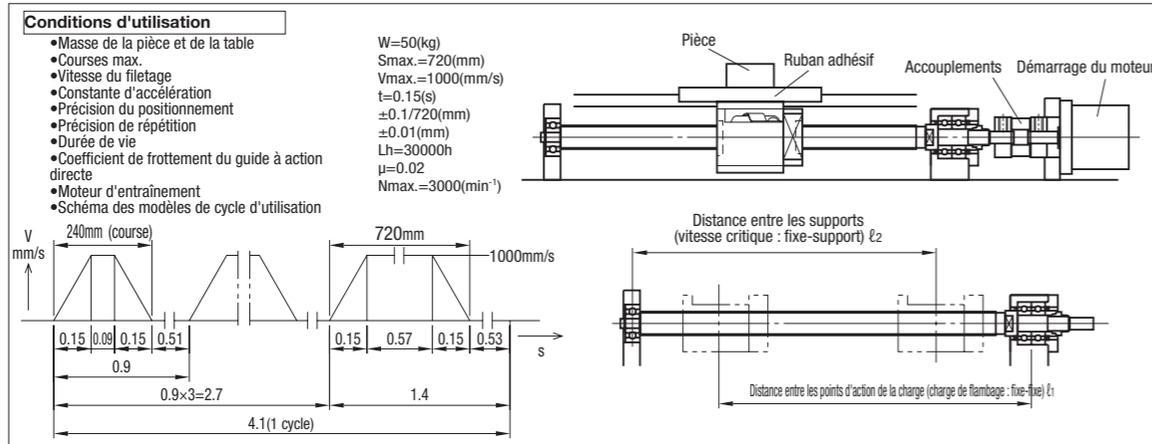


# [Calculs techniques] Sélection des vis à billes

## Exemple de sélection de vis à billes (pour l'axe des x du robot orthogonal)



### 1. Réglage du pas (L)

Régler le pas en fonction du nombre maximal de révolutions du moteur et de la vitesse du filetage. Utiliser la formule suivante :

$$L \geq \frac{V_{max} \times 60}{N_{max}} = 20 \text{ (mm)}$$

### 2. Calcul de la capacité de charge dynamique de base

Examine la capacité de charge dynamique de base requise et la fréquence de rotation (valeur DmN).

(A) En accélération

$$\text{Accélération}(\alpha) = \frac{V_{max}}{t} \times 10^{-3} = 6.7 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

$$\text{Charge axiale (Pa)} = W\alpha + \mu Wg = 343 \text{ (N)}$$

(g: accélération gravitationnelle 9.8 m/s<sup>2</sup>)

(B) A vitesse constante

$$\text{Charge axiale (Pb)} = \mu Wg = 10 \text{ (N)}$$

(C) En décélération

$$\text{Charge axiale (Pc)} = W\alpha - \mu Wg = 324 \text{ (N)}$$

### Heure(s) de fonctionnement par cycle pour chaque utilisation

Mode de fonctionnement	(A)	(B)	(C)	Durée totale de fonctionnement
Durée de fonctionnement	0.60	0.84	0.60	2.04

### Conditions de charge pour un pas de 20

Mode de fonctionnement	(A)	(B)	(C)
Charge axiale	343N	10N	324N
Fréquence de rotation	1500min <sup>-1</sup>	3000min <sup>-1</sup>	1500min <sup>-1</sup>
Facteur d'utilisation	29.4%	41.2%	29.4%

Calcul de la charge axiale moyenne (Pm) et du nombre moyen de tours (Nm) en fonction des conditions de charge (P2800(1),(2))

$$P_m = 250 \text{ (N)} \quad N_m = 2118 \text{ (min}^{-1}\text{)}$$

Calcul de la capacité de charge dynamique de base requise (C) La durée de vie réelle en mode de fonctionnement (Lho), qui exclut tout temps d'arrêt, est calculée comme suit :

$$L_{ho} = 30000 \left( \frac{2.04}{4.1} \right) = 14927 \text{ (durée)}$$

Insérer le facteur de travail fw=1.2 dans la formule de déformation

indiquée à la P.2800 afin de sélectionner une vis à billes adaptée d'après la P.554.

$$C = \left( \frac{60 L_{ho} N_m}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}} \times P_m \times f_w = 3700 \text{ (N)}$$

La vis à billes adaptée doit être BSS1520.

Déterminer ensuite les valeurs DmN (P2800(4)) de la fréquence de rotation admissible.

