
**Calcul de la capacité de charge des
engrenages cylindriques à dentures
droite et hélicoïdale —**

**Partie 30:
Exemples d'application de l'ISO 6336
parties 1, 2, 3, 5**

Calculation of load capacity of spur and helical gears —

*Part 30: Calculation examples for the application of ISO 6336 parts
1,2,3,5*

ISO/TR 6336-30:2017

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/2184aea8-892d-4d1c-8b88-3e9fb264746e/iso-tr-6336-30-2017>



iTeh Standards
(<https://standards.iteh.ai>)
Document Preview

ISO/TR 6336-30:2017

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/2184aea8-892d-4d1c-8b88-3e9fb264746e/iso-tr-6336-30-2017>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2017, Publié en Suisse

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Ch. de Blandonnet 8 • CP 401
CH-1214 Vernier, Geneva, Switzerland
Tel. +41 22 749 01 11
Fax +41 22 749 09 47
copyright@iso.org
www.iso.org

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
Introduction	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes, définitions, symboles et unités	1
3.1 Termes et définitions	1
3.2 Symboles et unités	2
4 Exemples pratiques	5
4.1 Généralités	5
4.2 Remarques particulières	6
4.2.1 Calcul de l'écart de pas de base, f_{pb} , et application aux tolérances de rodage	6
4.2.2 Calcul de la rigidité d'engrènement, c_γ	6
4.2.3 Application des facteurs d'influence film lubrifiant, Z_L , Z_V et Z_R , dureté, Z_W , et dimension, Z_X	6
4.2.4 Application du facteur d'écrouissage, Z_W	6
4.2.5 Détermination de R_z	6
4.2.6 Largeur de denture pour les calculs impliquant des engrenages à denture en chevron (à double hélice)	7
4.2.7 Calcul de ε_β pour les engrenages à denture en chevron (à double hélice)	7
4.2.8 Calcul de $f_{H\beta 5}$ et de $f_{H\beta}$	7
4.2.9 Tolérances d'hélice $f_{H\beta 5}$ et $f_{H\beta}$ pour les engrenages à denture en chevron (à double hélice)	7
4.2.10 Calcul du diamètre de pied, d_f	7
4.2.11 Amendement à l'ISO 6336-3:2006, Formule (10), valeur auxiliaire E	7
4.2.12 Calcul pour les engrenages à denture intérieure	7
4.3 Exemple 1: engrenage à denture hélicoïdale simple cémentée trempée et revenue	7
4.4 Exemple 2: engrenage à denture hélicoïdale simple trempée et revenue	11
4.5 Exemple 3: engrenage à denture droite trempée et revenue	15
4.6 Exemple 4: engrenage à denture droite cémentée trempée et revenue	19
4.7 Exemple 5: engrenage à denture droite avec pignon durci superficiellement par trempé après chauffage par induction et roue moulée trempée et revenue	24
4.8 Exemple 6: engrenage à denture intérieure droite trempée et revenue	28
4.9 Exemple 7: engrenage à denture en chevron (à double hélice) trempée et revenue	32
4.10 Exemple 8: engrenage à denture hélicoïdale simple cémentée trempée et revenue	36
Annexe A (informative) Présentation des calculs de l'exemple 1	41
Bibliographie	61

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 (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'attention est attirée 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. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/brevets).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: www.iso.org/avant-propos.

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 60, *Engrenages*, sous-comité SC 2, *Calcul de la capacité des engrenages*.

Introduction

La série ISO 6336 se compose de Normes internationales, de Spécifications techniques (TS) et de Rapports techniques (TR) sous le titre général *Calcul de la capacité de charge des engrenages cylindriques à dentures droite et hélicoïdale* (voir [Tableau 1](#)).

- Les Normes internationales contiennent des méthodes de calcul basées sur des pratiques largement admises qui ont été validées.
- Les Spécifications techniques (TS) contiennent des méthodes de calcul qui font toujours l'objet de développements.
- Les Rapports techniques (TR) contiennent des données à caractère informatif, telles que des exemples de calcul.

