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

**Partie 3:
Calcul de la tenue en fatigue à la
flexion en pied de dent**

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Calculation of load capacity of spur and helical gears —

Part 3: Calculation of tooth bending strength

[SIST ISO 6336-3:2020](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/cbacfd8a-81f3-4488-b433-3720456100ad/sist-iso-6336-3-2020)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/cbacfd8a-81f3-4488-b433-3720456100ad/sist-iso-6336-3-2020>



iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

SIST ISO 6336-3:2020

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/cbacfd8a-81f3-4488-b433-3720456100ad/sist-iso-6336-3-2020>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2019

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, 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, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office

Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8

CH-1214 Vernier, Genève

Tél.: +41 22 749 01 11

E-mail: copyright@iso.org

Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos.....	v
Introduction.....	vii
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes, définitions, symboles et termes abrégés	2
3.1 Termes et définitions.....	2
3.2 Symboles et termes abrégés.....	2
4 Rupture de dent et coefficients de sécurité	7
5 Formules de base	7
5.1 Généralités.....	7
5.2 Coefficient de sécurité pour la contrainte de flexion (sécurité contre la rupture de dent), S_F	7
5.3 Contrainte en pied de dent, σ_F	8
5.3.1 Généralités.....	8
5.3.2 Méthode A.....	8
5.3.3 Méthode B.....	8
5.4 Contrainte de flexion admissible en pied de dent, σ_{FP}	10
5.4.1 Généralités.....	10
5.4.2 Méthodes de détermination de la contrainte de flexion admissible en pied de dent, σ_{FP} — Principes, hypothèses et application.....	10
5.4.3 Contrainte de flexion admissible, σ_{FP} : Méthode B.....	11
5.4.4 Contrainte de flexion admissible, σ_{FP} , pour une durée de vie limitée et une grande durée de vie: Méthode B.....	12
6 Facteurs de forme, Y_F	14
6.1 Généralités.....	14
6.2 Calcul du facteur de forme Y_F : Méthode B.....	15
6.2.1 Généralités.....	15
6.2.2 Paramètres des roues dentées virtuelles.....	17
6.2.3 Corde normale en pied de dent, s_{Fn} , rayon du profil de raccordement en pied de dent, ρ_F , bras de levier du moment de flexion, h_{Fe} pour roues à dentures extérieures générées par fraise-mère.....	18
6.2.4 Corde normale en pied de dent, s_{Fn} , rayon du profil de raccordement en pied de dent, ρ_F , bras de levier du moment de flexion, h_{Fe} , pour des roues à dentures extérieures générées avec un outil-pignon.....	19
6.2.5 Corde normale en pied de dent, s_{Fn} , rayon du profil de raccordement en pied de dent, ρ_F , bras de levier du moment de flexion, h_{Fe} , pour des roues à dentures intérieures générées avec un outil-pignon.....	24
7 Facteurs de concentration de contraintes, Y_S	24
7.1 Usage de base.....	24
7.2 Facteur de concentration de contraintes, Y_S : Méthode B.....	25
7.3 Facteur de concentration de contrainte pour roue dentée avec entaille dans le profil de raccordement en pied de dent.....	25
7.4 Facteur de concentration de contraintes, Y_{ST} , approprié aux dimensions de la roue dentée d'essai de référence standard.....	26
8 Facteur d'inclinaison, Y_β	26
8.1 Généralités.....	26
8.2 Valeurs graphiques.....	26
8.3 Détermination par calcul.....	27
9 Facteur d'épaisseur de jante, Y_B	27
9.1 Généralités.....	27
9.2 Valeurs graphiques.....	28

