vis DIN 103 tr. 12 x 3 x 1000mm.

Procédé de fabrication
Les vis trapézoïdales version catalogue sont quasi toutes roulées. La fabrication par roulage de filetages des vis trapézoïdales est le procédé le plus économique pour la production en série. Grâce au formage sans enlèvement de copeaux, les vis trapézoïdales roulées présentent des propriétés avantageuses : une résistance accrue à la traction, une résistance accrue à l'usure, une résistance accrue à la flexion alternée, des flancs de filet brunis à pression, un profil minutieux, un sens des fibres intact et une résistance accrue à la corrosion. Lors du formage par roulage, une rainure est aménagée sur le diamètre extérieur. Cette rainure garantit la précision et la cylindricité du filetage. Elle n'a aucune influence sur la vis filetée car le filetage porte par le biais des flancs. Le filetage des écrous est taraudé.

Lubrification
Une marche à sec n'est pas autorisée. Pour le graissage, nous recommandons l'utilisation de graisses pour paliers à rouleaux conventionnelles. La consommation de lubrifiant dépend des conditions d'utilisation.

Vis version catalogue pages 515 - 517

Filet simple à droite et à gauche	acier C15	tr. 10 x 3 à tr. 70 x 10	**Page 515**
	acier inoxydable	tr. 10 x 3 à tr. 50 x 8	**Page 516**
Double filet à droite	acier C15	tr. 12 x 6P3 à tr. 40 x 14P7	**Page 517**
	acier inoxydable	tr. 12 x 6P3 à tr. 40 x 14P7	**Page 517**

Longueurs de stock : 1000mm, 1500mm, 2000mm, 3000mm.
Autres longueurs et matériaux ou exécutions selon les exigences des clients sur demande.

Écrous version catalogue pages 519 -524

- **Écrous cylindriques ou hexagonaux en acier C35Pb et en acier inoxydable 1.4305.**
  Pour des processus de serrage, de réglage manuel et comme écrou de fixation. Ne convient pas pour des entraînements de déplacement. Les écrous à filetage trapézoïdal en acier ou en acier inoxydable ont tendance à se gripper (soudage à froid) sur des vis en acier ou en acier inoxydable. Ils doivent être bien lubrifiés et ne peuvent être manœuvrés qu'à faible vitesse et très brièvement.
- **Écrous cylindriques ou écrous cylindriques à flasque en laiton rouge Rg7.**
  Pour des entraînements de déplacement à vitesse faible à moyenne et une durée d'enclenchement inférieure à 20%. En cas de manque de lubrifiant, présente des caractéristiques de tenue en surpuissance. Combinés à des vis trapézoïdales inoxydables, on obtient un engrenage à bonne résistance à la corrosion.
- **Écrous cylindriques à flasque en fonte grise GG25.**
  Idem écrous cylindriques à flasque en laiton rouge, avec cependant des caractéristiques de tenue en surpuissance restreintes, ne résistent pas à la corrosion.
- **Écrous cylindriques en plastique PA6.6 avec MoS2.**
  Pour des entraînements de déplacement silencieux. Vitesse périphérique maximum admissible $V_{max.}$ = 0,5 m/sec à faible charge. Bonnes caractéristiques de tenue à la surpuissance.

Les vis et les écrous sont fabriqués conformément à DIN 103.
L'absence de jeu (réglable) n'est possible que par le biais d'écrous divisés ou de deux écrous juxtaposables. **Vis trapézoïdales et écrous pour vis trapézoïdales sur base de dessins sur demande.**

Vis à billes pages 525

Unités de palier pour broches pages 474

Base de calcul pour entraînements par vis trapézoïdale

Couple d'entraînement requis pour un entraînement par vis trapézoïdale

Le couple d'entraînement requis au niveau de la vis trapézoïdale résulte de la charge axiale, du pas de la vis trapézoïdale ainsi que du rendement de l'entraînement par vis et des paliers. En cas de durées de démarrage brèves et de vitesses élevées, il faut en outre tenir compte du couple d'accélération et du couple d'arrachement au démarrage pour des guidages.

Procédure de calcul :

1) Détermination de l'angle d'inclinaison α sur base des tableaux / fiches DIN ou par calcul.

2) Détermination du coefficient de frottement μ sur base des tableaux.

