
Vis à billes —

**Partie 4:
Rigidité axiale statique**

Ball screws —

Part 4: Static axial rigidity

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 3408-4:2006

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/11d3235e-f810-4a2d-8cb1-05f4ec6d860b/iso-3408-4-2006>



PDF – Exonération de responsabilité

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 3408-4:2006](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/11d3235e-f810-4a2d-8cb1-05f4ec6d860b/iso-3408-4-2006)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/11d3235e-f810-4a2d-8cb1-05f4ec6d860b/iso-3408-4-2006>

© ISO 2006

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax. + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
1 Domaine d'application.....	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions.....	1
4 Symboles et indices	1
4.1 Symboles	1
4.2 Indices.....	2
5 Détermination de la rigidité axiale statique, R.....	3
5.1 Généralités	3
5.2 Rigidité axiale statique, R.....	5
5.3 Rigidité axiale statique de la vis à billes, R_{bs}.....	5
5.4 Rigidité axiale statique de la vis, R_s.....	5
5.4.1 Généralités	5
5.4.2 Montage rigide de la vis à une extrémité.....	5
5.4.3 Montage rigide de la vis aux deux extrémités	6
5.5 Rigidité axiale statique de l'écrou à billes, R_{nu}.....	6
5.5.1 Rigidité axiale statique de l'écrou avec jeu axial, R_{nu1}.....	6
5.5.2 Rigidité axiale statique de l'écrou à billes soumis à une précharge symétrique, $R_{nu2,4}$.....	10
5.5.3 Correction compte tenu de l'exactitude, f_{ar}.....	12
Annexe A (informative) Exemple de calcul de la rigidité axiale statique dans un dispositif à écrou double symétrique en précharge.....	14
Annexe B (informative) Correction compte tenu de l'application de la charge f_{al}.....	17

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

L'ISO 3408-4 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 39, *Machines-outils*.

L'ISO 3408 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Vis à billes*:

- *Partie 1: Vocabulaire et désignation* [ISO 3408-4:2006](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/11d3235e-f810-4a2d-8cb1-05f4ec6d860b/iso-3408-4-2006)
- *Partie 2: Diamètres et pas hélicoïdaux, nominaux — Série métrique*
- *Partie 3: Conditions et essais de réception*
- *Partie 4: Rigidité axiale statique*
- *Partie 5: Charges axiales statiques et dynamiques de base et durée de vie*

Vis à billes —

Partie 4: Rigidité axiale statique

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 3408 définit les termes et relations mathématiques applicables à la détermination de la rigidité axiale statique de la vis à billes.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 3408-1:2006, *Vis à billes — Partie 1: Vocabulaire et désignation*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 3408-1 s'appliquent.

4 Symboles et indices

4.1 Symboles

Symbole	Description	Unité
α	Angle de contact	degrés, °
ρ	Rayon de courbure réciproque	mm ⁻¹
τ	Rapport entre demi-grand axe et le demi-petit axe de l'ellipse de contact	—
φ	Angle du pas hélicoïdal	degrés, °
Δl	Déformation élastique	µm
c_E	Constante du matériau	—
c_K	Coefficient géométrique	N ^{-2/3} µm
d_{bo}	Diamètre d'alésage profond	mm
d_C	Diamètre d'application de la charge sur la vis	mm
D_C	Diamètre d'application de la charge sur l'écrou à billes	mm
D_{pw}	Diamètre du cylindre primitif	mm
D_w	Diamètre de la bille	mm
D_1	Diamètre extérieur de l'écrou à billes	mm

Symbole	Description	Unité
E	Module d'élasticité	N/mm ²
f_{ar}	Coefficient de correction compte tenu des classes d'exactitude (rigidité)	—
f_{al}	Coefficient de correction compte tenu de l'application de la charge	—
f_{rs}, f_{rn}	Conformité (rapport entre le rayon de la bille/piste de roulement et le diamètre de la bille) de la vis et de l'écrou à billes	—
F	Force axiale, charge	N
i	Nombre de plages de charge	—
k	Caractéristique de rigidité	N/μm ^{3/2}
l	Longueur	mm
l_s	Longueur non soutenue de la vis	mm
m	Constante de Poisson (par exemple pour l'acier $m = 10/3$)	—
n	Vitesse de rotation	min ⁻¹
P_h	Pas hélicoïdal	mm
q	Pourcentage en temps	%
R	Rigidité	N/μm
s_a	Jeu axial	μm
Y	Valeur auxiliaire selon Hertz pour la description des intégrales elliptiques des 1 ^{er} et 2 ^e ordres	N ^{-2/3} ·μm ^{4/3}
z_1	Nombre de billes réellement en charge par plage	—
z_2	Nombre de billes non chargées dans le dispositif de recirculation, uniquement pour les dispositifs dans lesquels se produit la recirculation des billes après une rotation	—