Les procédures spécifiées dans les ISO 6336-1 à ISO 6336-19 couvrent les analyses de fatigue pour la classification des engrenages. Les procédures décrites dans les ISO 6336-20 à ISO 6336-29 sont principalement liées au comportement tribologique du contact sur la surface d'un flanc lubrifié. Les ISO 6336-30 à ISO 6336-39 incluent des exemples de calcul. La série ISO 6336 permet l'ajout de nouvelles parties en nombre suffisant pour refléter les connaissances qui pourront être acquises à l'avenir.

Toute demande de calculs selon l'ISO 6336 sans référence à des parties spécifiques nécessite d'utiliser uniquement les parties désignées comme Normes internationales (voir la liste du [Tableau 1](#)). Si des Spécifications techniques (TS) sont requises comme faisant partie du calcul de la capacité de charge, elles doivent être spécifiées. L'utilisation d'une Spécification technique en tant que critère d'acceptation pour une conception spécifique est soumise à un accord commercial.

Tableau 1 — Parties de l'ISO 6336 (état à la date de publication)

Calcul de la capacité de charge des engrenages cylindriques à dentures droite et hélicoïdale	Norme internationale	Spécification technique	Rapport technique
Partie 1: Principes de base, introduction et facteurs généraux d'influence	X		
Partie 2: Calcul de la résistance à la pression de contact (piqûre)	X		
Partie 3: Calcul de la résistance à la flexion en pied de dent	X		
Partie 4: Calcul de la capacité de charge de la rupture en flanc de dent		X	
Partie 5: Résistance et qualité des matériaux	X		
Partie 6: Calcul de la durée de vie en service sous charge variable	X		
Partie 20: Calcul de la capacité de charge au grippage (applicable également aux engrenages conique et hypoïde) — Méthode de la température-éclair (remplace: ISO/TR 13989-1)		X	
Partie 21: Calcul de la capacité de charge au grippage (applicable également aux engrenages conique et hypoïde) — Méthode de la température intégrale (remplace: ISO/TR 13989-2)		X	
Partie 22: Calcul de la capacité de charge aux micropiqûres (remplace: ISO/TR 15144-1)		X	
Partie 30: Exemples de calculs selon les normes ISO 6336-1 à ISO 6336-5			X
Partie 31: Exemples de calcul de la capacité de charge aux micropiqûres (remplace: ISO/TR 15144-2)			X

Le présent document fournit des exemples pratiques d'application des méthodes de calcul définies dans l'ISO 6336-1, l'ISO 6336-2, l'ISO 6336-3 et l'ISO 6336-5. Les exemples de calcul donnés couvrent les applications relatives aux engrenages cylindriques à profil en développante à dentures extérieure ou intérieure droite, hélicoïdale à simple ou double hélice, dans des conditions de fonctionnement à grande

vitesse et à faible vitesse, et permettent de déterminer les coefficients de sécurité ISO par rapport à la résistance à la formation de piquûres sur les flancs et la résistance à la flexion en pied de dent pour chaque engrenage. Sauf remarque particulière, les méthodes de calcul utilisées sont celles présentées dans l'ISO 6336-1, l'ISO 6336-2, l'ISO 6336-3 et l'ISO 6336-5. Les remarques particulières incluses dans le présent document se rapportent à des points particuliers des méthodes de calcul présentées dans les normes en vigueur nécessitant des éclaircissements ou comportant des erreurs rédactionnelles. Les modifications exposées dans ces remarques seront mises en œuvre dans les prochaines versions de l'ISO 6336-1, l'ISO 6336-2, l'ISO 6336-3 et l'ISO 6336-5. Le présent document ne contient aucun autre calcul que ceux présentés dans les documents de référence.