3) Calcul de l'angle réel de frottement p'.

4) Calcul du rendement η.

5) Calcul du couple M_d.

Important : Il faut encore ajouter un facteur d'env. 10% pour les pertes dues à la disposition des paliers. Les frottements supplémentaires dus à des éventuels guidages linéaires et aux éventuels efforts de rotation sont à prendre en compte par un supplément approprié. Ceci peut également se faire lors du calcul de la puissance motrice.

Calcul :

1) Calculer l'angle d'inclinaison α à partir de :

$$\tan \alpha = \frac{P}{d_2 \cdot \pi}$$

2) Sélectionner le coefficient de frottement μ dans le tableau.
Voir tableau en bas de la page 514.

3) Calculer l'angle réel de frottement p' à partir de :

$$\tan p' \approx \mu \cdot 1{,}07$$

4) Calculer le rendement η :

$$\eta = \frac{\tan \alpha}{\tan (\alpha + p')}$$

5) Calculer le couple M_d en Nm :

$$M_d = \frac{F \cdot P}{2000 \cdot \pi \cdot \eta}$$

Couple résultant d'une charge axiale

De nombreux entraînements par vis trapézoïdale n'ont pas d'auto-blocage en raison de leur rendement, c.-à-d. que la présence d'une charge axiale entraîne un couple de vis. Dans un tel cas, le rendement est plus faible que lors de la conversion d'un mouvement de rotation en un mouvement de translation.

Procédure de calcul : identique à la conversion d'un mouvement de rotation en un mouvement de translation, cependant avec $M_d`$ et η'.

Calculer le rendement η' :

$$\eta' = \frac{\tan (\alpha - p')}{\tan \alpha}$$

Calculer le couple $M_d`$ en Nm :

$$M_d` = \frac{F \cdot P \cdot \eta'}{2000 \cdot \pi}$$

Légende

- α (alpha) correspond à l'angle d'inclinaison du filetage.
- η (eta) correspond au rendement pour la conversion d'un mouvement de rotation en un mouvement de translation.
- η' correspond au rendement pour la conversion d'un mouvement de translation en un mouvement de rotation.
- μ (mu) correspond au coefficient de frottement.
- π (pi) est $\approx$ 3,14.
- d_2 correspond au diamètre moyen des flancs.
- F correspond à la charge axiale totale dans N.
- M_d correspond au couple d'entraînement en bout de vis en Nm.
- $M_d`$ correspond au couple résultant de la charge axiale en Nm.
- n correspond à la vitesse de rotation en tr/min.
- P correspond au pas de vis en mm.
- p' correspond à l'angle réel de frottement.

Puissance motrice requise pour un entraînement par vis

La puissance (en kW) se calcule à partir du couple d'entraînement Md et de la vitesse de rotation de la vis n (en tr/min) :

Important : pour tenir compte des pertes dues à la disposition des paliers et autres pertes dues aux frottements ainsi que de la puissance requise pour l'accélération rotative, il faut sélectionner une puissance d'entraînement qui est de 60 à 100% au dessus de la valeur calculée.

Auto-blocage des entraînements par vis trapézoïdale

L'auto-blocage dépend du coefficient de frottement (défini par l'appariement des pièces vis / écrou, la qualité de surface, la lubrification) et de l'angle d'inclinaison. Si l'angle d'inclinaison est inférieur à l'angle de frottement, l'entraînement par vis est auto-bloquant.

Il faut distinguer l'auto-blocage dynamique de l'auto-blocage statique. Avec l'auto-blocage statique, un écrou au repos reste tant immobile qu'il n'est pas mis en mouvement par d'autres facteurs. Avec l'auto-blocage dynamique, un écrou en mouvement s'arrête dès qu'il n'est plus entraîné.

Théoriquement, tous les entraînements par vis décrits ici ont un auto-blocage statique car l'angle d'inclinaison est inférieur à l'angle de frottement, à l'exception des écrous en plastique. Cependant, même une vibration minime peut mettre l'écrou en mouvement. Seule la taille 70 x 10 a un auto-blocage dynamique car ce n'est que dans ce cas que l'angle d'inclinaison est suffisamment petit (coefficient de frottement 0,05 = 2,86°).