9.3	Détermination par calcul	28
9.3.1	Roues à dentures extérieures	28
9.3.2	Roues à dentures intérieures	28
10	Facteur de profondeur de dent, Y_{DT}	29
10.1	Généralités	29
10.2	Valeurs graphiques	29
10.3	Détermination par calcul	29
11	Contrainte nominale de référence pour la flexion	30
11.1	Généralités	30
11.2	Contrainte nominale de référence pour la Méthode A	30
11.3	Contrainte de référence avec les valeurs de σ_{Flim} et σ_{Flim} pour la Méthode B	30
12	Facteur de durée de vie, Y_{NT}	30
12.1	Généralités	30
12.2	Facteur de durée de vie Y_{NT} : Méthode A	31
12.3	Facteur de durée de vie Y_{NT} : Méthode B	31
12.3.1	Généralités	31
12.3.2	Valeurs graphiques	31
12.3.3	Détermination par calcul	32
13	Facteur de sensibilité à l'entaille, $Y_{\delta T}$, et facteurs de sensibilité relative à l'entaille, $Y_{\delta rel T}$	33
13.1	Bases de l'utilisation	33
13.2	Détermination des facteurs de sensibilité à l'entaille	33
13.2.1	Généralités	33
13.2.2	Méthode A	33
13.2.3	Méthode B	33
13.3	Facteur de sensibilité relative à l'entaille, $Y_{\delta rel T}$: Méthode B	34
13.3.1	Valeurs graphiques	34
13.3.2	Détermination par calcul	34
14	Facteurs d'état de surface, Y_R, Y_{RT}, et facteurs d'état de surface relatif, $Y_{R rel T}$	39
14.1	Influence de l'état de surface	39
14.2	Détermination des facteurs d'état de surface et des facteurs relatifs d'état de surface	40
14.2.1	Généralités	40
14.2.2	Méthode A	40
14.2.3	Méthode B	40
14.3	Facteur d'état de surface relatif, $Y_{R rel T}$: Méthode B	40
14.3.1	Valeurs graphiques	40
14.3.2	Détermination par calcul	41
15	Facteur de dimension, Y_X	42
15.1	Généralités	42
15.2	Facteur de dimension, Y_X : Méthode A	42
15.3	Facteur de dimension, Y_X : Méthode B	42
15.3.1	Généralités	42
15.3.2	Valeurs graphiques, Y_X , pour la contrainte de référence et la contrainte statique	43
15.3.3	Détermination par calcul	43
Annexe A (normative) Contrainte de flexion admissible, σ_{FP}, obtenue à partir d'éprouvettes entaillées non-polies ou d'éprouvettes non-entaillées polies		45
Annexe B (informative) Valeurs indicatives pour le facteur d'influence de contrainte moyenne, Y_M		53
Annexe C (informative) Dérivation de la force normale déterminante de la denture des engrenages cylindriques		55
Bibliographie		56

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/iso/fr/avant-propos.html.

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

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition (ISO 6336-3:2006) qui a fait l'objet d'une révision technique. Le rectificatif technique ISO 6336-3:2006/Cor.1:2008 est incorporé.

Les principales modifications par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

- modification du facteur Y_β à [l'Article 8](#) «Facteur d'inclinaison, Y_β »;
- modification du facteur Y_F à [6.2](#) «Calcul du facteur de forme Y_F : Méthode B»;
- intégration du [6.2.4](#) «Corde normale en pied de dent, s_{Fn} , rayon du profil de raccordement en pied de dent, ρ_F , bras de levier du moment de flexion, h_{Fe} , pour des engrenages externes générés avec un outil-pignon»;
- intégration du [6.2.5](#) «Corde normale en pied de dent, s_{Fn} , rayon du profil de raccordement en pied de dent, ρ_F , bras de levier du moment de flexion, h_{Fe} , pour des couronnes à dentures intérieure générées avec un outil-pignon»;
- intégration d'une nouvelle [Annexe C](#).

Une liste de toutes les parties de la série ISO 6336 se trouve sur le site Web de l'ISO.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse www.iso.org/fr/members.html.