Huit exemples pratiques sont proposés, les données d'entrée nécessaires pour chaque engrenage étant fournies au début du calcul. Les calculs sont présentés en détail pour un exemple pratique, la synthèse des résultats obtenus pour chacun des exemples suivants étant présentée sous forme de tableau.

Les classes de tolérance ISO définies dans l'ISO 1328-1:1995 s'appliquent à tous les calculs contenus dans le présent document. L'utilisation des classes de tolérance décrites dans l'ISO 1328-1:2013 conduirait à des écarts au niveau des résultats des calculs.

iTeh Standards
(<https://standards.iteh.ai>)
Document Preview

[ISO/TR 6336-30:2017](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/2184aea8-892d-4d1c-8b88-3e9fb264746c/iso-tr-6336-30-2017)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/2184aea8-892d-4d1c-8b88-3e9fb264746c/iso-tr-6336-30-2017>

Calcul de la capacité de charge des engrenages cylindriques à dentures droite et hélicoïdale —

Partie 30: Exemples d'application de l'ISO 6336 parties 1, 2, 3, 5

1 Domaine d'application

Le présent document fournit des exemples pratiques qui appliquent exclusivement les méthodes d'approximation permettant de déterminer des facteurs d'influence spécifiques, tels que le facteur dynamique, K_v , et les facteurs de distribution de charge, $K_{H\alpha}$, $K_{H\beta}$, etc., pour lesquelles des méthodes de calcul analytiques complètes sont fournies dans les documents ISO 6336 référencés.

Les exemples pratiques couvrant des méthodes et des techniques d'analyse plus avancées ne relèvent pas du domaine d'application du présent document.

Les exemples de calcul donnés dans le présent document sont fournis à titre indicatif pour l'application de l'ISO 6336-1, de l'ISO 6336-2, de l'ISO 6336-3 et de l'ISO 6336-5. Aucune des valeurs, aucun des coefficients de sécurité, ni aucune des données présentées ne sauraient être interprétés comme des critères recommandés pour des engrenages réels. Les données qui figurent dans le présent document visent à faciliter l'application des méthodes de calcul de l'ISO 6336-1, de l'ISO 6336-2, de l'ISO 6336-3 et de l'ISO 6336-5.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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 1122-1, *Vocabulaire des engrenages — Partie 1: Définitions géométriques*

ISO 6336 (toutes les parties), *Calcul de la capacité de charge des engrenages cylindriques à dentures droite et hélicoïdale*

3 Termes, définitions, symboles et unités

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 1122-1 et l'ISO 6336 s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>

3.2 Symboles et unités

Les unités de longueur choisies sont le mètre, le millimètre et le micromètre conformément à la pratique courante. Les conversions des unités sont déjà incluses dans les formules données.

Symbol	Description	Unit
a	entraxe	mm
B_1	constante	—
B_2	constante	—
B_f	nombre sans dimension	—
B_K	nombre sans dimension	—
B_p	nombre sans dimension	—
b	largeur de denture (largeur totale dans le cas d'une denture en chevron (à double hélice))	mm
b_B	largeur de denture d'une des hélices dans le cas d'une denture en chevron (à double hélice) ($b/2$)	mm
b_{eff}	largeur de denture commune en prise	mm
C_a	dépouille de tête	μm
C_B	facteur de crémaillère de référence	—
C_M	facteur de correction	—
C_R	facteur de corps de roue	—
C_{v1}	constante	—
C_{v2}	constante	—
C_{v3}	constante	—
C_{v4}	constante	—
C_{v5}	constante	—
C_{v6}	constante	—
C_{v7}	constante	—
C_{ZL}	exposant du facteur du film lubrifiant	—
C_{ZR}	exposant du facteur de rugosité	—
$c_{\gamma\alpha}$	valeur moyenne de la rigidité d'engrènement par unité de largeur de denture	$\text{N}/(\text{mm}\cdot\mu\text{m})$
$c_{\gamma\beta}$	valeur moyenne de la rigidité d'engrènement par unité de largeur de denture	$\text{N}/(\text{mm}\cdot\mu\text{m})$
c'	rigidité maximale par unité de largeur de denture d'un engrenage	$\text{N}/(\text{mm}\cdot\mu\text{m})$
c'_{th}	rigidité simple théorique	$\text{N}/(\text{mm}\cdot\mu\text{m})$
d_a	diamètre extérieur	mm
d_{an}	diamètre de tête virtuel	mm
d_{bn}	diamètre de base virtuel	mm
d_{en}	diamètre virtuel au point le plus haut de contact unique	mm
d_m	diamètre au cylindre moyen de la denture	mm
d_n	diamètre de référence virtuel	mm
d_w	diamètre primitif de fonctionnement	mm
E	valeur auxiliaire (pour le facteur de forme)	—
$F_{\beta x}$	désalignement équivalent initial	μm
$F_{\beta y}$	désalignement équivalent effectif	μm
f_{taeff}	écart de profil effectif après rodage	μm
F_M	effort tangentiel moyen	N
$f_{t\alpha}$	écart de forme de profil (ISO 1328-1:1995)	μm
$f_{H\beta}$	écart d'inclinaison d'hélice (ISO 1328-1:1995)	μm