Attention : ces indications ne valent que si les coefficients de frottement dans le catalogue sont effectivement présents. Dans la pratique, des écarts sont possibles en raison de la qualité de surface, du type de lubrification et du lubrifiant lui-même. Prévoir un dispositif de blocage pour des raisons de sécurité. Combinées avec des écrous en plastique, toutes les vis décrites ne sont pas auto-bloquantes.

En raison de leur pas élevé, les entraînements par vis à filet double ne sont en général pas auto-bloquants.

Vitesse de rotation critique des vis trapézoïdales

Avec des vis fines et à rotation rapide, il y a un risque de vibrations de flexion de résonance. Le procédé décrit ci-dessous permet d'estimer la fréquence de résonance pour autant que l'assemblage soit suffisamment stable. Les vitesses de rotation proches d'un régime critique augmentent en outre de manière considérable le risque de flambage latéral – la vitesse de rotation critique est ainsi prise en compte dans le calcul de la longueur de flambage critique (voir paragraphe suivant « Charge de flambage critique ... »).

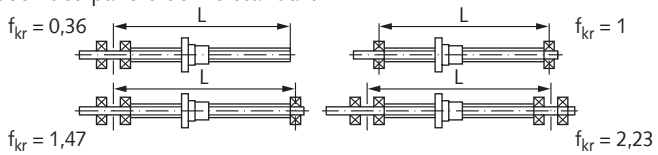
$n_{adm.} = n_{kr} \cdot f_{kr} \cdot c_k$

$n_{zul.}$ correspond à la vitesse de rotation de vis maximum admissible en tr/min.

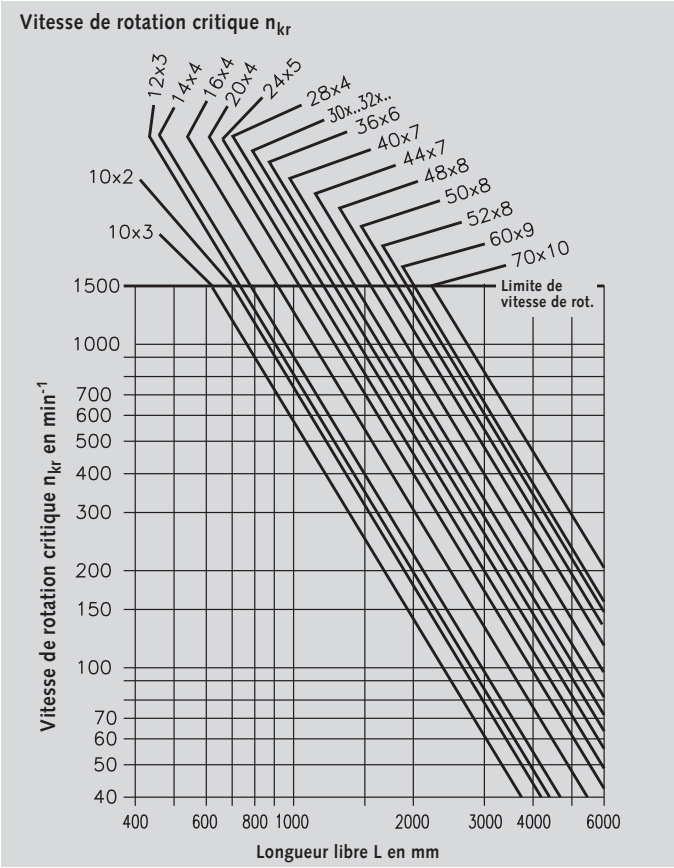
n_{kr} correspond à la vitesse de rotation de vis critique en tr/min – elle correspond à la vibration de flexion de base de la vis et entraîne des phénomènes de résonance.

f_{kr} est un facteur de correction qui tient compte du type de palier de vis. On suppose un assemblage suffisamment stable de la vis et du palier rigide.

Les dessins ci-dessous montrent 4 cas de figure classiques de f_{kr} pour des paliers de vis standard :



c_k ckr est un facteur de correction qui tient compte de l'influence de la charge de flambage critique. Il est judicieux de commencer par calculer $n_{kr} \cdot f_{kr}$ puis d'appliquer de manière arbitraire $n_{adm.}$ égal à la vitesse réelle de rotation n. Cela donne alors c_{kr} par rapport à $n/(n_{kr} \cdot f_{kr})$, avec lequel il est possible de déterminer la charge axiale maximum admissible d'après le diagramme c_k.