La présente version corrigée de l'ISO 6336-3:2019 inclut les corrections suivantes:

— l'indication de l'angle de 90° au milieu de la [Figure 5 b\)](#) a été corrigée.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

SIST ISO 6336-3:2020

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/cbacfdda-81f3-4488-b433-3720456100ad/sist-iso-6336-3-2020>

Introduction

La série ISO 6336 (toutes les parties) 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 modes opératoires spécifiés dans les parties 1 à 19 de la série ISO 6336 traitent des analyses de la fatigue pour l'évaluation de la tenue en fatigue des engrenages. Les modes opératoires décrits dans les parties 20 à 29 de la série ISO 6336 sont principalement associés au comportement tribologique du contact de surface des flancs de denture lubrifiée. Les parties 30 à 39 de la série ISO 6336 incluent des exemples de calcul. La série ISO 6336 permet d'ajouter de nouvelles parties sous des numéros appropriés, afin d'intégrer les connaissances acquises ultérieurement.

Toute demande de calculs selon la série 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 calculs supplémentaires sont requis, la ou les partie(s) pertinente(s) de la série ISO 6336 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.

SIST ISO 6336-3:2020

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/cbacfd8a-81f3-4488-b433-3720456100ad/sist-iso-6336-3-2020>

Tableau 1 — Parties de la série 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 tenue en fatigue à la pression de contact (écaillage)	X		
Partie 3: Calcul de la tenue en fatigue 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, 2, 3, 5			X
Partie 31: Exemples de calcul de la capacité de charge aux micropiqûres (remplace: ISO/TR 15144-2)			X

La contrainte maximale de traction en pied de dent, qui ne peut excéder la contrainte de flexion admissible pour le matériau, est la base du calcul de la capacité de charge à la flexion des dents des roues dentées. Cette contrainte apparaît dans «les profils de raccordement en pied de dent en traction», du côté des flancs actifs de la denture. Si la force est telle qu'elle provoque la formation de fissures, celles-ci apparaissent souvent en priorité dans les profils de raccordement en pied de dent où la contrainte de compression est générée, c'est-à-dire dans les «profils de raccordement en pied de dent en compression», qui sont ceux du côté des flancs non actifs de la denture. Lorsque le chargement des dentures est unidirectionnel de type répété et que les dents sont de forme standard, ces fissures ne se propagent que rarement jusqu'à la rupture. Les ruptures dues à la propagation des fissures sont généralement le fait d'amorces initiées dans les profils de raccordement en pied de dent sollicités en traction.

La tenue en fatigue des dents soumises à chaque tour à un chargement de type alterné, tel que les roues dentées intermédiaires, est plus faible que pour une sollicitation de type unidirectionnel répétée. Dans ce cas l'amplitude totale de la contrainte est supérieure à plus de deux fois la contrainte de traction apparaissant dans le profil de raccordement en pied de dent des flancs chargés. Cela est pris en compte dans le calcul des contraintes admissibles (voir l'ISO 6336-5).

Quand les jantes des roues dentées sont minces et que les intervalles de dents adjacents à la surface de pied sont étroits (conditions qui peuvent se rencontrer en particulier avec des couronnes à dentures intérieures), les fissures apparaissent habituellement dans le profil de raccordement des flancs sollicités en compression. Puisque, dans de tels cas, la jante peut à elle seule subir une rupture de fatigue, des études particulières sont nécessaires. Voir l'Article 1.

Plusieurs méthodes de calcul de la contrainte critique en pied de dent et d'évaluation des facteurs associés ont été approuvées. Voir l'ISO 6336-1.

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

Partie 3:

Calcul de la tenue en fatigue à la flexion en pied de dent

IMPORTANT — L'utilisateur du présent document est mis en garde que, lorsqu'il utilise la méthode spécifiée pour de grands angles d'hélice ($\beta > 30^\circ$) et de grands angles de pression normals, ($\alpha_n > 25^\circ$), il convient que les résultats calculés soient confirmés par l'expérience ainsi que par la Méthode A.