Symbol	Description	Unit
f_{ma}	désalignement d'engrènement du aux écarts de fabrication	μm
f_{pb}	écart de pas de base apparent	μm
$f_{pb\text{eff}}$	écart individuel de pas effectif après rodage	μm
f_{pt}	écart de pas apparent (ISO 1328-1:1995)	μm
f_{sh}	désalignement équivalent	μm
F_t	effort tangentiel nominal dans le plan apparent	N
F_{tH}	effort tangentiel dans le plan apparent déterminant pour les contraintes	N
G	valeur auxiliaire (pour le facteur de forme)	—
H	valeur auxiliaire (pour le facteur de forme)	—
h	hauteur de dent	mm
h_{Fe}	bras de levier du moment de flexion	mm
h_{fP}	coefficient de creux de la crémaillère de référence	mm
h_K	chanfrein de tête	mm
K	constante	—
K_A	facteur d'application	—
$K_{F\alpha}$	facteur de distribution transversale de la charge	—
$K_{F\beta}$	facteur de distribution longitudinale de la charge	—
$K_{H\alpha}$	facteur de distribution transversale de la charge	—
$K_{H\beta}$	facteur de distribution longitudinale de la charge	—
K_v	facteur dynamique	—
k	nombre de dents pour la cote k dents	—
L	paramètre auxiliaire d'entaille	—
m_n	module normal	mm
m_{red}	masse réduite d'un engrenage par unité de largeur de denture	kg/mm
N	facteur de résonance	—
$n_{1,2}$	vitesse de rotation du pignon (ou de la roue)	min^{-1}
n_{E1}	vitesse de résonance	min^{-1}
N_F	exposant	—
N_L	nombre de cycles de mise en charge	—
p_{bn}	pas de base virtuel	mm
q	surépaisseur d'ébauche	mm
q_s	paramètre d'entaille	—
q_{sT}	paramètre d'entaille de l'éprouvette de référence normalisée	—
q'	flexibilité d'une paire de dents en contact	$(\text{mm}\cdot\mu\text{m})/\text{N}$
Ra	rugosité moyenne arithmétique, $Ra = 1/6 Rz$	μm
Rz	rugosité de surface moyenne crête à crête (comme spécifié dans l'ISO 4287 et l'ISO 4288)	μm
Rz_{10}	rugosité relative moyenne crête à crête d'un engrenage	μm
S_F	coefficient de sécurité pour la flexion	—
S_{Fn}	corde normale en pied de dent	mm
S_H	coefficient de sécurité pour la résistance à la pression de contact	—
s	décalage de la distance entre paliers	mm
s_{pr}	interférence de taillage résiduelle	mm
$T_{1,2}$	couple nominal sur le pignon/la roue	Nm
v	vitesse tangentielle	m/s