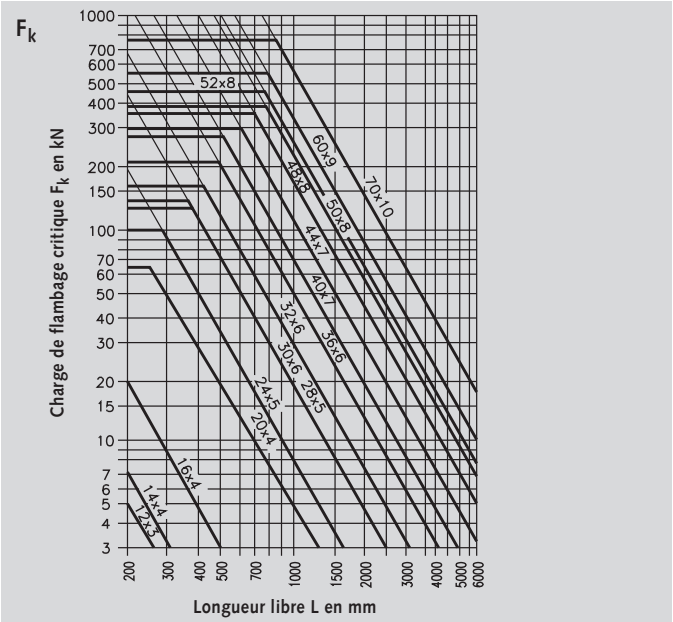
Charge de flambage critique des vis trapézoïdales

Avec des vis fines sous charge de compression, il y a un risque de flambage latéral. Avant de déterminer la force de compression admissible, il faut tenir compte de facteurs de sécurité appropriés pour l'installation.

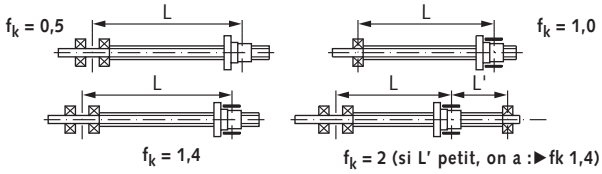
$F_{adm.} = F_k \cdot f_k \cdot c_k$

$F_{adm.}$ correspond à la force axiale maximum admissible (force de compression) sur la vis en kN.

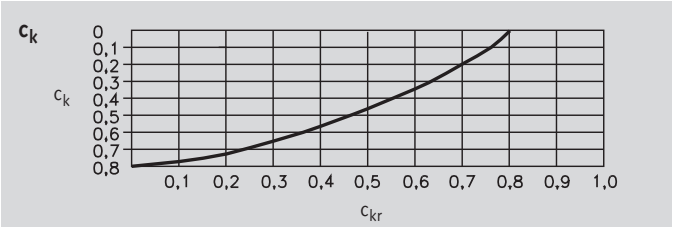
F_k Fk correspond à la charge de flambage critique en kN en fonction de la longueur libre L.



f_k est un facteur de correction qui tient compte du type de palier de vis. On suppose un assemblage suffisamment stable de la vis et du palier rigide. Le tableau ci-dessous montre 4 cas de figure classiques



c_k est un facteur de correction qui tient compte de l'influence de la vitesse de rotation critique.



c_{kr} se calcule comme suit : $c_{kr} = \frac{n}{n_{kr} \cdot f_k}$

n correspond à la vitesse réelle de rotation de la vis en tr/min

n_{kr} correspond à la vitesse critique de rotation de la vis en tr/min selon le diagramme ci-dessus.

f_k est le facteur de correction de la vitesse critique de rotation qui tient compte du type de palier de vis. Voir ci-dessus.