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les formules fondamentales à utiliser pour le calcul de la capacité de charge à la flexion des dents à profil en développante de cercle des roues dentées à denture droite et hélicoïdale, et présentant, sous le pied de dent, une épaisseur de jante telle que $s_r > 0,5 h_t$ pour les roues dentées à dentures extérieures et $s_r > 1,75 m_n$ pour les roues dentées à dentures intérieures. En service, les dentures intérieures peuvent subir des modes de défaillance autres que la fatigue en flexion en pied de dent, c'est-à-dire des fissures commençant au diamètre de pied pour évoluer radialement vers l'extérieur. Le présent document n'assure pas une sécurité appropriée contre des modes de défaillance autres que la fatigue en flexion en pied de dent. Il tient compte de tous les paramètres agissant sur la contrainte en pied de dent, pour autant que ceux-ci résultent des forces appliquées sur la denture et qu'ils puissent être évalués quantitativement.

Le présent document inclut des procédures basées sur des essais et des études théoriques telles que les travaux de Hirt^[1], Strasser^[4] et Brössmann^[10]. Les résultats sont en corrélation avec les autres méthodes (Références [5], [6], [7] et [12]). Les formules données sont valables pour des roues cylindriques à dentures droite et hélicoïdale, avec des profils de denture conformes au tracé de profil crémaillère de référence de l'ISO 53. Elles peuvent aussi être appliquées à des dentures conjuguées à un autre tracé de profil crémaillère de référence, si le rapport de conduite virtuel ne dépasse pas $\varepsilon_{\alpha n} = 2,5$.

La capacité de charge déterminée à partir de la contrainte admissible en pied de dent est appelée «tenue en fatigue à la flexion en pied de dent». Les résultats sont en concordance avec ceux obtenus par d'autres méthodes pour la plage indiquée dans le domaine d'application de l'ISO 6336-1.

Si ce domaine d'application n'est pas applicable, se référer à l'ISO 6336-1:2019, Article 4.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils 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 53:1998, *Engrenages cylindriques de mécanique générale et de grosse mécanique — Tracé de référence*

ISO 1122-1:1998, *Vocabulaire des engrenages — Partie 1: Définitions géométriques*

ISO 4287:1997, *Spécification géométrique des produits (GPS) — État de surface: Méthode du profil — Termes, définitions et paramètres d'état de surface*

ISO 4287:1997/Cor 1:1998, *Spécification géométrique des produits (GPS) — État de surface: Méthode du profil — Termes, définitions et paramètres d'état de surface — Rectificatif technique 1*

ISO 4287:1997/Cor 2:2005, *Spécification géométrique des produits (GPS) — État de surface: Méthode du profil — Termes, définitions et paramètres d'état de surface — Rectificatif technique 2*

ISO 4287:1997/Amd 1:2009, *Spécification géométrique des produits (GPS) — État de surface: Méthode du profil — Termes, définitions et paramètres d'état de surface — Amendement 1: Nombre de pics*

ISO 4288:1996, *Spécification géométrique des produits (GPS) — État de surface: Méthode du profil — Règles et procédures pour l'évaluation de l'état de surface*

ISO 6336-1, *Calcul de la capacité de charge des engrenages cylindriques à dentures droite et hélicoïdale — Partie 1: Principes de base, introduction et facteurs généraux d'influence*

ISO 6336-5, *Calcul de la capacité de charge des engrenages cylindriques à dentures droite et hélicoïdale — Partie 5: Résistance et qualité des matériaux*

3 Termes, définitions, symboles et termes abrégés

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les définitions donnés dans les ISO 1122-1:1998 et ISO 6336-1 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 <http://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>

3.2 Symboles et termes abrégés

Pour les besoins du présent document, les symboles et les termes abrégés donnés dans les ISO 1122-1:1998, ISO 6336-1 et dans le [Tableau 2](#) s'appliquent.

Tableau 2 — Symboles et termes abrégés utilisés dans le présent document

Termes abrégés	
Terme	Description
Eh	appellation matière pour les aciers forgés, cémentés trempés et revenus
GG	appellation matière pour fonte grise
GGG	appellation matière pour fontes ductiles (structure perlitique, bainitique, ferritique)
GTS	appellation matière pour fontes malléables (structure perlitique)
IF	appellation matière pour les aciers forgés, durcis superficiellement par trempe après chauffage à la flamme ou par induction
M	point
NT	appellation matière pour aciers forgés de nitruration, nitrurés
NV	appellation matière pour les aciers forgés trempés à cœur, de nitruration nitrocarburés
^a Pour les engrenages à denture extérieure a , d , d_a , z_1 et z_2 sont positifs; pour les engrenages à denture intérieure, a , d , d_a et z_2 ont un signe négatif, z_1 a un signe positif. Tous les diamètres calculés ont un signe négatif pour les roues dentées à denture intérieure.	

