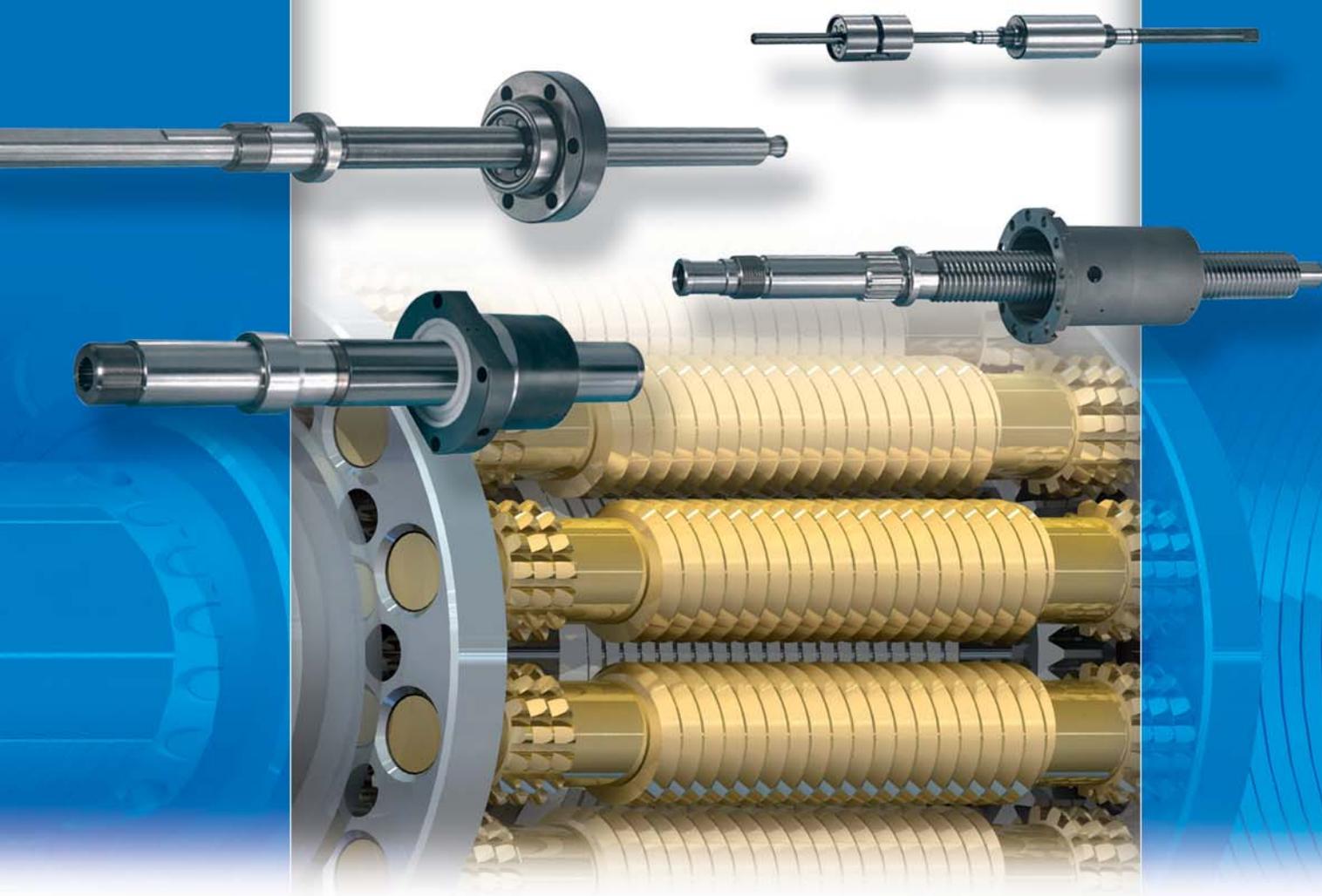


Vis à rouleaux satellites Rollvis

● Généralités / Comparaison vis à rouleaux satellites/vis à billes Les différents types de vis à rouleaux	2 - 3
● Géométrie et forme d'écrous	3
● Le rendement : Avantages / Applications Désignation / numérotation	4
● Conseils et classes de précision	5
● Calculs :	
- Vitesse et charge axiale moyennes / Précharge	6
- Durée de vie / Rigidité	7
- Vitesse de rotation / Couple d'entraînement	8 - 9
● Exemple de calcul	10
● Lubrification	11



● Généralités

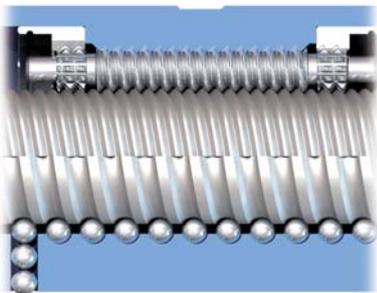
Les vis à rouleaux satellites **ROLLVIS** sont utilisées pour transformer des mouvements de rotation en déplacements linéaires et réciproquement. Les éléments de roulement sont des rouleaux filetés disposés entre la vis et l'écrou. Le grand nombre de points de contact permet à la vis à rouleaux satellites de supporter de très fortes charges.

● Comparaison vis à rouleaux satellites/vis à billes

La vis à rouleaux satellites est similaire à la vis à billes à la différence près que **les éléments de transfert de charge sont des rouleaux filetés**. L'avantage principal de la vis à rouleaux satellites : elle possède **un grand nombre de points de contact** pour transférer la charge.

Capacité de charge et durée de vie

L'avantage principal de la vis à rouleaux comparé à la vis à billes réside dans le fait que les capacités de charge statique et dynamique admissibles sont plus élevées. Les rouleaux filetés assurant la fonction de roulement à la place des billes, la charge est partagée par un plus grand nombre de points de contact.



Les vis à rouleaux satellites, comme les vis à billes suivent la loi de Hertz.

La pression Hertzienne admissible est la même pour les vis à rouleaux satellites et pour les vis à billes. Ainsi, les vis à rouleaux satellites ont une charge statique plus de 3 fois supérieure à celle d'une vis à billes. Leur durée de vie est environ 15 fois supérieure à celle d'une vis à billes.

● Les différents types de vis à rouleaux

Les vis RV et BRV



Les principaux éléments **des vis à rouleaux satellites RV et BRV** sont la vis, l'écrou et les rouleaux satellites.

La vis filetée présente un filetage à entrées multiples. L'angle sur flancs est de 90° et le profil est triangulaire. L'écrou possède un filetage intérieur identique à celui de la vis. Les rouleaux possèdent un filetage à une entrée, dont l'angle d'hélice correspond à celui de l'écrou. Il ne se produit ainsi aucun déplacement axial entre l'écrou et les rouleaux. Une recirculation des rouleaux n'est donc pas nécessaire.