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/11d3235e-f810-4a2d-8cb1-05f4ec6d860b/iso-3408-4-2006>
 ISO 3408-4:2006

4.2 Indices

Symbole	Description
ar	fait référence à l'exactitude
b	fait référence à la bille
bs	fait référence à la vis à billes
c	fait référence au corps de l'écrou/à la vis
e	fait référence à la charge extérieure ou à la déformation qui en résulte
lim	fait référence à la charge limite (Pour cette valeur, le contact entre les billes et les pistes de roulement de la vis et de l'écrou est éliminé.)
m	fait référence à l'équivalent
N	fait référence à la charge normale qui agit sur les billes et les pistes de roulement de la vis et de l'écrou à billes dans la direction de l'angle de contact
n	fait référence à l'écrou à billes
pr	fait référence à la précharge
s	fait référence à la vis
b/t	fait référence à la zone bille/piste de roulement
nu	fait référence à la vis dans la zone de l'écrou en charge
1	fait référence à l'écrou 1
2	fait référence à l'écrou 2

5 Détermination de la rigidité axiale statique, R

5.1 Généralités

La rigidité axiale statique d'une vis à billes exerce une influence déterminante sur l'exactitude de positionnement. Elle est fonction de la conception de la vis à billes, de son support et de la configuration du palier. Pour les besoins du calcul présenté ci-dessous, le support et la configuration du palier n'ont pas été pris en compte.

La rigidité axiale statique des vis à billes n'est pas linéaire. Pour les besoins de l'étude de la rigidité, une vis à billes peut être conçue comme une combinaison de plusieurs éléments à comportement élastique linéaire et non linéaire. De ce fait, la valeur de la rigidité indiquée n'est correcte que pour une seule application de la charge.

La déformation à déterminer est provoquée par

- des déformations axiales de la vis et du corps de l'écrou à billes,
- des déformations radiales de la vis et du corps de l'écrou à billes,
- des déformations des billes et du filetage.

Le calcul des déformations imputables au contact de la bille repose sur une théorie liée à la pression hertzienne. Il convient de remplir dans toute la mesure du possible les conditions préalables suivantes:

- le matériau des éléments de contact doit être homogène et isotrope;
- de plus, la loi de Hooke s'applique, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de déformation plastique;
- seule une pression normale doit s'exercer dans la zone de contact, c'est-à-dire que cela génère une pression superficielle.

De plus, la théorie de Hertz simplifiée appliquée ici spécifie un module d'élasticité et un paramètre de contraction transversale identique pour le matériau de la vis, des écrous à billes et des billes.

Lors du calcul de la rigidité axiale, il est important de distinguer les écrous à billes présentant un jeu axial de ceux qui n'en ont pas, à savoir les écrous en précharge.

Il existe plusieurs méthodes pour générer une précharge:

- a) **Écrou à billes simple à filet continu.** Précharge à l'aide de billes surdimensionnées, provoquant un contact de la bille en quatre points.

Voir Figure 1.

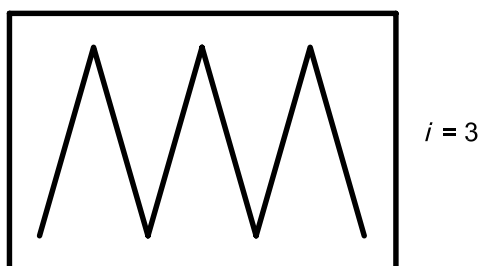


Figure 1

- b) **Écrou à billes simple à filet alterné entre les zones en précharge**, donnant un contact de la bille en deux points.

Voir Figure 2.

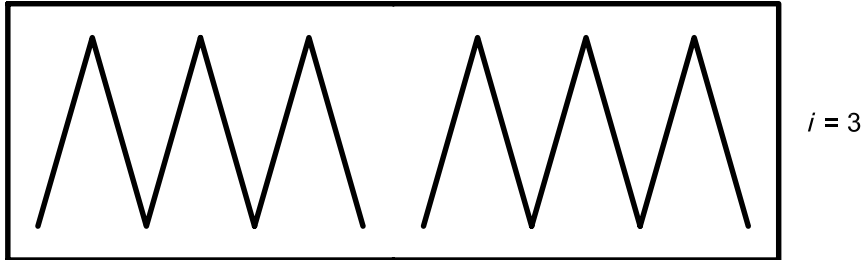


Figure 2

- c) **Écrou à billes simple à deux filets et pas du profil alterné** (contact de la bille en deux points).