Tableau 2 (suite)

Termes abrégés		
Terme	Description	
St	appellation matière pour acier de base normalisé ($\sigma_B < 800 \text{ N/mm}^2$)	
V	appellation matière pour acier alliages ou carbone forgés trempés et revenus ($\sigma_B \geq 800 \text{ N/mm}^2$)	
X	coordonnée-x	
Y	coordonnée-y	
Symboles		
Symbole	Description	Unité
a_0	entraxe de fabrication	mm
b	largeur de denture	mm
b_B	largeur de denture d'une hélice sur une roue dentée à denture hélicoïdale double (chevron)	mm
d	diamètre (sans indice, diamètre de référence ^a)	mm
d_a	diamètre de tête ^a	mm
d_{an}	diamètre de tête de la roue dentée virtuelle	mm
d_b	diamètre de base	mm
d_{bn}	diamètre de base de la roue dentée virtuelle	mm
d_{b0}	diamètre de base de l'outil-pignon	mm
d_{en}	diamètre au point de contact unique de la roue dentée virtuelle	mm
d_n	diamètre de référence de la roue dentée virtuelle à denture droite	mm
d_{Na}	diamètre actif de tête de la roue dentée	mm
d_w	diamètre primitif de fonctionnement	mm
d_0	diamètre de référence de l'outil-pignon	mm
E	valeur auxiliaire	mm
F_b	force (nominale) normale à la ligne de contact ou apparente au plan d'action	N
F_{bn}	force (nominale) normale à la ligne de contact	N
F_{bt}	force tangentielle apparente (nominale) dans le plan d'action (plan de base tangent)	N
F_{Rhigh}	force par unités de largeur de denture du flanc le plus chargé	N/mm
F_{Rlow}	force par unité de largeur de denture du flanc le moins chargé	N/mm
F_t	force tangentielle apparente au cylindre de référence (nominal) par engrènement	N
F_w	force tangentielle (nominale) au cylindre primitif de fonctionnement	N
f_ε	facteur d'influence de répartition de la charge	—
G	valeur auxiliaire	—
H	valeur auxiliaire	—
h_{aP}	saillie de la crémaillère de référence pour les roues dentées cylindriques	mm
h_{aP0}	saillie de l'outil	mm
h_{Fe}	bras de levier du moment de flexion pour la contrainte en pied de dent pour l'application de la force au point le plus haut de contact unique de la roue dentée virtuelle considérée	mm
h_{fP}	creux de la crémaillère de référence de la roue dentée (l'ISO 53:1998 doit s'appliquer)	mm
h_t	hauteur de la denture	mm
K	distance entre le point M et le point de contact des cercles primitifs	mm
K_A	facteur d'application	—

^a Pour les engrenages à denture extérieure, a , d , d_a , z_1 et z_2 sont positifs; pour les engrenages à denture intérieure, a , d , d_a et z_2 ont un signe négatif, z_1 a un signe positif. Tous les diamètres calculés ont un signe négatif pour les roues dentées à denture intérieure.

Tableau 2 (suite)