Les flancs du filet des rouleaux sont bombés. Les rouleaux présentent à chaque extrémité un pivot cylindrique et une denture. Les pivots sont montés dans les alésages des porte-rouleaux. Les rouleaux sont ainsi maintenus à des distances régulières. Les porte-rouleaux sont disposés flottants dans les écrous et sont maintenus axialement par des joncs.

Les dentures des rouleaux s'engrènent dans celles des couronnes fixées dans l'écrou. Les rouleaux sont ainsi guidés parallèlement à l'axe et un parfait fonctionnement est assuré.

Le programme de vente d'Elitec comprend des vis à rouleaux satellites sans recirculation des rouleaux (types **RV** et **BRV**) et avec recirculation des rouleaux (type **RVR**), cela en différentes classes de précision.

D'autres types tels que la vis à rouleaux inverse (type **RVI**) ou la vis différentielle (type **RVD**) font également partie de la gamme Elitec.

Vitesse & accélération

La vis à rouleaux satellites est capable de fonctionner sous de plus grandes vitesses de rotation et de subir de plus importantes accélérations.

Par la nature du design RV et BRV de la vis à rouleaux satellites, les rouleaux ne sont pas recirculés. Le mécanisme est donc capable de supporter des vitesses de rotation 2 fois supérieures à celles de la vis à billes. Des accélérations jusqu'à 3 g sont acceptables.

Pas et pas apparent

La vis à rouleaux satellites peut être réalisée avec des pas plus petits comparativement à la vis à billes.

Fonction du pas apparent de la vis à rouleaux satellites, le pas peut être très petit (0.5 mm, voire moins).

La vis à rouleaux satellites peut avoir des pas correspondant à des chiffres entiers ou à des nombres réels (ex : pas de 3.32 mm par tour), ceci dans le but d'éviter un réducteur. C'est un avantage comparé à la vis à billes. Le choix du pas est libre, il peut être réalisé sans modification particulière de la géométrie de l'écrou ou de la vis. Dans le cadre de la vis à billes, le pas est limité par le diamètre des billes, qui est un composant standard.

Rigidité & robustesse

Grâce aux nombreux points de contact, la rigidité et la tolérance aux chocs sont augmentées pour une vis à rouleaux satellites par rapport à une vis à billes.

Les vis RVR



Les vis à rouleaux satellites RVR présentent des pas très fins et sont utilisées lorsqu'on a besoin d'une très grande précision de positionnement associée à une grande rigidité et à une capacité de charge élevée. Les principaux éléments des vis à rouleaux satellites RVR sont la vis, l'écrou et les rouleaux qui sont guidés et maintenus à distance dans une cage.

La vis possède un filet à une ou deux entrées avec un profil triangulaire. L'angle sur flancs est de 90°. L'écrou possède un filetage identique au filetage de la vis. Les rouleaux ne possèdent pas un filet, mais des gorges disposées perpendiculairement à l'axe de la vis. La distance entre les gorges correspond au pas apparent de la vis et de l'écrou. Les flancs sont bombés et l'angle entre les flancs est de 90°.

Lors d'une rotation de la vis ou de l'écrou, les rouleaux se déplacent axialement dans l'écrou. Après un tour complet, chaque rouleau est ramené dans la position initiale par deux cames fixées aux extrémités de l'écrou. Cette recirculation des rouleaux est rendue possible par une rainure longitudinale dans l'écrou.

Les logements de la cage sont un peu plus longs que les rouleaux, afin de permettre le déplacement axial de ceux-ci dans l'écrou.

La vis RVI



Les vis à rouleaux satellites **RVI** présentent un principe identique aux vis RV et BRV. Cependant, la construction se singularise par une inversion du système de l'écrou.

En effet, les rouleaux tournent sur eux-mêmes autour de la vis (au lieu de l'écrou sur les vis RV et BRV) et se déplacent axialement dans l'écrou. Hormis la partie filetée de la vis où gravitent les rouleaux, la tige est lisse ou peut avoir une forme spéciale (exemple : antirotation).

L'écrou fileté sur toute la longueur est beaucoup plus long que sur les vis RV et BRV.

Il détermine la course globale de la vis complète qui peut donc être limitée dans certains cas.

La vis RVD



La vis différentielle **RVD** est en fait une variante des vis RV et BRV. Ses composants, judicieusement calculés puis ajustés, permettent de réaliser des pas extrêmement fins (inférieurs à 0,02 mm).

Le déplacement des rouleaux dans ce mécanisme quelque peu complexe ôte toutefois la possibilité d'obtenir des courses importantes.

Les dimensions de l'écrou sont plus grandes que sur les types RV, BRV.

● Géométrie et forme d'écrous

Les vis à rouleaux satellites sont livrables en version standard dans 3 exécutions d'écrous, soit :

- écrou simple (**ES**)
- écrou fendu (**EF**)
- écrou double (**ED**)

Les écrous simples présentent un jeu axial faible de 0,01 à 0,03 mm. L'écrou cylindrique fendu est préchargé dans le boîtier en comprimant les deux demi-écrous. Afin de respecter la précharge prévue, une entretoise ajustée avec précision en usine est disposée entre les deux demi-écrous. Dans le cas d'un écrou fendu avec flasque à l'extrémité, celui-ci est préchargé en extension par une entretoise. Les deux parties de l'écrou sont alignées par une clavette parallèle. La précharge des écrous doubles se réalise de la même manière que celle des écrous fendus.



ÉCROUS SIMPLES

- Écrous en une seule pièce avec jeu axial
- Racleurs (disponibles sur demande du client)



ÉCROUS FENDUS

- Écrous en deux pièces, préchargés, sans jeu axial
- Mêmes dimensions que les écrous simples
- Capacités de charges réduites
- Racleurs (disponibles sur demande du client)



ÉCROUS DOUBLES

- Deux écrous simples préchargés, sans jeu axial
- Mêmes capacités de charges que les écrous simples
- Longueur environ doublée
- Racleurs (disponibles sur demande du client)

Formes de flaques

Forme A

Forme B



Le rendement

Les vis à rouleaux satellites Rollvis atteignent un rendement mécanique élevé. La figure ci-contre présente les rendements η_1 pour la montée et η_2 pour la descente, en fonction de l'angle d'hélice. On a indiqué, pour comparer, le rendement d'une vis

à filet trapézoïdal. La vis à rouleaux satellites, contrairement à une vis de frottement, n'est pas autobloquante.