Voir Figure 3.



Figure 3

- d) **Écrou double se composant de deux écrous à billes simples, chacun d'eux étant à filet continu.** Déplacement axial de ces deux écrous l'un par rapport à l'autre.

Voir Figure 4.

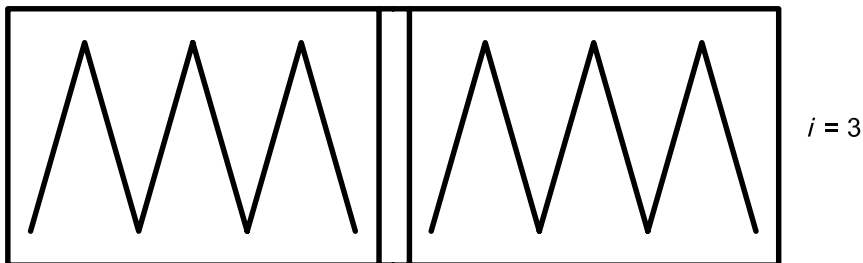


Figure 4

Le calcul de la rigidité défini dans la présente partie de l'ISO 3408 peut s'appliquer à toutes les méthodes de précharge décrites.

Comme cela prend beaucoup de temps — et ne convient donc pas à des fins pratiques — de déterminer la déformation axiale précise en se fondant sur les formules correspondantes, une méthode de calcul raisonnablement simplifiée est esquissée ci-dessous de sorte que le calcul peut se faire à l'aide d'une calculatrice de poche.

5.2 Rigidité axiale statique, R

La rigidité axiale statique, R , constitue la résistance à la déformation et indique la force axiale ΔF , en newtons, nécessaire pour provoquer une déformation Δl de 1 μm du composant, dans le sens axial d'application de la charge:

$$R = \frac{\Delta F}{\Delta l} \quad (1)$$

5.3 Rigidité axiale statique de la vis à billes, R_{bs}

La rigidité globale, R_{bs} , est obtenue en ajoutant les valeurs pertinentes de la rigidité des composants:

$$\frac{1}{R_{bs}} = \frac{1}{R_s} + \frac{1}{R_{nu,ar}} \quad (2)$$

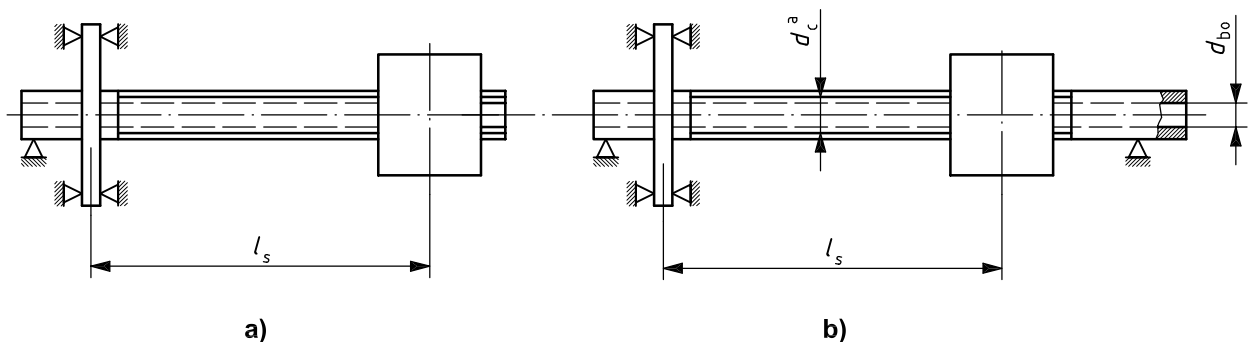
5.4 Rigidité axiale statique de la vis, R_s

5.4.1 Généralités

La rigidité de la vis résulte de la déformation élastique de la vis Δl_s , provoquée par une force axiale ΔF , et dépend de la configuration du palier.

5.4.2 Montage rigide de la vis à une extrémité

Voir Figure 5.



a Voir l'Équation (4).

