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

**Partie 2:
Calcul de la tenue en fatigue à la
pression de contact (écaillage)**

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

*Calculation of load capacity of spur and helical gears —
Part 2: Calculation of surface durability (pitting)*

[SIST ISO 6336-2:2020](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d4e1e81e-e496-401e-9036-7bf368b5a1fc/sist-iso-6336-2-2020)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d4e1e81e-e496-401e-9036-7bf368b5a1fc/sist-iso-6336-2-2020>



iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

SIST ISO 6336-2:2020

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d4e1e81e-e496-401e-9036-7bf368b5a1fc/sist-iso-6336-2-2020>



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.....	vi
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 Endommagement par écaillages et coefficients de sécurité	5
5 Formules de base	6
5.1 Généralités.....	6
5.2 Coefficient de sécurité pour la tenue en fatigue à la pression superficielle (contre la formation d'écaillages), S_H	7
5.3 Pression de contact, σ_H	8
5.4 Pression de contact admissible, σ_{HP}	9
5.4.1 Généralités.....	9
5.4.2 Détermination de la pression de contact admissible, σ_{HP} — Principes, hypothèses et application.....	9
5.4.3 Pression de contact admissible, σ_{HP} : Méthode B.....	10
5.4.4 Pression de contact admissible pour une durée de vie limitée et une grande durée de vie: Méthode B.....	11
6 Facteur géométrique, Z_H, et facteurs de contact, Z_B et Z_D	13
6.1 Généralités.....	13
6.2 Facteur géométrique, Z_H	14
6.2.1 Généralités.....	14
6.2.2 Valeurs graphiques.....	14
6.2.3 Détermination par calcul.....	14
6.3 Facteurs de contact, Z_B et Z_D , pour $\varepsilon_\alpha \leq 2$	14
6.4 Facteurs contact, Z_B et Z_D , pour $\varepsilon_\alpha > 2$	17
7 Facteur d'élasticité, Z_E	17
8 Facteur de rapport de conduite, Z_ε	18
8.1 Généralités.....	18
8.2 Détermination du facteur de rapport de conduite, Z_ε	18
8.2.1 Valeurs graphiques.....	18
8.2.2 Détermination par calcul.....	19
8.3 Calcul du rapport de conduite apparent ε_α et du rapport de recouvrement ε_β	20
8.3.1 Rapport de conduite apparent, ε_α	20
8.3.2 Rapport de recouvrement, ε_β	20
9 Facteur d'angle d'hélice, Z_β	21
10 Tenue en fatigue à la pression de contact	21
10.1 Généralités.....	21
10.2 Contraintes nominales de référence (pression de contact), $\sigma_{H \text{ lim}}$: Méthode B.....	22
10.3 Valeurs de contrainte nominale de référence: Méthode B_R	22
11 Facteur de durée de vie, Z_{NT} (pour les flancs)	22
11.1 Généralités.....	22
11.2 Facteur de durée de vie, Z_{NT} : Méthode A.....	22
11.3 Facteur de durée de vie, Z_{NT} : Méthode B.....	23
12 Influences du film lubrifiant, facteurs Z_L, Z_V et Z_R	24
12.1 Généralités.....	24
12.2 Influence du film lubrifiant: Méthode A.....	24

12.3	Influence du film lubrifiant, facteurs Z_L , Z_v et Z_R : Méthode B.....	25
12.3.1	Généralités.....	25
12.3.2	Facteurs Z_L , Z_v et Z_R , pour la contrainte de référence.....	25
12.3.3	Facteurs Z_L , Z_v et Z_R pour la contrainte statique.....	30
13	Facteur d'écrouissage, Z_W.....	30
13.1	Généralités.....	30
13.2	Facteur d'écrouissage, Z_W : Méthode A.....	30
13.3	Facteur d'écrouissage, Z_W : Méthode B.....	31
13.3.1	Pignon en acier durci superficiellement avec roue en acier trempé et revenu.....	31
13.3.2	Pignon en acier trempé et revenu avec roue en acier trempé et revenu.....	33
13.3.3	Pignon en acier durci superficiellement avec une roue en fonte ductile.....	35
14	Facteur de dimension, Z_X.....	36
	Bibliographie.....	37

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

SIST ISO 6336-2:2020

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d4e1e81e-e496-401e-9036-7bf368b5a1fc/sist-iso-6336-2-2020>

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 6336-2:2006), qui a fait l'objet d'une révision technique. Le rectificatif technique ISO 6336-2:2006/Cor.1:2008 est incorporé.

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

- modification du facteur d'angle d'hélice Z_{β} ;
- intégration du [13.3.3](#) «Pignon en acier durcis superficiellement avec engrenage en fonte ductile».

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 6336-2:2019 inclut les corrections suivantes:

- le séparateur décimal dans la [Formule \(43\)](#) a été supprimé;
- le signe égal a été ajouté dans les [Formules \(54\)](#) et [\(55\)](#).