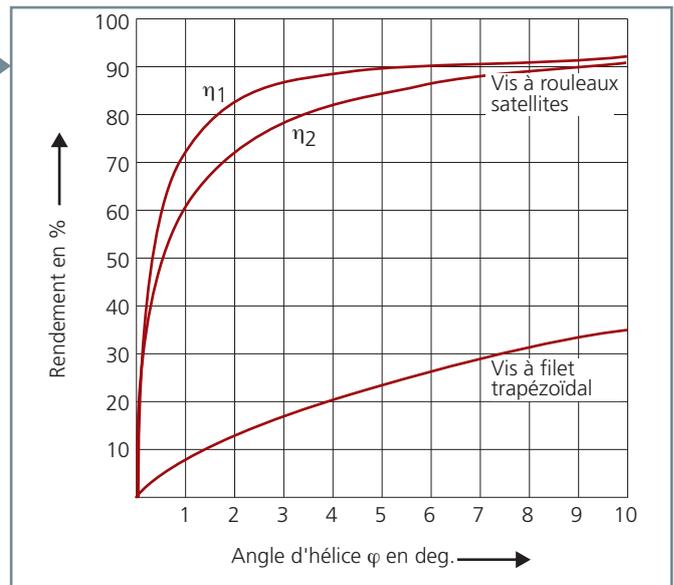
Les avantages

- Charge axiale élevée
- Longue durée de vie
- Rendement élevé
- Élimination du jeu
- Rigidité très élevée
- Précision jusqu'à 6 $\mu\text{m}/300\text{ mm}$
- Vitesse de rotation élevée (système RV et BRV)
- Petits pas (à partir de 0,25 mm) avec grands diamètres (système RVR)
- Accélération et décélération élevées

Les applications

Les vis à rouleaux satellites Rollvis ont prouvé leur supériorité dans de nombreux domaines d'application tels que :

- Machines outils
- Machines à mesurer
- Machines spéciales (plieuses, cintruses)
- Robotique
- Aéronautique (avions et hélicoptères)
- Spatial (fusées et satellites)
- Défense (chars, canons, missiles, etc.)
- Pétrole
- Nucléaire
- Médical
- Chimique
- Optique
- Télescopes
- Graphique
- Machines laser
- Presses à injecter
- Industrie automobile



Désignation / numérotation

Exemple

RV 2 1 0 / 30. 5. R 3. 600 000

Exécution : **RV** = vis rectifiée, sans recirculation des rouleaux
BRV = vis roulée, sans recirculation des rouleaux
RVR = vis rectifiée, avec recirculation des rouleaux
RVI = vis rectifiée - système inverse
RVR = vis rectifiée - vis différentielle

Types d'écrou : **1** = écrou simple
2 = écrou fendu
3 = écrou double

Exécution de l'écrou : **1** = écrou cylindrique
6 = écrou avec flasque à une extrémité
7 = écrou avec flasque central
8 = écrou exécution spéciale

Étanchéité : **0** = sans racler
1 = avec racler

Diamètre de vis d_0 : indication en mm

Pas nominal P : indication en mm

Sens du filet : **R** = à droite
B = 1 filet à droite et 1 filet à gauche
L = à gauche

Précision du pas : **G1** = 6 $\mu\text{m}/300\text{ mm}$
G3 = 12 $\mu\text{m}/300\text{ mm}$
G5 = 23 $\mu\text{m}/300\text{ mm}$
G9 = 200 $\mu\text{m}/1000\text{ mm}$ (seulement pour BRV)

Numéro à 6 chiffres définissant la **spécification du client**

Conseils

Montage

Autant que possible, éviter de sortir l'écrou de la vis. Si toutefois cela devait être nécessaire, veillez à utiliser une douille de montage.

Diamètre extérieur d_3 de la douille de montage :

$$d_3 = d_2 - 0,05 \quad (d_2 = \text{diamètre du noyau de la vis})$$

ATTENTION

Les vis RV possèdent toujours un filetage à entrées multiples. Si l'on constate lors du remontage de l'écrou que le couple de frottement à vide s'est modifié, il faut démonter l'écrou encore une fois et le remettre en place en décalant d'une entrée de filet !

Montage de la vis

Au montage de la vis, les points suivants doivent être observés :

- 1 • Aligner au mieux l'axe de la vis et les glissières du chariot.
- 2 • Fixer l'écrou.
- 3 • Parcourir toute la longueur filetée avec l'écrou afin de vérifier le bon fonctionnement de la vis.

Manutention

Nous vous prions de lire attentivement les présentes indications de manutention. Pour garantir une utilisation optimale et une grande longévité aux vis à rouleaux satellites, les points suivants doivent être scrupuleusement respectés. En cas de doutes, nous vous prions de contacter Elitec.



Lubrification ► Les vis à rouleaux satellites sont graissées avant leur expédition (pour autant qu'une lubrification à l'huile ne soit pas demandée). Ne pas enlever cette graisse. **Pour tout graissage ultérieur veillez à utiliser exclusivement le même type de graisse.**



Transport ► Veillez à manipuler les vis avec beaucoup de soin : ne pas les laisser tomber, ne pas endommager le filetage.



Montage ► Ne pas dévisser l'écrou (ou uniquement avec une douille de montage). Aligner soigneusement les vis à rouleaux satellites parallèlement aux glissières. Des erreurs d'alignement conduisent à l'endommagement des GRT.



Stockage ► Ne sortir les vis à rouleaux satellites de leur emballage d'origine que juste avant leur montage.



Flexion ► Eviter toute charge radiale sur l'écrou.

Précision

Les vis à rouleaux satellites sont réparties dans des classes de tolérances tirées des normes **DIN 69051**, partie 3 (vis à billes). L'écart du pas V_{300p} , qui se rapporte à une longueur filetée de 300 mm, sert de référence. Ci-dessous les classes de tolérances :

Cl. de tolérance	V_{300p}
G1	6 $\mu\text{m}/300\text{mm}$
G3	12 $\mu\text{m}/300\text{mm}$
G5	23 $\mu\text{m}/300\text{mm}$
G9	200 $\mu\text{m}/1000\text{mm}$

Les GRT destinées aux positionnements sont disponibles dans les classes de tolérance **G1**, **G3**, **G5** et celles destinées aux systèmes de transport (type BRV) dans la classe de tolérance **G9**.

Erreur de pas

L'erreur de pas e_p , rapportée à la course utile L_u se calcule selon la formule suivante pour les GRT de transport :

$$e_p = 2 \cdot \frac{L_u}{1000} \cdot V_{300p}$$

Les erreurs de pas e_p des GRT de positionnement sont indiquées dans le tableau ci-contre. Pour les classes de tolérance **G1** et **G3**, des diagrammes de pas et de couple sont joints à toutes les vis livrées.