Pour DmN<70000, DmN=15.8×3000=47400. Ce résultat se situe dans la plage admissible.

Il convient donc d'effectuer la recherche suivante en utilisant ce format de vis à billes.

### 3. Charge de flambage admissible - Vitesse critique

Analyse de la longueur totale de l'arbre fileté (L), de la vitesse critique (Nc) et de la charge de flambage (Pk)

$$L = \text{Courses max.} + \text{Longueur de l'écrou} + \text{Marge} + \text{Dimensions des deux extrémités} \\ = 720 + 62 + 60 + 78 = 920 \text{ (mm)}$$

Vérifier la charge axiale admissible en matière de charge de flambage. En supposant que la distance entre les points d'action de la charge soit

$$\ell_1 = 820, \text{ le résultat suivant est obtenu à partir des formules (6) et (7) figurant à la P.2800.}$$

$$P_k = 7220 \text{ (N)}$$

Les conditions d'utilisation sont donc respectées.

Pour la vitesse critique, en supposant que la distance entre les supports soit  $\ell_2 = 790$ ,

le résultat suivant est obtenu à partir de la formule (5) (fixe-support) figurant à la P.2800.

$$N_c = 3024 \text{ (min}^{-1}\text{)}$$

Les conditions d'utilisation sont donc respectées.

### 4. Précision de conception

Analyse du niveau de précision et du jeu axial

Suivant les valeurs de tolérance de précision du pas (P.535), le niveau de précision du positionnement ±0.1/720mm est C5 (erreurs de pas typiques cumulées=0.035, variation=0.025).

Le jeu axial est inférieur de 0.005 max. à la précision de positionnement répétée de ±0.01.

### 5. Résultats de la sélection des vis à billes et des unités de soutien

Il ressort des calculs effectués précédemment que la meilleure sélection de vis à billes est la réf. pièce

BSS1520-950.

L'unité de soutien la mieux adaptée est la réf. pièce BSW 12.

## Formules de référence

### (1) Charge axiale moyenne (Pm) (2) Fréquence de rotation moyenne (Nm) (t1+t2+t3=100%)

Charge axiale	Fréquence de rotation	Facteur d'utilisation
P1N(max.)	N1 min <sup>-1</sup>	t1%
P2N(normal)	N2 min <sup>-1</sup>	t2%
P3N(min.)	N3 min <sup>-1</sup>	t3%

$$P_m = \left( \frac{P_1^3 N_1 t_1 + P_2^3 N_2 t_2 + P_3^3 N_3 t_3}{N_1 t_1 + N_2 t_2 + N_3 t_3} \right)^{\frac{1}{3}} \text{ (N)} \quad (1)$$

$$N_m = \frac{N_1 t_1 + N_2 t_2 + N_3 t_3}{t_1 + t_2 + t_3} \text{ (min}^{-1}\text{)} \quad (2)$$

S'il existe une petite différence entre les charges axiales maximum (P1) et minimum (P3) ou que la variation de charge est quasi linéaire, une valeur approximative peut être obtenue en utilisant la formule suivante :

$$P_m \approx \frac{2P_1 + P_3}{3} \text{ (N)}$$

### (3) Durée de vie en heures

$$L_h = \frac{10^6}{60 N_m} \left( \frac{C}{P_m f_w} \right)^3 (h) \quad (3)$$

Où :

L : durée de vie en heures (h)

C : capacité de charge dynamique de base (N)

Pm : charge axiale moyenne (N)

Nm : fréquence de rotation moyenne (min<sup>-1</sup>)

fw : facteur de travail

Fonctionnement sans impact fw = 1.0~1.2

Fonctionnement normal fw = 1.2~1.5

Fonctionnement avec impact fw = 1.5~2.0

La capacité de charge dynamique de base respectant la durée de vie définie (heures) est exprimée par la formule suivante.

$$C = \left( \frac{60 L_h N_m}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}} P_m f_w \text{ (N)}$$

Si la durée de vie définie (heures) est plus longue que nécessaire, une vis à billes plus large devra être utilisée et le prix sera majoré.