Symbol	Description	Unit
W_k	cote d'écartement sur k dents	mm
x	coefficient de déport nominal	—
x_E	coefficient de déport effectif	—
Y_B	facteur d'épaisseur de jante	—
Y_{DT}	facteur de hauteur de dent	—
Y_F	facteur de forme	—
Y_{NT}	facteur de durée de vie	—
Y_{RelT}	facteur d'état de surface relatif	—
Y_S	Facteur de concentration de contrainte	—
Y_{ST}	Facteur de concentration de contrainte relatif aux dimensions des engrenages d'essai de référence	—
Y_X	facteur de dimension	—
y_α	tolérance de rodage	μm
Y_β	facteur d'angle d'hélice	—
y_β	tolérance de rodage	μm
$Y_{\delta RelT}$	facteur de sensibilité relative à l'entaille pour la contrainte de référence	—
y_f	tolérance de rodage	μm
Z_B	facteur de contact unique	—
Z_β	facteur d'angle d'hélice	—
Z_D	facteur de contact unique	—
Z_E	facteur d'élasticité	N/mm^2
Z_ϵ	facteur de rapport de conduite	—
Z_H	facteur géométrique	—
Z_L	facteur lubrifiant	—
z	nombre de dents	—
z_n	nombre virtuel de dents	—
Z_{NT}	facteur de durée de vie	—
Z_R	facteur de rugosité	—
Z_v	facteur de vitesse	—
Z_W	facteur d'écrouissage	—
Z_X	facteur de dimension	—
α_n	angle de pression normal	$^\circ$
α_{en}	angle de pression du facteur de forme de l'engrenage droit équivalent	$^\circ$
α_{Fen}	angle de direction de charge au point le plus haut de contact unique de la roue à denture droite équivalente	$^\circ$
α_t	angle de pression apparent	$^\circ$
α_{wt}	angle de pression apparent de fonctionnement	$^\circ$
β	angle d'hélice	$^\circ$
ϵ_α	rapport de conduite apparent	—
$\epsilon_{\alpha n}$	rapport de conduite virtuel	—
ϵ_β	rapport de recouvrement	—
ϵ_γ	rapport de conduite total	—
γ	angle auxiliaire	$^\circ$
ν_{40}	viscosité cinématique du lubrifiant	mm^2/s
ρ	densité de matériau	kg/mm^3

Symbol	Description	Unit
ρ	rayon de courbure	mm
ρ_F	rayon du profil de raccordement en pied de dent	mm
ρ_{fP}	coefficient d'arrondi en pied du profil de crémaillère de référence	mm
ρ_{red}	rayon de courbure équivalent	mm
ρ'	épaisseur superficielle affectée par le glissement	mm
θ	valeur auxiliaire (pour le facteur de forme)	rad
σ_{FO}	contrainte de base en pied de dent	N/mm ²
σ_F	contrainte effective en pied de dent	N/mm ²
σ_{Flim}	contrainte admissible de référence (flexion)	N/mm ²
σ_{FP}	contrainte de flexion admissible en pied de dent	N/mm ²
$\sigma_{FPlonglife}$	contrainte de flexion admissible (longue durée de vie)	N/mm ²
σ_{FPref}	contrainte de flexion admissible (de référence)	N/mm ²
σ_H	pression de contact effective	N/mm ²
σ_{Hlim}	contrainte admissible de référence (pression de contact)	N/mm ²
σ_{HO}	pression de contact de base au point primitif	N/mm ²
σ_{HP}	pression de contact admissible	N/mm ²
$\sigma_{HPlonglife}$	pression de contact admissible (longue durée de vie)	N/mm ²
σ_{HPref}	pression de contact admissible (de référence)	N/mm ²
χ^*	gradient de contrainte relatif dans le fond d'une entaille	mm ⁻¹
χ^*_{pP}	gradient de contrainte – éprouvette polie	mm ⁻¹
χ^*_{T}	gradient de contrainte – éprouvette de référence	mm ⁻¹
1	pignon	—
2	roue	—
1..9	numérotation générale	—