Le contrôle du pas est réalisé sur une machine de mesure 3D ou sur un banc de mesure muni d'un interféromètre à laser

Symboles concernant la précision de pas selon DIN 69051/3

- P ► pas nominal
- e_0 ► différence entre le pas demandé et le pas nominal
- V_{300p} ► variation entre le pas réalisé et le pas nominal sur 300 mm
- e_p ► variation entre le pas réalisé et le pas nominal sur une longueur L_u
- V_{up} ► variation de déplacement sur une longueur L_u
- $V_{2\pi p}$ ► variation de déplacement sur une rotation
- L_u ► course utile

L_u (course utile)		Ep en microns pour la classe de tolérance		
au dessus de	jusqu'à	G1	G3	G5
	315 mm	6	12	23
315 mm	400 mm	7	13	25
400 mm	500 mm	8	15	27
500 mm	630 mm	9	16	30
630 mm	800 mm	10	18	35
800 mm	1000 mm	11	21	40
1000 mm	1250 mm	13	24	46
1250 mm	1600 mm	15	29	54
1600 mm	2000 mm			65
2000 mm	2500 mm			77
2500 mm	3150 mm			93

Calculs

Vitesse et charge axiale moyennes

Dans le cas d'une vitesse et d'une charge variables, il faut utiliser pour le calcul de la durée de vie des valeurs moyennes n_m et F_m .

Dans le cas d'une vitesse variable et d'une charge constante avec la vitesse n , on admet la vitesse moyenne n_m (figure a).

$$n_m = \frac{q_1}{100} \cdot n_1 + \frac{q_2}{100} \cdot n_2 + \dots [\text{min}^{-1}]$$

Dans le cas d'une charge variable avec une vitesse constante, on admet la charge moyenne F_m (figure b).

$$F_m = \sqrt[3]{F_1^3 \cdot \frac{q_1}{100} + F_2^3 \cdot \frac{q_2}{100} + \dots} [\text{N}]$$

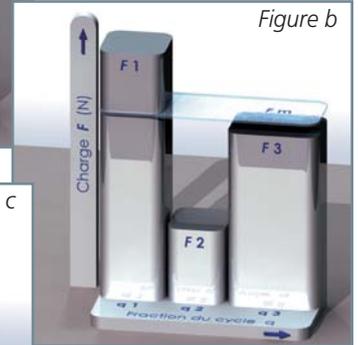
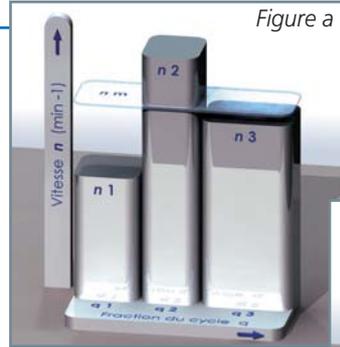
Dans le cas d'une charge variable avec une vitesse variable, on admet la charge moyenne F_m .

$$F_m = \sqrt[3]{F_1^3 \cdot \frac{q_1}{100} \cdot \frac{n_1}{n_m} + F_2^3 \cdot \frac{q_2}{100} \cdot \frac{n_2}{n_m} + \dots} [\text{N}]$$

Dans le cas d'une charge variant linéairement avec une vitesse constante, on admet la charge moyenne F_m (figure c).

$$F_m = \frac{F_{\min} + 2 \cdot F_{\max}}{3} [\text{N}]$$

où : n_m [min⁻¹] : vitesse moyenne
 $n_1 \dots n_n$ [min⁻¹] : vitesses particulières
 $q_1 \dots q_n$ [%] : parts temporelles



F_m [N] : charge moyenne
 $F ; F_1 \dots F_n ; F_{\min} ; F_{\max}$ [N] : forces effectives

Précharge

Pour éliminer le jeu axial et pour augmenter la rigidité, on utilise des écrous préchargés.

La précharge doit être judicieusement choisie afin d'atteindre le meilleur rendement et la plus grande durée de vie possible (voir figure ci-contre).

Pour déterminer la charge moyenne F_m avec l'écrou préchargé, il faut prendre en considération, en plus des charges partielles $F_1 \dots F_n$, également la précharge F_v . On en tire les nouvelles charges partielles $F_{1v} \dots F_{nv}$.

Si l'on exige par exemple une absence de jeu pour toutes les charges appliquées, la précharge F_v devra être choisie selon la charge maximale F_{\max} .

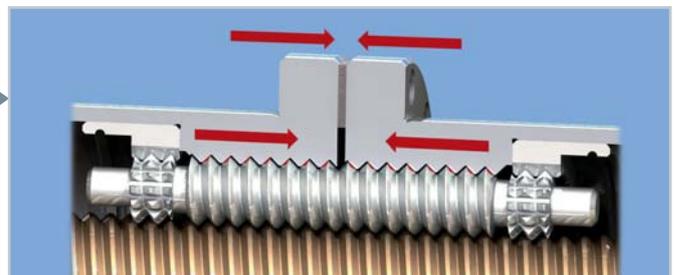
$$F_v = \frac{F_{\max}}{2,83} [\text{N}]$$

Si une vis à rouleaux satellites doit être prévue sans jeu pour une charge donnée, la précharge F_v devra être choisie selon la charge correspondante F_n .

$$F_v = \frac{F_n}{2,83} [\text{N}]$$

Sans indication du client, les écrous fendus et doubles sont préchargés en version standard à 5 % de la capacité de charge dynamique.

où : $F_1 \dots F_n$ [N] : charges partielles
 F_v [N] : force de précharge
 F_{nv} [N] : charge résultant de la charge partielle et de la précharge
 F_{ma} [N] : charge moyenne en considérant la précharge



Charge résultante en fonction de la précharge F_v

Une charge axiale sur un système d'écrou préchargé augmente la charge d'une des moitiés d'écrou et diminue celle de l'autre par rapport à la précharge. La charge résultante peut être déterminée sommairement selon les équations suivantes.

Moitié d'écrou chargé :

$$F_{nv(1)} = F_v + 0,65 \cdot F_n \quad [\text{N}] \quad \text{si} \quad F_n < 2,83 \cdot F_v \quad [\text{N}]$$

$$F_{nv(1)} = F_n \quad [\text{N}] \quad \text{si} \quad F_n \geq 2,83 \cdot F_v \quad [\text{N}]$$

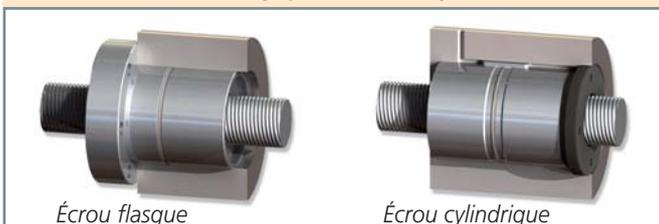
Moitié d'écrou déchargé :

$$F_{nv(2)} = F_v - 0,35 \cdot F_n \quad [\text{N}] \quad \text{si} \quad F_n < 2,83 \cdot F_v \quad [\text{N}]$$

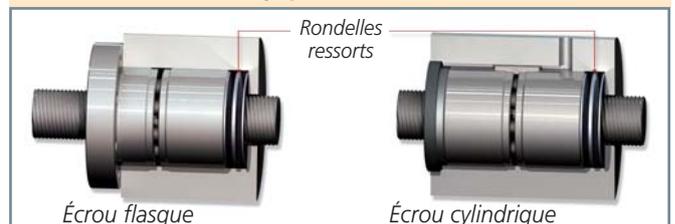
$$F_{nv(2)} = 0 \quad [\text{N}] \quad \text{si} \quad F_n \geq 2,83 \cdot F_v \quad [\text{N}]$$

Exemples de précharge

Précharge par entretoise rigide



Précharge par rondelles ressorts



Durée de vie nominale

On entend par la durée de vie nominal L_{10} , respectivement L_h , la longévité d'une vis à rouleaux satellites qui peut être atteinte avec une probabilité de 90 %.