Base de calcul pour entraînements par vis trapézoïdale

Résistance

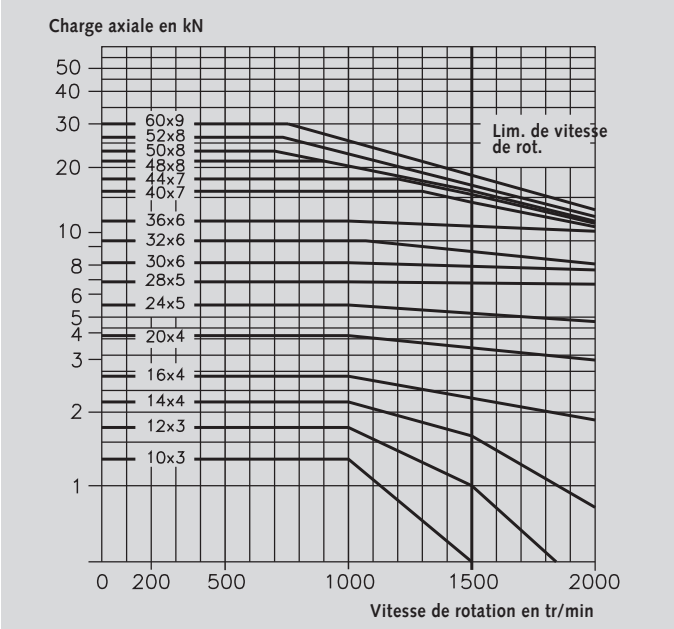
La résistance d'assemblages glissants dépend en général des matériaux en présence, de la qualité de surface, de l'état de rodage, de la lubrification, de la vitesse de glissement, de la température et de la durée d'enclenchement, des possibilités d'évacuation de la chaleur ainsi que du type de charge (constante, pulsatoire, alternée, par chocs ...).
Les diagrammes suivants permettent d'évaluer la charge axiale admissible en fonction de la vitesse de rotation des écrous à filetage trapézoïdal sur des vis trapézoïdales **roulées** dans des conditions d'exploitation moyennes.

Voir page 514 pour un tableau des charges d'écrous en acier C35.

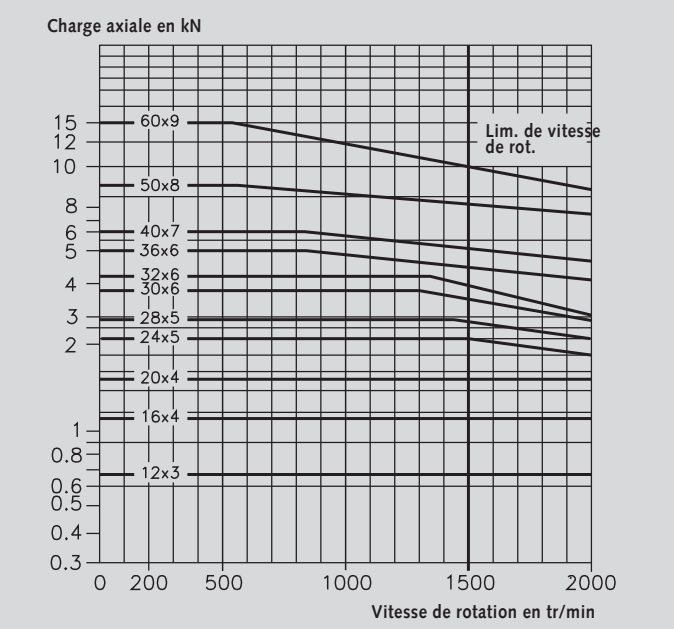
Durée d'enclenchement

Ce sont particulièrement les entraînements par vis trapézoïdale à filet simple qui transforment, en raison de leur faible rendement, la plus grande partie de leur puissance à l'arbre en chaleur qui est tout d'abord absorbée par la vis et l'écrou puis doit être évacuée. Avec une puissance moyenne et une brève durée d'enclenchement, la dissipation naturelle de la chaleur et la convection suffisent souvent mais dans le cadre d'un fonctionnement en continu, une grande capacité de refroidissement peut s'avérer utile.
Comme un calcul thermodynamique de ces problèmes est en général trop onéreux voire impossible, des calculs comparatifs sur base d'applications existantes constituent souvent la seule base valable.