Figure 5

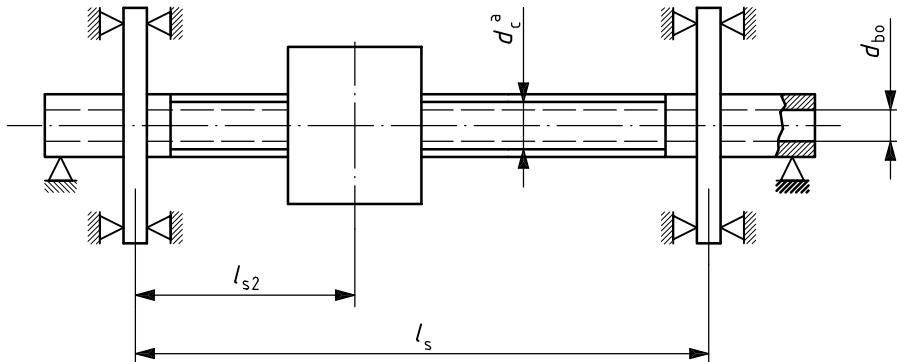
Où la rigidité est

$$R_{s1} = \frac{\pi \cdot (d_c^2 - d_{bo}^2) \cdot E}{4 \cdot l_s \cdot 10^3} \quad \text{dans le cas d'une pige } d_{bo} = 0 \quad (3)$$

$$d_c = D_{pw} - D_w \cdot \cos \alpha \quad (4)$$

5.4.3 Montage rigide de la vis aux deux extrémités

Voir Figure 6.



a Voir l'Équation (4).

Figure 6

Où la rigidité est

$$R_{s2} = \frac{\pi \cdot (d_c^2 - d_{bo}^2) \cdot E}{4 \cdot l_{s2} \cdot 10^3} \cdot \frac{l_s}{l_s} \cdot \frac{l_s}{l_{s2}} \tag{5}$$

la rigidité minimale est obtenue pour

$$l_{s2} = \frac{l_s}{2}$$

ISO 3408-4:2006
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/11d3235e-f810-4a2d-8cb1-05f4ec6d860b/iso-3408-4-2006>

et est donc donnée par l'équation

$$R_{s2,min} = \frac{\pi \cdot (d_c^2 - d_{bo}^2) \cdot E}{l_s \cdot 10^3} \tag{6}$$

5.5 Rigidité axiale statique de l'écrou à billes, R_{nu}

5.5.1 Rigidité axiale statique de l'écrou avec jeu axial, R_{nu1}

5.5.1.1 Rigidité axiale statique du corps de l'écrou et de la vis soumis aux composantes radiales résultantes de la charge, $R_{n/s}$

Détermination de $R_{n/s}$:

$$R_{n/s} = \frac{\Delta F}{\Delta l_{n/s}} \tag{7}$$

$$\Delta l_{n/s} = \frac{\Delta F}{R_{n/s}} \tag{8}$$

Écrou: cylindre à paroi épaisse soumis à une «pression interne» (composante radiale de la poussée normale).

Vis: cylindre soumis à une «pression externe» (composante radiale de la poussée normale).

Préalable:

- la vis est soit à pige, soit à alésage profond;
- la vis et l'écrou à billes ont le même module de Young et le même coefficient de Poisson.

La rigidité axiale du corps de l'écrou et de la vis soumis à ce type de charge est:

$$R_{n/s} = \frac{2 \cdot \pi \cdot i \cdot P_h \cdot E \cdot \tan^2 \alpha}{\left(\frac{D_1^2 + D_c^2}{D_1^2 - D_c^2} + \frac{d_c^2 + d_{bo}^2}{d_c^2 - d_{bo}^2} \right) \cdot 10^3} \quad (9)$$

où

$$D_c = D_{pw} + D_w \cdot \cos \alpha \quad (10)$$

5.5.1.2 Rigidité axiale statique dans la zone bille/piste de roulement, $R_{b/t}$

Afin de simplifier le calcul, les déformations du corps de l'écrou à billes et de la vis n'ont pas été prises en compte. Cela s'applique aussi à

- la répartition irrégulière de la charge sur les billes et les filets,
- les inexactitudes d'usinage, et [ISO 3408-4:2006](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/11d3235e-f810-4a2d-8cb1-2584ec6d860b/iso-3408-4-2006)
- le changement de l'angle de contact: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/11d3235e-f810-4a2d-8cb1-2584ec6d860b/iso-3408-4-2006>

Le déplacement relatif entre l'écrou à billes et la vis du fait du jeu axial n'a pas été pris en compte car cela ne constitue pas une déformation élastique [voir Figure 7 a) et b)].