4 Exemples pratiques

4.1 Généralités

Ce document donne des exemples de calcul du coefficient de sécurité pour la résistance à la pression de contact, S_H , et du coefficient de sécurité pour la rupture de dent, S_F . Pour tous les exemples dans lesquels diverses méthodes de calcul sont présentées pour la détermination de facteurs d'influence spécifiques, les méthodes d'approximation décrites dans les documents ISO 6336 s'appliquent. Si une méthode particulière est utilisée pour calculer un paramètre d'influence donné, elle est notée sous forme d'indice au niveau du facteur concerné (comme défini dans l'ISO 6336-1).

Dans les exemples présentés, les calculs basés sur les données d'entrée conduisent à des applications particulières de la méthode de calcul pour mettre en évidence l'influence de la géométrie, de la qualité de fabrication ou de l'application.

Dans l'exemple 1, la méthode de calcul complète est présentée avec les formules. Dans les calculs suivants, seuls les données d'entrée et les résultats sont fournis, sous forme de tableau.

Dans un certain nombre de cas, les exemples de calcul ci-après intègrent des éclaircissements concernant la méthode ou des critères particuliers qui diffèrent légèrement de ceux des définitions fournies dans l'ISO 6336-1, l'ISO 6336-2 et l'ISO 6336-3. Ces éclaircissements illustrent le but véritablement recherché par les méthodes présentées dans l'ISO 6336-1, l'ISO 6336-2 et l'ISO 6336-3, et sont définis en 4.2.

NOTE 1 Les calculs et les résultats présentés ont été produits au moyen de procédures informatisées. Dans le cas de calculs manuels, de petites différences peuvent apparaître entre les résultats.

NOTE 2 Dans les résultats présentés, toutes les valeurs de facteurs K sont arrondies à deux décimales près (X,XX); pour autant, dans les calculs réels, les valeurs non arrondies ont été utilisées pour déterminer les résultats correspondant à chaque facteur.

4.2 Remarques particulières

4.2.1 Calcul de l'écart de pas de base, f_{pb} , et application aux tolérances de rodage

La valeur de f_{pb} est calculée au moyen de la [Formule \(1\)](#) et s'applique sans être arrondie:

$$f_{pb} = f_{pt} \cdot \cos(\alpha_t) \quad (1)$$

où f_{pt} est donné par l'ISO 1328-1.

Le calcul du facteur de distribution transversale de la charge, $K_{H\alpha}$, et de la tolérance de rodage, y_α , reproduit le raisonnement issu de l'ISO 6336-1.

Les critères définis dans l'ISO 6336-1:2006, 8.3.1, note de bas de page n°12 ne doivent être appliqués qu'à l'ISO 6336-1:2006, 8.3.1 pour le calcul de $K_{H\alpha}$ et de $K_{F\alpha}$. Pour le calcul de la tolérance de rodage, y_α , selon l'ISO 6336-1:2006, 8.3.5, il convient donc de ne pas appliquer la note de bas de page n°12. Il convient de ne jamais remplacer f_{pb} par $f_{t\alpha}$, et il faut utiliser la plus grande des valeurs entre f_{pb1} et f_{pb2} pour la Formule (78).

4.2.2 Calcul de la rigidité d'engrènement, c_γ

Le calcul de la rigidité d'engrènement, c_γ , selon la méthode B de l'ISO 6336-1:2006, 9.3.2 est utilisé pour tous les exemples de calcul. Le coefficient de déport nominal, x , et le creux de la crémaillère de référence, h_{fp} , sont utilisés pour tous les calculs de c_γ . Le coefficient de déport de fabrication, x_E , n'est pas utilisé, même si x_E est utilisé pour d'autres calculs de résistance associés au pied de dent (par exemple, exemple 7).