En règle générale, les standards suivants sont utilisés pour définir la durée de vie (heures) :

Machines-outils : 20,000h Equipement de régulation : 15,000h  
Equipement industriel : 10,000h Instruments de mesure : 15,000h

### (4) Fréquence de rotation admissible (DmN)

DmN<70000 (vis à billes de précision) ..... (4)

DmN<50000 (vis sphériques laminées)

	Diam. bille	Valeur A
Où :	1.5875	0.3
	2.3812	0.6
Dm : diamètre extérieur du filetage (mm)+Valeur A	3.175	0.8
N : fréquence de rotation maximale (min <sup>-1</sup> )	4.7625	1.0
	6.35	1.8

### (5) Vitesse critique (Nc)

$$N_c = f_a \frac{60}{2\pi} \frac{\lambda^2}{\ell^2} \sqrt{\frac{EI}{\gamma A}} \times 10^3 \text{ (min}^{-1}\text{)} \quad (5)$$

Où :

ℓ : distance entre les supports (mm)

fa : facteur de sécurité (0.8)

E : module de Young (2.06×10<sup>10</sup>N/mm<sup>2</sup>)

I : Min. Moment d'inertie géométrique de la section à fond de filelet (mm<sup>4</sup>)

$$I = \frac{\pi}{64} d^4$$

d : diamètre intérieur du filetage (mm)

γ : densité spécifique (7.8×10<sup>-6</sup>kg/mm<sup>3</sup>)

A : section à fond de filelet (mm<sup>2</sup>)

$$A = \frac{\pi}{4} d^2$$

λ : coefficient déterminé par la méthode de support de la vis

Support-Support	λ=π
Fixe-Support	λ=3.927
Fixe-Fixe	λ=4.730
Fixe-Libre	λ=1.875

### (6) Charge de flambage (Pk) dérivée des équations du mouvement d'Euler

$$P_k = \frac{n\pi^2 EI}{\ell^2} \text{ (N)} \quad (6)$$

Où :

Pk : charge au moment du flambage (N)

ℓ : distance entre les points de la charge de flambage (mm)

E : module de Young (2.06×10<sup>10</sup>N/mm<sup>2</sup>)

I : Min. Moment d'inertie géométrique de la section à fond de filelet (mm<sup>4</sup>)

$$I = \frac{\pi}{64} d^4$$

d : diamètre intérieur du filetage (mm)

n : coefficient déterminé par la méthode de support de la vis

Support-Support n=1

Fixe-Support n=2

Fixe-Fixe n=4

Fixe-Libre n=0.25

### (7) Charge axiale admissible (P) pour charge de flambage

$$P = \alpha P_k \text{ (N)} \quad (7)$$

Où :

Pk : charge de flambage (N)

α : facteur de sécurité (α=0.5)

Pour renforcer la sécurité, un facteur de sécurité plus élevé doit être utilisé.

## Couple moteur

Ce guide de sélection permet de choisir les propriétés de frottement des vis à billes et le couple moteur.

### Frottement et efficacité

L'efficacité des vis à billes peut être exprimée par les formules suivantes ; où η est le coefficient de frottement et μ est l'angle du pas de la vis. Les variables sont déterminées à partir de l'analyse d'un modèle dynamique.

• Lorsque la force de rotation est transformée en force axiale (marche avant) :

$$\eta = \frac{1 - \mu \tan \beta}{1 + \mu / \tan \beta} \quad (1)$$

• Lorsque la force axiale est transformée en force de rotation (marche arrière) :

$$\eta' = \frac{1 - \mu / \tan \beta}{1 + \mu \tan \beta} \quad (2)$$

### Couple de charge

Le couple de charge (couple moteur à vitesse constante) requis lors de la conception de sources d'entraînement (moteurs, etc.) est calculé comme suit :

• Marche avant

Couple requis lorsque la force de rotation est transformée en force axiale.

$$T = \frac{PL}{2\pi \eta} \text{ (N-cm)} \quad (3)$$

Où :

T : couple de charge (N-cm)

P : charge axiale externe (N)

L : pas des vis à billes (cm)

η : efficacité des vis à billes (0.9)

• Marche arrière

Charge axiale externe lorsque la force axiale est transformée en force de rotation.

$$P = \frac{2\pi T}{\eta' L} \text{ (N)} \quad (4)$$

Où :

P : charge axiale externe (N)

T : couple de charge (N-cm)

L : pas des vis à billes (cm)

η' : efficacité des vis à billes (0.9)

• Couple de frottement résultant de la précharge

Il s'agit du couple généré par la précharge. Lorsque la charge externe augmente, la précharge de l'écrou disparaît et le couple de frottement par préchargement diminue également.