Symboles		
Symbole	Description	Unité
$K_{F\alpha}$	facteur de distribution transversale de la charge (contrainte en pied)	—
$K_{F\beta}$	facteur de distribution longitudinale de la charge (contrainte en pied)	—
K_v	facteur dynamique	—
K_y	facteur de répartition de charge	—
L	valeur auxiliaire	—
M	rapport de contrainte moyen	—
m_n	module normal	mm
N_L	nombre de cycles de charge	—
p_{bn}	pas de base normal	mm
pr	protubérance de l'outils	mm
q	surépaisseur de matière par flanc pour l'usinage en finition	mm
q_s	paramètre d'entaille, $q_s = s_{Fn}/2\rho_F$	—
q_{sk}	paramètre d'entaille de l'éprouvette entaillée non-polie	—
q_{sT}	paramètre d'entaille de la roue dentée d'essai de référence standard	—
R	rapport de contrainte	—
Rz	rugosité moyenne crête-à-crête (l'ISO 4287:1997 y compris les ISO 4287:1997/Cor 1:1998, ISO 4287:1997/Cor 2:2005, ISO 4287:1997/Amd 1:2009 et ISO 4288:1996 doivent s'appliquer)	μm
Rz_k	rugosité moyenne crête-à-crête de l'éprouvette entaillée non-polie brute	μm
Rz_T	rugosité moyenne crête-à-crête dans le rayon de raccordement des engrenages de référence standards (voir l'ISO/TR 10064-4)	μm
r	rayon	mm
r_{a0}	rayon d'arrondi de tête de l'outil de taillage	mm
r_{b0}	rayon de base de l'outil de coupe	mm
r_M	rayon passant par le centre du rayon de tête de l'outil de coupe	mm
r_w	fabrication du rayon du cercle primitif	mm
r_{w0}	rayon du cercle primitif de taillage (de fabrication)	mm
S	coefficient de sécurité	—
S_F	coefficient de sécurité pour la rupture de la denture	—
$S_{F\min}$	coefficient de sécurité minimum exigé pour la contrainte en pied	—
s_{Fn}	épaisseur à la corde en pied de dent dans la section critique	mm
s_{pr}	Interférence de taillage résiduelle dans le profil de raccordement en pied de dent, $s_{pr} = pr - q$	mm
s_R	épaisseur de jante	mm
T	valeur auxiliaire	—
t_g	profondeur maximale de l'entaille de rectification	mm
u_0	rapport d'engrenage au taillage (à l'outil pignon)	—
X_M	coordonnée-x du point M	mm
x	coefficient de déport	—
$x_{E\min}$	le plus petit coefficient de déport	—
x_0	coefficient de déport de l'outil-pignon	—

^a Pour les engrenages à denture extérieure a , d , d_a , z_1 et z_2 sont positifs; pour les engrenages à denture intérieure, a , d , d_a et z_2 ont un signe négatif, z_1 a un signe positif. Tous les diamètres calculés ont un signe négatif pour les roues dentées à denture intérieure.

Tableau 2 (suite)