4.2.3 Application des facteurs d'influence film lubrifiant, Z_L , Z_v et Z_R , dureté, Z_W , et dimension, Z_X

Selon les documents ISO 6336, les valeurs de la pression de contact admissible de référence pour l'état statique et l'état de référence, y compris tous les facteurs d'influence applicables définis, devront être calculées. Pour une durée de vie limitée, une interpolation linéaire sur une échelle log-log, selon la méthode utilisée pour Z_{NT} , entre ces deux valeurs doit être appliquée. L'interpolation additionnelle pour les facteurs Z_L , Z_v et Z_R et Z_W , Z_X ne s'applique pas.

4.2.4 Application du facteur d'écrouissage, Z_W

Dans l'exemple 5, dans lequel un pignon durci superficiellement est utilisé avec une roue traitée dans la masse, le calcul de Z_W est utilisé et appliqué séparément pour le pignon et pour la roue, c'est-à-dire que $Z_{W1} = 1,0$ pour le pignon durci et que Z_{W2} est calculé conformément à l'ISO 6336-2:2006, 13.2. Cela s'explique par le fait que seul le membre le plus tendre bénéficie de l'effet d'écrouissage. Dans tous les autres cas où les deux engrenages sont soit traités dans la masse, soit durcis superficiellement, $Z_{W1,2} = 1$ pour le pignon comme pour la roue.

4.2.5 Détermination de R_z

La détermination de R_z à partir des valeurs de R_a telles que spécifiées s'appuie sur l'approximation suggérée dans l'ISO 6336-2:2006, 12.3.1.3.1, note de bas de page n°3, où $R_z = 6 R_a$.

4.2.6 Largeur de denture pour les calculs impliquant des engrenages à denture en chevron (à double hélice)

Dans les calculs qui impliquent des engrenages à denture en chevron (à double hélice) (comme dans l'exemple 7), pour l'application de l'ISO 6336-2:2006, Formule (35), b_B doit être utilisé à la place de b .

4.2.7 Calcul de ε_β pour les engrenages à denture en chevron (à double hélice)

Pour le calcul de ε_β pour les engrenages à denture en chevron (à double hélice), il convient que la valeur s'applique à une seule hélice. Par exemple, il convient de remplacer la valeur de la largeur de denture b par b_B .

4.2.8 Calcul de $f_{H\beta 5}$ et de $f_{H\beta}$

Le calcul de $f_{H\beta 5}$ utilisé pour déterminer le désalignement équivalent initial, $F_{\beta x}$, dans l'ISO 6336-1:2006, 7.5.2.3 est réalisé conformément à l'ISO 1328-1:1995 pour la classe de tolérance 5, et l'arrondi requis est appliqué.

4.2.9 Tolérances d'hélice $f_{H\beta 5}$ et $f_{H\beta}$ pour les engrenages à denture en chevron (à double hélice)

Pour calculer les valeurs d'écart d'hélice, $f_{H\beta 5}$ et $f_{H\beta}$, pour les engrenages à denture en chevron (à double hélice), il convient d'utiliser la largeur de denture d'une seule hélice, c'est-à-dire b_B .

4.2.10 Calcul du diamètre de pied, d_f

Pour tous les calculs décrits dans le présent document, le diamètre de pied, d_f , est calculé au moyen du coefficient de déport nominal, x , et non du coefficient de déport effectif, x_E .

4.2.11 Amendement à l'ISO 6336-3:2006, Formule (10), valeur auxiliaire E

Dans l'ISO 6336-3:2006, Formule (10), il convient de remplacer le symbole ρ_{fp} par ρ_{fpv} .

4.2.12 Calcul pour les engrenages à denture intérieure

Dans tous les calculs qui impliquent des engrenages à denture intérieure (exemple 6), les données d'entrée utilisent des valeurs de diamètre négatives comme défini dans l'ISO 6336. Pour autant, il convient de noter que cet usage diffère de la terminologie de l'ISO 21771, qui utilise des valeurs positives.