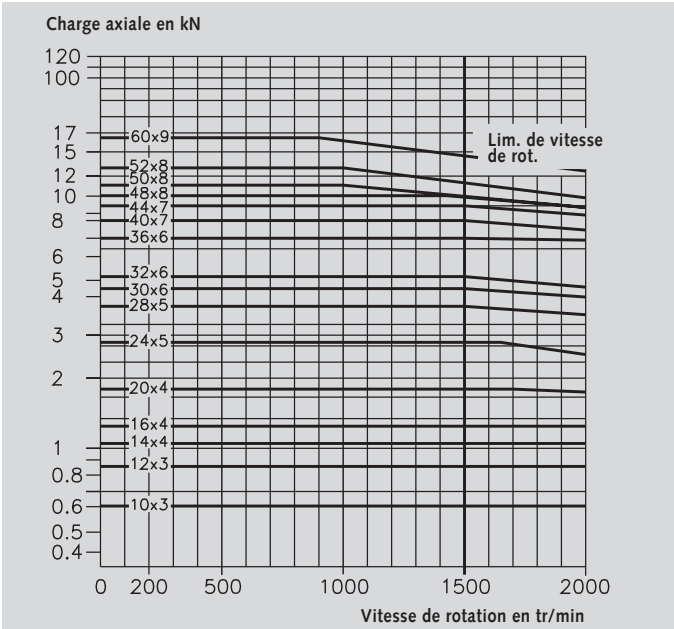
Écrous cylindriques en laiton rouge Rg7



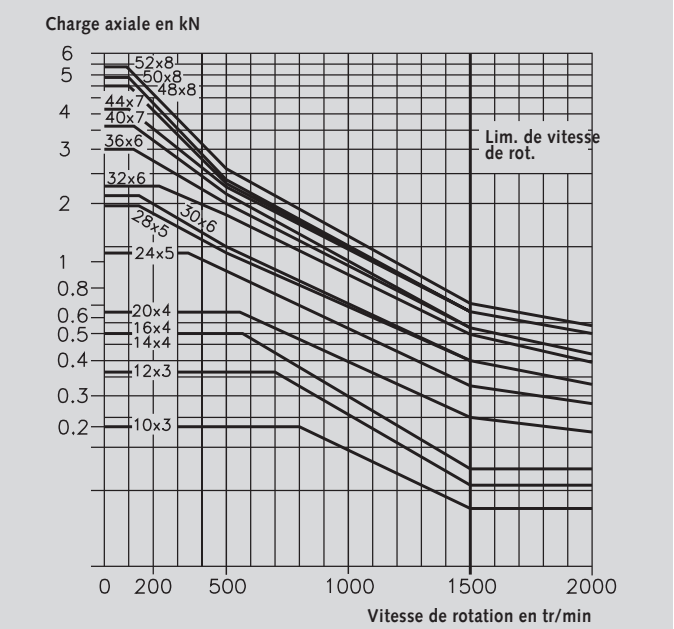
Écrous cylindriques en plastique



Écrous cylindriques à flasque en laiton rouge Rg7



Écrous cylindriques à flasque en fonte grise GG25



Avec des écrous à double filet, env. 80% de la charge axiale en kN sont admissibles.

Tableau des charges statiques pour écrous en acier à filet simple en kN

Capacité de charge statique maximum en kN pour des écrous à filetage trapézoïdal à filet simple en acier C35, avec une pression superficielle de 25 N/mm².

Les valeurs ne constituent aucune garantie. Selon l'application, prévoir un coefficient de sécurité de 1,5 à 6 (les valeurs du tableau doivent ainsi être divisées par 1,5 à 6).

En outre, la vis doit être contrôlée quant au flambage. Les facteurs clés sont ici la longueur de la vis et les paliers de la vis, voir page 512.

Avec une charge dynamique, la pression superficielle doit être de maximum 10 N/mm².

Avec des écrous à double filet, env. 80% de la charge axiale en kN sont admissibles

Filetage trapézoïdal Ø x pas mm	Longueur avec h= 1,5 x d mm	Capacité de charge avec h= 1,5 x d kN	Longueur avec h= 2 x d mm	Cap. charge avec h= 2 x d kN
10 x 3	15	3,6	20	4,8
12 x 3	18	5,3	24	7,0
14 x 4	21	6,9	28	9,3
16 x 4	24	9,2	32	12,3
18 x 4	27	11,8	36	15,8
20 x 4	30	14,8	40	19,8
24 x 5	36	21,2	48	28,3
28 x 5	42	29,2	56	38,9
30 x 6	45	33,4	60	44,5
32 x 6	48	35,8	64	47,8
36 x 6	54	48,9	72	65,3
40 x 7	60	60,2	80	80,3
44 x 7	66	73,1	88	97,5
48 x 8	72	87,2	96	116,3
50 x 8	75	94,9	100	126,5
52 x 8	78	102,9	104	137,3
60 x 9	90	137,3	120	183,0
70 x 10	105	211,3	-	-