Si une fiabilité meilleure est exigée, la durée nominale L_{10} , respectivement L_h , doit être multipliée par le facteur de fiabilité f_r (tableau ci-contre).

Durée modifiée : $L_n = L_{10} \cdot f_r$ [tours]

respectivement $L_{hn} = L_h \cdot f_r$ [h]

Fiabilité %	f_r
90	1
95	0,62
96	0,53
97	0,44
98	0,33
99	0,21

Durée de vie nominale des écrous simples (avec jeu)

La durée de vie nominale des écrous simples se calcule d'après la formule suivante :

$$L_{10} = \left(\frac{C}{F_m} \right)^3 \cdot 10^6 \quad [\text{tours}]$$

respectivement $L_h = \frac{L_{10}}{n_m \cdot 60}$ [h]

Si la durée de vie est prescrite, la capacité de charge dynamique se calcule de la manière suivante :

$$C = F_m \cdot \sqrt[3]{\frac{L_{10}}{10^6}} \quad [\text{N}]$$

Pour le calcul de la durée de vie en heures effectives L_{hN} , on applique la formule suivante :

$$L_{hN} = \frac{L_h}{f_N} \quad [\text{h}]$$

La facteur d'efficacité f_N se calcule comme suit :

$$f_N = \frac{\text{Durée de vie de la vis à rouleaux satellites}}{\text{Durée de vie attendue de la machine}}$$

où : L_n [tours] : durée modifié (tours)
 L_{hn} [h] : durée modifiée (heures)
 L_{10} [tours] : durée nominale (tours)
 L_h [h] : durée nominale (heures)
 L_{hN} [h] : durée en heures effectives
 f_r [-] : facteur de fiabilité

Durée de vie nominale des écrous préchargés

Pour les écrous préchargés, il faut calculer, avec la capacité de charge dynamique correspondante C et la charge axiale moyenne F_{ma} (en considérant la précharge), la durée de vie pour chaque moitié d'écrou. On obtient avec les deux valeurs de durée de vie $L_{10(1)}$ et $L_{10(2)}$ (en tours) la durée de vie globale L_{10} de l'écrou préchargé.

$$L_{10(1)} = \left(\frac{C}{F_{ma(1)}} \right)^3 \cdot 10^6 \quad [\text{tours}]$$

$$L_{10(2)} = \left(\frac{C}{F_{ma(2)}} \right)^3 \cdot 10^6 \quad [\text{tours}]$$

$$L_{10} = \left(L_{10(1)}^{-10/9} + L_{10(2)}^{-10/9} \right)^{-9/10} \quad [\text{tours}]$$

C [N] : capacité de charge dynamique
 F_m [N] : charge moyenne (écrou simple avec jeu)
 F_{ma} [N] : charge moyenne (écrou préchargé)
 n_m [min⁻¹] : vitesse moyenne
 f_N [-] : facteur d'efficacité

Rigidité d'une vis à rouleaux satellites

La rigidité globale C_{ges} d'une vis à rouleaux satellites se compose des rigidités partielles suivantes :

C_{me} rigidité de l'écrou C_L rigidité des paliers
 C_{Sp} rigidité de la vis C_U rigidité de la construction environnante

Rigidité C_{me} de l'écrou

La rigidité C_{me} de l'ensemble de l'écrou de la vis à rouleaux satellites peut être déterminée approximativement avec la formule suivante :

$$C_{me} = f_m \cdot f_K \cdot F_n^{1/3} \quad [\text{N}/\mu\text{m}]$$

f_m pour écrou simple ES = 0,75

f_m pour écrou fendu EF = 1

f_m pour écrou double ED = 1,5

On a fixé pour les valeurs de C_{me} indiquées dans le tableau avec une précharge standard, la condition suivante pour F_n :

$$F_n = 2,83 \cdot F_v \quad [\text{N}]$$

Rigidité C_s de la vis

La rigidité C_s de la vis peut être déterminée avec la formule simplifiée suivante :

$$C_s = 164 \cdot \frac{d_0^2}{L} \quad [\text{N}/\mu\text{m}]$$

où : F_v [N] : force de précharge
 F_n [N] : charge axiale
 C_{me} [N/ μm] : rigidité de l'écrou
 C_s [N/ μm] : rigidité de la vis
 f_k [N^{2/3}/ μm] : facteur de rigidité

Force admissible de flambage F_{knzul} pour une vitesse de rotation $n = 0$

Pour déterminer la force admissible de flambage, on se sert de la formule suivante :

$$F_{knzul} = 0,8 \cdot 101,6 \cdot f_{kn} \cdot \frac{d_0^4}{L^2} \quad [\text{kN}]$$



Cas 1 : $f_{kn} = 0,25$



Cas 3 : $f_{kn} = 2,0$



Cas 2 : $f_{kn} = 1,0$



Cas 4 : $f_{kn} = 4,0$

f_m [-] : facteur de correction
 L [mm] : longueur libre de la vis
 d_0 [mm] : diamètre nominal de la vis
 F_{knzul} [N] : force admissible de flambage
 f_{kn} [-] : facteur de correction pour le type de paliers

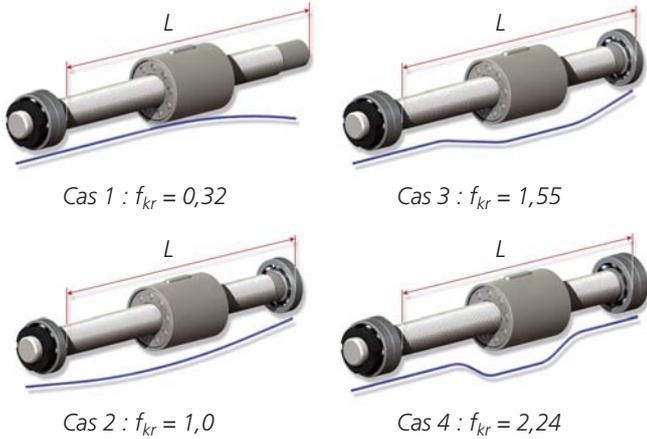
Vitesse de rotation et charge axiale admissibles

Les vis à rouleaux satellites ont leurs limites. Cela concerne les vitesses dues à la construction interne de l'écrou, aux roulements des extrémités de la vis et au nombre de tours critiques n_{kr} lié aux oscillations de flexion.