Symboles		
Symbole	Description	Unité
Y_B	facteur d'épaisseur de jante, qui adapte la contrainte en pied de dent calculée pour les roues dentées à jante mince	—
Y_{DT}	facteur de profondeur de dent	—
Y_F	facteur de forme de la denture, pour l'influence sur la contrainte nominale en pied de la dent avec une force appliquée au point le plus haut de contact unique	—
Y_M	facteur d'influence de contrainte moyenne (voir l'Annexe B)	—
Y_M	coordonnée-y du point M	mm
Y_{Nk}	facteur de durée de vie pour la contrainte en pied de dent, considéré pour l'éprouvette entaillée non-polie	—
Y_{Np}	facteur de durée de vie pour la contrainte en pied de dent, considéré pour l'éprouvette non-entaillée polie	—
Y_{NT}	facteur de durée de vie pour la contrainte en pied de dent pour les conditions d'essai de référence	—
Y_R	facteur de rugosité en pied de dent (considéré pour l'éprouvette non-entaillée polie)	—
Y_{Rk}	facteur de rugosité	—
Y_{R0}	facteur de rugosité de l'éprouvette non-entaillée polie	—
$Y_{R\text{rel } k}$	facteur de rugosité relatif, quotient du facteur de rugosité en pied de dent de la roue dentée considéré et du facteur de rugosité de l'éprouvette entaillée non-polie, $Y_{R\text{rel } k} = Y_R / Y_{Rk}$	—
$Y_{R\text{rel } T}$	facteur de rugosité relatif, quotient du facteur de rugosité en pied de la dent de l'engrenage considéré et du facteur de rugosité en pied de dent de la roue dentée d'essai de référence, $Y_{R\text{rel } T} = Y_R / Y_{RT}$	—
Y_{RT}	facteur de rugosité en pied de dent des roues dentées d'essai de référence	—
Y_S	facteur concentration de contrainte, pour la conversion de la contrainte en pied de dent, déterminé pour l'application de la force au point le plus haut de contact unique de la dent, contrainte locale du pied de dent	—
Y_{Sg}	facteur de concentration de contrainte, considéré pour la pièce entaillée non-polie	—
Y_{Sk}	facteur de concentration de contrainte, considéré pour l'éprouvette entaillée non-polie	—
Y_{ST}	facteur de concentration de contrainte, considéré pour les dimensions de la roue dentée d'essai de référence	—
Y_X	facteur de dimension (pied de dent)	—
Y_β	facteur d'angle d'hélice (pied de dent)	—
Y_δ	facteur de sensibilité à l'entaille de l'engrenage réel (relatif à une éprouvette polie non-entaillée polie)	—
$Y_{\delta k}$	facteur de sensibilité à l'entaille d'une éprouvette entaillée non-polie, par rapport à une éprouvette non-entaillée polie	—
$Y_{\delta T}$	facteur de sensibilité à l'entaille pour la roue dentée d'essai de référence standard, par rapport à une éprouvette non-entaillée polie	—
$Y_{\delta\text{rel } T}$	facteur de sensibilité à l'entaille relatif, quotient du facteur de sensibilité de l'entaille de la roue dentée considérée et du facteur de sensibilité de la roue dentée d'essai de référence standard, $Y_{\delta\text{rel } T} = Y_\delta / Y_{\delta T}$	—
y	valeur auxiliaire	° ou rad
y'	valeur auxiliaire	—

^a Pour les engrenages à denture extérieure a , d , d_a , z_1 et z_2 sont positifs; pour les engrenages à denture intérieure, a , d , d_a et z_2 ont un signe négatif, z_1 a un signe positif. Tous les diamètres calculés ont un signe négatif pour les roues dentées à denture intérieure.

Tableau 2 (suite)

Symboles		
Symbole	Description	Unité
z	nombre de dents ^a	—
z_n	nombre de dents virtuel d'une roue dentée hélicoïdale	—
z_0	nombre de dents de l'outil-pignon	—
z_{0v}	nombre de dents équivalent de l'outil-pignon	—
α_{en}	angle de pression au point le plus haut de contact unique de la roue dentée virtuelle à denture droite	°
α_{Fen}	angle de direction de la force, pertinent pour la direction de l'application de la force au point le plus haut de contact unique de la roue dentée virtuelle à denture droite	°
α_M	angle de pression apparent au rayon du point M	°
α_n	angle de pression normal	°
α_w	angle de pression apparent de fonctionnement	°
α_{w0}	angle de pression au primitif de taillage	°
α_x	angle de pression apparent du profil crémaillère de référence	°
β_b	angle d'hélice de base	°
γ	angle auxiliaire	°
γ_e	angle auxiliaire de la roue dentée virtuelle	° ou rad
$\Delta\alpha$	demi-angle d'épaisseur au point M	°
Δh	valeur auxiliaire	mm
$\Delta h'$	valeur auxiliaire	mm
δ	valeur auxiliaire	°
ε	rapport de conduite	—
ε_α	rapport de conduite apparent	—
ε_{an}	rapport de conduite virtuel de l'engrenage virtuel à denture droite	—
ε_β	rapport de recouvrement	—
θ	angle tangentiel	° ou rad
λ	valeur auxiliaire	—
ξ	valeur auxiliaire	—
ρ_{a0}	rayon d'arrondi de tête de l'outil de taillage	mm
ρ_F	rayon du profil de raccordement en pied de dent dans la section critique	mm
ρ_{FP}	rayon du profil de raccordement en pied de dent du profil crémaillère de référence pour les engrenages cylindriques	mm
ρ_g	rayon de l'entaille de rectification	mm
ρ'	épaisseur de la couche de glissement	mm
σ	contrainte normale	N/mm ²
σ_B	résistance à la traction	N/mm ²
σ_F	contrainte en pied de dent (effective)	N/mm ²
σ_{FE}	contrainte admissible de référence (flexion), $\sigma_{FE} = \sigma_{F\lim} Y_{ST}$	N/mm ²
σ_{FG}	limite de la flexion en pied de dent (effective)	N/mm ²
$\sigma_{F\lim}$	contraintes nominales de référence (flexion)	N/mm ²
σ_{FP}	contrainte de flexion admissible	N/mm ²