PA6.6 avec MoS2, un polyamide spécial compatible avec des écrous à filetage trapézoïdal

Propriétés du matériau

Par rapport à d'autres matières plastiques, cet alliage pour palier antifriction présente une résistance à l'usure nettement plus élevée. La pression superficielle spécifique est de 35 N/mm² à 23°C/50% HR. Les écrous filetés en PA6.6 sont moins sensibles aux chocs que les écrous en Rg et en GG. De plus, le matériau développe moins de bruit que le RG ou la GG et il augmente la durée de fonctionnement.

Propriétés	Unités de mesure	Plastique PA6.6 avec MoS2
Résistance à la traction	N/mm²	90 (82)
Allongement à la rupture	%	20 (70)
Module d'élasticité	N/mm²	3600 (1500)
Résistance à la compression avec 1% écrasement	N/mm²	37
Résilience	kJ/m²	3,35 (>10)
Dureté Shore D	D	80 - 90
Coefficient de dilatation thermique linéaire	10^{-6}/°C	63
Conductibilité thermique	W/mk	0,21
Rés. à la pression therm.	0,46 N/mm² °C	204 - 254
Point de fusion	°C	260
Résistance spécifique	ž cm	$>10^{13}$ (10^{12})
Constante diélectrique	-	3,6 (5,1)
Facteur de perte	-	0,03 (0,2)
Absorption d'humidité 24 h	%	0,5 - 1,3
Absorption d'humidité max.	%	6 - 8

Les valeurs s'appliquent à une teneur en eau inférieure à 0,2%, valeurs entre parenthèses ( ) avec climat standard 23°C/50% HR. Résistance chimique à tous les solvants, lubrifiants, hydrocarbures, cétones, solutions aqueuses et bases pH5-pH11. Ne résiste pas chimiquement aux phénols, crésols, acides formiques, acides minéraux concentrés et alcalis, oxydants y compris halogènes.

Comportement à l'usure

Les assemblages usuels (vis filetée en acier, écrou en fonte GG ou en bronze) causent l'usure de la vis et de l'écrou. Par contre, des écrous en matière plastique n'attaquent pas la vis de sorte qu'en cas d'usure intempestive, il ne faille remplacer que l'écrou. On peut ainsi renoncer à la trempe de la vis en cas d'appariement acier / plastique.

Fixation de l'écrou en plastique

L'écrou en plastique peut être pressé dans le carter avec une surcote de 0,1 - 0,2 mm. Il peut être protégé contre la torsion et le glissement à l'aide d'éléments usuels dans la construction mécanique. De même, l'écrou peut être protégé par un flasque fixé sur la face frontale.

Attention : la surcote d'insertion est reportée 1:1 sur le diamètre intérieur, ce qui réduit le jeu en conséquence.

Remarque

En cas de charges élevées et d'applications extrêmes, veuillez nous consulter.

Maintenance

Les écrous ne doivent être graissés que lors du premier montage, ils sont exempts de maintenance dans la suite. Pour accroître la durée de fonctionnement des écrous, on peut procéder à des graissages d'appoint. Toute graisse sans molykote peut être utilisée.

Tolérances

Côté écrou, le jeu entre dents est maintenu à la limite supérieure de la tolérance à l'opposé des autres écrous à filetage trapézoïdal, car le plastique se dilate de cette valeur lorsqu'il s'échauffe.

Comparaison des coefficients de glissement

Vis / écrou	Statique		Dynamique		Tenue en
	sec	lubrifié à l'huile	sec	lubrifié à l'huile	surpuissance
acier / acier	0,33	0,10	0,15	0,05	aucune
acier / fonte grise	0,20	0,10	0,10	0,05	limitée
acier / laiton rouge	0,20	0,10	0,10	0,05	bonne
acier / PA6.6	0,10	0,04	0,10	0,01-0,04	très bonne
acier inox / acier inox	0,33	0,1	0,15	0,05	aucune
acier / acier inox	0,33	0,1	0,15	0,05	aucune

Modifications possible dans 24h. Exécutions spéciales sur demande.