On applique comme vitesse admissible la valeur indicative :

$$RV : d_0 \cdot n \leq 140'000$$

$$RVR : d_0 \cdot n \leq 32'000$$



Vitesse critique n_{kr} pour une charge axiale $F_n = 0$

La vitesse critique est influencée par la charge axiale. Pour chaque construction de vis à rouleaux satellites, la vitesse critique peut être calculée à la demande.

Si les roulements aux extrémités de la vis ont été bien choisis, leur vitesse maxi n'influencera pas la vitesse désirée. Il suffit de déterminer la vitesse critique n_{kr} pour les oscillations de flexion.

La vitesse critique n_{kr} pour les oscillations de flexion peut être déterminée au moyen de la formule ci-dessous. Le facteur de correction f_{kr} dépend du genre de paliers ainsi que des conditions de serrage (figures ci-contre).

Le calcul est basé sur l'hypothèse dans laquelle l'écrou de la vis à rouleaux satellites ne supporte aucun effort de guidage et où les roulements aux extrémités de la vis peuvent être considérés comme rigides dans le sens radial.

$$n_{kr} = 108 \cdot 10^6 \cdot d_0 \cdot \frac{1}{L^2} \quad [\text{min}^{-1}]$$

On peut calculer la vitesse critique admissible en tenant compte du type de paliers :

$$n_{krzul} = 0,8 \cdot n_{kr} \cdot f_{kr} \quad [\text{min}^{-1}]$$

où : n	[min^{-1}]	: vitesse de rotation
n_{kr}	[min^{-1}]	: vitesse de rotation critique
N_{krzul}	[min^{-1}]	: vitesse de rotation critique admissible
L	[mm]	: longueur libre de la vis

d_0	[mm]	: diamètre nominal de la vis
f_{kr}	[-]	: facteur de correction pour le genre de paliers
0,8	[-]	: facteur de sécurité

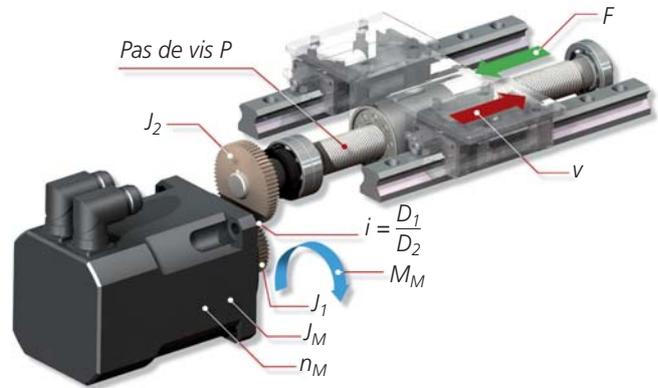
Couple d'entraînement

Les formules suivantes permettent de calculer toutes les valeurs nécessaires au dimensionnement des moteurs.

Il faut observer, pour les écrous préchargés, que le moment à vide M_v , doit être pris en considération (sur la base de la précharge F_v).

Pour les écrous simples avec jeu, on a :

$$M_v = 0 \text{ [Nm]}$$



Couple d'entraînement du moteur MM à vitesse constante

Moment à vide	$M_v = \frac{F_v \cdot P \cdot i \cdot c}{2000 \cdot \pi}$	[Nm]
---------------	--	------

Moment de charge en « montée »	$M_{L1} = \frac{P \cdot i \cdot F}{2000 \cdot \pi \cdot \eta_1}$	[Nm]
--------------------------------	--	------

Moment de charge en « descente »	$M_{L2} = \frac{P \cdot i \cdot F \cdot \eta_2}{2000 \cdot \pi}$	[Nm]
----------------------------------	--	------

Pour la force d'avance F , il faut tenir compte des forces de frottement du guidage du chariot

Moment d'entraînement du moteur	$M_M = (M_v + M_{L1,2} + M_R \cdot i)$	[Nm]
---------------------------------	--	------

Si le moment d'entraînement du moteur est négatif (possible en « descente »), le moteur doit être freiné.

Puissance d'entraînement du moteur	$P_M = \frac{M_M \cdot n_M}{9,55}$	[W]
------------------------------------	------------------------------------	-----

Couple d'entraînement du moteur M_{Ma} en cas d'accélération

Le moment d'inertie de masse en rotation de la vis JR est sommairement calculé.
Nous en calculons volontiers la valeur exacte pour l'utilisateur.

Moment dû à la charge	$M_{La} = \frac{P \cdot i \cdot (F + F_2)}{2000 \cdot \pi \cdot \eta_1}$	[Nm]
Moment d'inertie de masse en translation	$J_T = m_T \cdot \left(\frac{P}{2 \cdot \pi} \right)^2 \cdot 10^{-6}$	[kgm ²]
Moment d'inertie de masse en rotation (vis)	$J_R = 4,8 \cdot (d_1 + d_2)^4 \cdot L \cdot 10^{-14}$	[kgm ²] (pour acier)
Somme des moments d'inertie réduits	$J = J_M + J_1 + i^2 (J_R + J_T + J_2)$	[kgm ²]
Vitesse de rotation du moteur	$n_M = \frac{v \cdot 6 \cdot 10^4}{P \cdot i}$	[Min ⁻¹]
Couple d'accélération $M_B = f(n_M)$	$M_B = \frac{n_M \cdot J}{9,55 \cdot t_B \cdot \eta}$	[Nm]
Couple d'accélération $M_B = f(s_B)$	$M_B = \frac{4 \cdot \pi \cdot s_B \cdot J}{P \cdot i \cdot t_B^2 \cdot \eta}$	[Nm]
Temps d'accélération $t_B = f(n_M)$	$t_B = \frac{n_M \cdot J}{9,55 \cdot M_B \cdot \eta}$	[s]
Temps d'accélération $t_B = f(s_B)$	$t_B = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi \cdot s_B \cdot J}{P \cdot i \cdot M_B \cdot \eta}}$	[s]
Vitesse de rotation atteinte après l'accélération	$n_M = \frac{120 \cdot s_B}{P \cdot i \cdot t_B}$	[Min ⁻¹]
Trajet parcouru pendant l'accélération	$s_B = \frac{n_M \cdot t_B \cdot P \cdot i}{120}$	[mm]
Moment d'entraînement du moteur	$M_{Ma} = (M_v + M_{La} + M_R \cdot i + M_B)$	[Nm]
Puissance d'entraînement du moteur	$P_{Ma} = \frac{M_{Ma} \cdot n_M}{9,55}$	[W]

où : d [mm] : diamètre extérieur de la vis
 d₂ [mm] : diamètre du noyau de la vis
 P [mm] : pas de vis
 L [mm] : longueur de la vis à rouleaux satellites
 m_T [kg] : masse à déplacer
 D₁ [mm] : diamètre de la roue menante
 D₂ [mm] : diamètre de la roue menée
 i [-] : rapport de réduction
 F [N] : force d'avance
 F_v [N] : force de précharge
 F_a [N] : force d'accélération
 M_v [Nm] : moment à vide à vitesse constante
 M_{L1} [Nm] : moment de charge en « montée » à vitesse constante
 M_{L2} [Nm] : moment de charge en « descente » à vitesse constante
 M_M [Nm] : moment d'entraînement du moteur
 M_{La} [Nm] : moment de charge en accélération
 M_B [Nm] : moment d'accélération
 M_{Ma} [Nm] : moment d'entraînement du moteur en accélération
 M_R [Nm] : moment de frottement des paliers de la vis