4.3 Exemple 1: engrenage à denture hélicoïdale simple cémentée trempée et revenue

Pour l'exemple 1, les valeurs d'entrée et de sortie sont données dans les [Tableaux 2](#) et [3](#), respectivement.

Le calcul est présenté en détail à l'[Annexe A](#).

Tableau 2 — Valeurs d'entrée pour l'exemple 1

Type	Description	Unité	Symbole	Pignon	Roue
Géométrie	Nombre de dents	—	z	17	103
	Module normal	mm	m_n	8,00	
	Angle de pression normal	—	α	20,00	
	Angle d'hélice	—	β	15,80	
	Sens de l'hélice	—	—	Gauche	Droite
	Largeur de denture (totale)	mm	b	100,00	100,00
	Largeur de gorge centrale	mm	—	0	0
	Chanfrein d'extrémité	mm	—	0,00	0,00

Tableau 2 (suite)

Type	Description	Unité	Symbole	Pignon	Roue
	Largeur de denture commune en prise (totale)	mm	b_{eff}	100,00	
	Entraxe	mm	a	500,00	
	Cote d'écartement sur k dents	mm	W_k	38,196	307,943
	Nombre de dents pour la cote k dents	—	k	2	13
Géométrie	Dimension entre les billes	mm	M_{dK}	—	—
	Diamètre des billes	mm	D_M	—	—
	Coefficient de déport nominal	—	x	0,145	0,000
	Coefficient de déport de fabrication (pour réf. uniquement)	—	x_E	(0,118)	(-0,027)
	Diamètre extérieur	mm	d_a	159,66	872,35
	Coefficient de creux de la crémaillère de référence	—	h_{fp}/m_n	1,400	1,400
	Chanfrein de tête	mm		0,00	0,00
	Coefficient d'arrondi en pied du profil de crémaillère de référence	—	ρ_{fp}/m_n	0,39	0,39
	Dégagement de pied de la crémaillère de référence telle que découpée	mm	p_r	0,00	0,00
	Surépaisseur d'ébauche	mm	q	0,00	0,00
	Interférence de taillage résiduelle (calculé: $p_r - q$)	mm	s_{pr}	0,00	0,00
	Nombre de dents de l'outil pignon	—	z_0	—	—
	Déport de l'outil pignon (réf.)	—	x_0	—	—
	Procédé de finition des flancs	—	—	Brute de taillage	Brute de taillage
	Procédé de finition des pieds de dent	—	—	Brute de taillage	Brute de taillage
	Coefficient de déport utilisé pour les calculs	—	—	Nominal (x)	Nominal (x)
	Dépouille de tête	μm	C_a	70	
Tolérancement	Classe de tolérance ISO	—	—	5	5
	Écart individuel de pas	μm	f_{pt}	8,0	9,5
	Écart de forme de profil	μm	f_{fa}	10,0	12,0
	Écart d'inclinaison d'hélice	μm	$f_{\text{H}\beta}$	8,5	9,5
	Rugosité de surface – flanc R_a (Rz)	μm		1,0 (6,0)	1,0 (6,0)
	Rugosité de surface – profil de raccordement R_a (Rz)	μm	—	3,0 (18,0)	3,0 (18,0)
Matériau	Matériau	—	—	Eh	Eh
	Qualité du matériau	—	—	MQ	MQ
	Dureté superficielle	—	—	60 HRC	60 HRC
	Dureté à cœur	—	—	30 HRC	30 HRC
	Module de Young	N/mm ²	E	206 000	206 000
	Coefficient de Poisson	—	ν	0,3	0,3
	Limite élastique/limite élastique conventionnelle	N/mm ²	$\sigma_S/\sigma_{0.2}$	—	—
	Grenailage de précontrainte	—	—	Non	Non
	Formation limitée de piquûres admise	—	—	Non	Non
	Facteur d'application	—	$K_{\text{A-A}}$	1,00	