^a Pour les engrenages à denture extérieure a, d, d_a, z_1 et z_2 sont positifs; pour les engrenages à denture intérieure, a, d, d_a et z_2 ont un signe négatif, z_1 a un signe positif. Tous les diamètres calculés ont un signe négatif pour les roues dentées à denture intérieure.

Tableau 2 (suite)

Symboles		
Symbole	Description	Unité
$\sigma_{FP\text{ stat}}$	contrainte de flexion admissible pour la contrainte statique	N/mm ²
$\sigma_{FP\text{ ref}}$	contrainte de flexion admissible pour la contrainte de référence	N/mm ²
σ_{F0}	contrainte de flexion de base	N/mm ²
$\sigma_{k\text{ lim}}$	contraintes nominales de référence de l'éprouvette entaillée non-polie (flexion)	N/mm ²
$\sigma_{p\text{ lim}}$	contraintes nominales de référence de l'éprouvette non-entaillée polie (flexion)	N/mm ²
σ_S	limite élastique	N/mm ²
$\sigma_{0,2}$	limite élastique (0,2 % déformation permanente)	N/mm ²
χ^*	gradient de contrainte relatif en fond de l'entaille	mm ⁻¹
χ^*_K	gradient de contrainte relatif en fond d'entaille de l'éprouvette	mm ⁻¹
χ^*_p	gradient de contrainte relatif dans une éprouvette lisse et polie	mm ⁻¹
χ^*_T	gradient de contrainte relatif de la roue dentée d'essai de référence standard	mm ⁻¹
ψ	angle auxiliaire	° ou rad
ω_0	angle auxiliaire	°

^a Pour les engrenages à denture extérieure a, d, d_a, z_1 et z_2 sont positifs; pour les engrenages à denture intérieure, a, d, d_a et z_2 ont un signe négatif, z_1 a un signe positif. Tous les diamètres calculés ont un signe négatif pour les roues dentées à denture intérieure.

4 Rupture de dent et coefficients de sécurité

Une rupture de dent signifie, en général, la fin de la vie de l'engrenage. Quelquefois, la rupture d'une dent entraîne la destruction de tous les engrenages de la transmission. Dans certains cas, la liaison entre l'arbre d'entrée et l'arbre de sortie est interrompue. Par conséquent, il convient que le choix du coefficient de sécurité S_F contre la rupture de dents soit plus grand que le coefficient de sécurité contre la formation des écailles.

Certaines règles d'ordre général sur le choix du coefficient de sécurité minimal peuvent être trouvées dans l'ISO 6336-1:2019, 4.1.11. Il est recommandé que le fabricant et l'utilisateur s'accordent sur la valeur à donner au coefficient de sécurité minimal.

Le présent document ne s'applique pas aux contraintes supérieures à celles indiquées pour un nombre de cycles égal à 10^3 , puisque, pour de telles contraintes, on risque de dépasser la limite élastique du matériau de la denture.

5 Formules de base

5.1 Généralités

La contrainte en pied de dent σ_F et la contrainte de flexion admissible en pied de dent σ_{FP} doivent être calculées séparément pour le pignon et la roue; σ_F doit être inférieur à σ_{FP} .

5.2 Coefficient de sécurité pour la contrainte de flexion (sécurité contre la rupture de dent), S_F

Calculer S_F séparément pour le pignon et la roue:

$$S_{F1} = \frac{\sigma_{FG1}}{\sigma_{F1}} \geq S_{F\text{ min}} \quad (1)$$