J_M [kgm²] : moment d'inertie de masse du moteur
 J_R [kgm²] : moment d'inertie de masse en rotation de la vis
 J_T [kgm²] : moment d'inertie de masse en translation de la vis
 J [kgm²] : moment d'inertie de masse
 J₁ [kgm²] : moment d'inertie de masse de la roue menante
 J₂ [kgm²] : moment d'inertie de masse de la roue menée
 PM [W] : puissance d'entraînement du moteur à vitesse constante
 P_{Ma} [W] : puissance d'entraînement du moteur en accélération
 s_B [mm] : course d'accélération
 t_B [s] : temps d'accélération
 v [m/s] : vitesse d'avance
 n_M [min⁻¹] : vitesse de rotation du moteur
 η [-] : rendement mécanique du réducteur
 η₁ [-] : rendement mécanique de la vis à rouleaux satellites en « montée » η₁ = 0,71...0,89
 η₂ [-] : rendement mécanique de la vis à rouleaux satellites en « descente » η₂ = 0,61...0,85
 c [-] : coefficient de frottement rapporté à la précharge c = 0,1...0,5
 (rendements η₁ + η₂ voir page 4)

Exemple de calcul

Vis à rouleaux satellites RV 20 x 5

Diamètre nominal : $d_0 = 20$ mm
 Pas : $P = 5$ mm
 Ecrou : écrou fendu (EF), préchargé
 Montage : horizontal
 Sens de la charge : des deux côtés
 Avance rapide : d'un seul côté, opposé à la charge de travail

N°	Mode de fonctionnement	Fraction du cycle q [%]	Vitesse de rotation n [min ⁻¹]	Charge axiale F_n [N]
1	Charge maxi	$q_1 = 5$	$n_1 = 15$	$F_1 = 8300$
2	Avance d'ébauche	$q_2 = 40$	$n_2 = 110$	$F_2 = 4500$
3	Avance de finition	$q_3 = 50$	$n_3 = 70$	$F_3 = 4200$
4	Avance rapide	$q_4 = 5$	$n_4 = 1700$	$F_4 = 1150$

Vitesse moyenne

$$n_m = \frac{5}{100} \cdot 15 + \frac{40}{100} \cdot 110 + \frac{50}{100} \cdot 70 + \frac{5}{100} \cdot 1700 = 165 \text{ min}^{-1}$$

Précharge

La précharge est déterminée par le mode de fonctionnement « avance de finition » ($F_3 = 4200$ N).

$$F_v = \frac{4200}{2,83} = 1484 \text{ N}$$

Charge sur la moitié d'écrou 1

La moitié d'écrou 1 est sollicitée dans les modes de fonctionnement 1,2 et 3. Puisque F_1, F_2 et $F_3 \geq 2,83 F_v$, on a :

$$F_{nv} = F_n \text{ et ainsi } \begin{matrix} F_{1v} = 8300 \text{ N} \\ F_{2v} = 4500 \text{ N} \\ F_{3v} = 4200 \text{ N} \end{matrix}$$

Dans le mode de fonctionnement 4, la moitié d'écrou 1 est partiellement déchargée. Puisque $F_4 = 1150 \text{ N} < 2,83 F_v$, on a :

$$F_{4v} = 1484 - 0,35 \cdot 1150 = 1082 \text{ N}$$

Charge sur la moitié d'écrou 2

La moitié d'écrou 2 est sollicitée dans le mode de fonctionnement 4. Dans les modes de fonctionnement 1,2 et 3, la moitié d'écrou 2 est déchargée.

$$F_{1v} = F_{2v} = F_{3v} = 0$$

Puisque $F_4 < 2,83 \cdot F_v$, on a :

$$F_{4v} = 1484 + 0,65 \cdot 1150 = 2232 \text{ N}$$

Charge moyenne

$$F_{ma(1)} = \sqrt[3]{8300^3 \cdot \frac{15}{165} \cdot \frac{5}{100} + 4500^3 \cdot \frac{110}{165} \cdot \frac{40}{100} + 4200^3 \cdot \frac{70}{165} \cdot \frac{50}{100} + 1082^3 \cdot \frac{1700}{165} \cdot \frac{5}{100}} = 3511 \text{ N}$$

$$F_{ma(2)} = \sqrt[3]{2232^3 \cdot \frac{1700}{165} \cdot \frac{5}{100}} = 1789 \text{ N}$$

Durée - Capacité de charge dynamique pour un écrou C = 23 400 N

Moitié d'écrou 1

$$L_{10(1)} = \left(\frac{23400}{3511} \right)^3 \cdot 10^6 = 296 \cdot 10^6 \text{ tours}$$

Moitié d'écrou 2

$$L_{10(2)} = \left(\frac{23400}{1789} \right)^3 \cdot 10^6 = 2237 \cdot 10^6 \text{ tours}$$

Durée globale

$$L_{10} = [(296 \cdot 10^6)^{-10/9} + (2237 \cdot 10^6)^{-10/9}]^{-9/10}$$

$$L_{10} = 270 \cdot 10^6 \text{ tours}$$

Durée de vie en heures (avec facteur d'utilisation $f_N = 0,6$)

$$L_{hN} = \frac{270 \cdot 10^6}{165 \cdot 0,6 \cdot 60} = 45 450 \text{ h}$$

Rigidité de l'écrou

$$C_{me} = 1 \cdot 42,5 \cdot 4200^{1/3} = 686 \text{ N}/\mu\text{m}$$

Rigidité de la vis à rouleaux satellites

Longueur libre entre palier fixe et écrou $l = 1000$ mm

Diamètre nominale de la vis $d1 = 20$ mm

$$C_s = 164 \cdot \frac{20^2}{1000} = 66 \text{ N}/\mu\text{m}$$

Rigidité des paliers

$$C_1 = 850 \text{ N}/\mu\text{m} \text{ (valeur admise)}$$

Rigidité globale du système de vis à rouleaux satellites

$$\frac{1}{C_{ges}} = \frac{1}{686} + \frac{1}{66} + \frac{1}{850} \quad C_{ges} = 56 \text{ N}/\mu\text{m}$$

Moment d'entraînement

Le moment d'entraînement M_M est calculé pour la charge maximale de $F_1 = 8300$ N
 La vis est entraînée directement par le moteur ($i = 1$).

Moment maxi d'entraînement du moteur
 à vitesse constante : $M_{Mmax} = 0,5 + 7,6 + 0,2 = 8,3 \text{ Nm}$

Moment à vide : $M_v = \frac{1484 \cdot 5 \cdot 1 \cdot 0,43}{2000 \cdot \pi} = 0,5 \text{ Nm}$

La puissance maxi d'entraînement du moteur est atteinte en avance rapide avec $F_4 = 1150$ N

Moment en charge : $M_{L1} = \frac{5 \cdot 1 \cdot 8300}{2000 \cdot \pi \cdot 0,87} = 7,6 \text{ Nm}$

Moment en charge : $M_{L4} = \frac{5 \cdot 1 \cdot 1150}{2000 \cdot \pi \cdot 0,87} = 1,05 \text{ Nm}$

Moment de frottement des paliers : $M_R = 0,2 \text{ Nm}$ (admis)

Puissance maxi d'entraînement du moteur
 à vitesse constante : $P_{Mmax} = \frac{(1,05 + 0,5 + 0,2) \cdot 1700}{9,55} = 312 \text{ W}$

Lubrification

Pour les vis à rouleaux satellites on utilise en général les mêmes lubrifiants que pour les roulements. **On peut donc lubrifier avec de l'huile ou de la graisse.** Le genre de lubrifiant choisi dépend principalement des conditions d'exploitation et de maintenance. Si aucune indication n'est faite par le client à la commande, on emploie en usine la graisse standard Rollvis.

Lubrification à l'huile

Pour la lubrification à l'huile de vis à rouleaux satellites, les huiles à base minérale pour circuits de lubrification avec additifs EP pour augmenter la résistance au vieillissement et à la corrosion selon CL d'après DIN 51517, partie 2, conviennent parfaitement.

La vitesse, la température ambiante et la température en service sont déterminantes pour le choix de la viscosité.

La quantité d'huile nécessaire dépend du diamètre de la vis, du nombre de rouleaux porteurs et de la quantité de chaleur à évacuer. On peut prendre comme valeur indicative 1 cm³/h (pour les petits diamètres de vis) à 30 cm³/h (pour les plus grands diamètres de vis).

Pour les sollicitations élevées, on recommande les intervalles de lubrification les plus courts possibles (...5 minutes), et des intervalles plus longs (5 minutes à 1 h) pour les faibles sollicitations. Pour les charges et vitesses élevées, une lubrification automatique est conseillée.

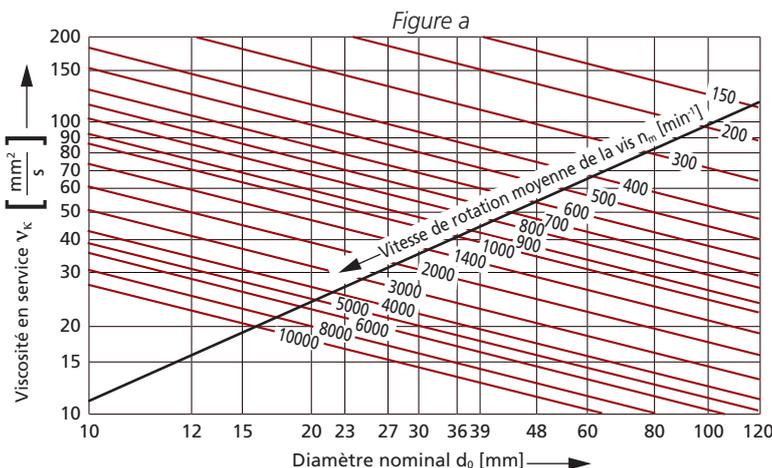
Avec le graissage par barbotage, le niveau d'huile doit être prévu de façon que le rouleau inférieur plonge entièrement dans l'huile. La quantité d'huile et les intervalles de vidange dépendent des sollicitations et du montage.

La viscosité de l'huile doit être choisie de telle sorte qu'un film de lubrifiant suffisant puisse se former à la surface de contact.

La **figure a** donne la viscosité à choisir en service $\mathbf{V_K}$ en fonction de la vitesse moyenne de la vis à rouleaux satellites et du diamètre de la vis.

Cette viscosité $\mathbf{V_K}$ assure une lubrification qui permet d'atteindre sans problème la durée de vie nominale dans le cas d'une bonne propreté dans le système de lubrification.

On peut déterminer la viscosité nominale en fonction de la viscosité $\mathbf{V_K}$ à l'aide du diagramme viscosité-température (diagramme **V-t**, **figure b**) et de la température en service. La viscosité nominale est la viscosité de l'huile à 40 °C. Le diagramme **V-t** montre les classes de viscosité **ISO VG (DIN 51519)**.



La **figure a** présente les diamètres nominaux des vis à rouleaux satellites RV. Pour les vis à rouleaux satellites RVR, les diamètres nominaux sont en partie différents. On peut obtenir par interpolation les valeurs pour la viscosité nécessaire en service.

On obtient parfois par la graduation discontinue, des valeurs fractionnaires qui devront être arrondies à la viscosité immédiatement supérieure ou inférieure.

Pour déterminer la viscosité nominale, la température de fonctionnement doit être connue ou estimée. La température de fonctionnement est la température mesurée sur l'écrou après stabilisation. Avec la viscosité nominale à 40 °C, on peut choisir une huile appropriée sur les listes de fournisseurs d'huiles.

En général, il suffit, pour déterminer le lubrifiant, de se baser sur une température de fonctionnement de 30 °C.

Exemple :

Vis à rouleaux satellites RV 39 x 10

Vitesse moyenne de fonctionnement : $n_m = 1400 \text{ min}^{-1}$

Température de fonctionnement (estimée) : $t = 25 \text{ °C}$

Selon la **figure a**, on obtient, pour le nombre de tours $n_m = 1400 \text{ min}^{-1}$ et le diamètre nominal de 39 mm, une viscosité nominale $\mathbf{V_K} = 33 \text{ mm}^2/\text{s}$. Dans le diagramme **V-t** (**figure b**), les axes de la température de 25 °C et de la viscosité de 34 mm²/s se coupent entre ISO VG 15 et ISO VG 22. On choisira une huile de la classe de viscosité VG 22.

Avec cette classe de viscosité, on peut trouver une huile appropriée CLP (DIN 51517) ou HLP (DIN 51525).

Lubrification à la graisse

Lors de la lubrification à la graisse, on préférera les graisses KP (DIN 51825, partie 3) ayant un indice de consistance 2.

Les intervalles de graissage dépendent de la disposition des vis, de leurs dimensions et des conditions d'utilisation. Elitec donne sur demande des recommandations pour chaque type d'application.