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 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, il est nécessaire qu'elles soient 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 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
<i>Partie 1: Principes de base, introduction et facteurs généraux d'influence</i>	X		
<i>Partie 2: Calcul de la tenue en fatigue à la pression de contact (écaillage)</i>	X		
<i>Partie 3: Calcul de la tenue en fatigue à la flexion en pied de dent</i>	X		
<i>Partie 4: Calcul de la capacité de charge de la rupture en flanc de dent</i>		X	
<i>Partie 5: Résistance et qualité des matériaux</i>	X		
<i>Partie 6: Calcul de la durée de vie en service sous charge variable</i>	X		
<i>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)</i>		X	
<i>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)</i>		X	
<i>Partie 22: Calcul de la capacité de charge aux micropiqûres (remplace: ISO/TR 15144-1)</i>		X	
<i>Partie 30: Exemples de calculs selon les normes ISO 6336 Parties 1, 2, 3, 5</i>			X
<i>Partie 31: Exemples de calcul de la capacité de charge aux micropiqûres (remplace: ISO/TR 15144-2)</i>			X

La pression de Hertz, qui sert de base pour le calcul de la pression de contact, est le principe de base utilisé dans le présent document pour l'évaluation de la tenue en fatigue à la pression de contact des engrenages cylindriques. C'est un indicateur significatif des contraintes générées au cours de l'engagement des flancs de denture. Toutefois, elle n'est pas la cause unique de la formation d'écaillages,

ni des contraintes de cisaillement en sous-couche correspondantes. Il existe d'autres influences qui y contribuent, par exemple, le coefficient de frottement, la direction et l'amplitude du glissement et l'influence du lubrifiant sur la distribution de la pression de contact. Le développement n'est pas encore suffisamment avancé pour les inclure directement dans les calculs de la capacité de charge, mais il en est tenu compte, dans une certaine mesure, dans les facteurs de déclassement et dans le choix des valeurs des propriétés des matériaux.

En dépit d'insuffisances, la pression de Hertz est très utile comme hypothèse de travail. Cela peut être attribué au fait que, pour un matériau donné, les valeurs limites de la pression de Hertz sont de préférence déterminées à partir d'essais de fatigue réalisés sur des engrenages éprouvettes; ainsi, les influences pertinentes d'effets additionnels sont incluses dans les valeurs. Par conséquent, si la donnée de référence se situe dans le domaine d'application, la pression de Hertz peut être acceptée comme base de calcul pour extrapoler sur la base de données expérimentales des valeurs pour des engrenages de différentes dimensions.

Plusieurs méthodes ont été validées pour le calcul de la pression de contact admissible et la détermination d'un certain nombre de facteurs (voir l'ISO 6336-1).

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

SIST ISO 6336-2:2020

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d4e1e81e-e496-401e-9036-7bf368b5a1fc/sist-iso-6336-2-2020>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

SIST ISO 6336-2:2020

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d4e1e81e-e496-401e-9036-7bf368b5a1fc/sist-iso-6336-2-2020>

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

Partie 2: Calcul de la tenue en fatigue à la pression de contact (écaillage)

IMPORTANT — L'utilisateur du présent document est mis en garde que, lorsqu'il utilise la méthode spécifiée pour des grands angles d'hélice ($\beta > 30^\circ$) et des 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. De plus, il est important de noter que la meilleure corrélation est obtenue pour les engrenages hélicoïdaux quand une grande précision et des modifications de flanc de denture optimales sont utilisées.

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les formules de base à utiliser pour déterminer la capacité de charge à la pression de contact des engrenages cylindriques à denture extérieure ou intérieure à profil en développante de cercle. Il inclut les formules relatives à tous les facteurs d'influence sur la tenue en fatigue à la pression de contact pour lesquels une évaluation quantitative est possible. La présente partie de l'ISO 6336 s'applique essentiellement aux transmissions lubrifiées à l'huile, mais peut également être utilisée pour obtenir des valeurs approximatives dans le cas des transmissions lubrifiées à la graisse (à faible vitesse), tant qu'une quantité suffisante de lubrifiant au niveau de l'engrènement est présente.

Les formules données conviennent pour les engrenages cylindriques à profils de dents conformes au profil crémaillère de référence normalisée dans l'ISO 53. Elles peuvent être également utilisées pour les dentures conjuguées à d'autres crémaillères de référence dont le rapport de conduite apparent virtuel est inférieur à $\varepsilon_{\alpha n} = 2,5$. Les résultats sont en concordance avec ceux obtenus par d'autres méthodes (voir Références [5], [7], [10], [12]).

Ces formules ne peuvent pas être directement appliquées pour l'évaluation des types de d'endommagement de surface de dentures d'engrenage tels que la déformation plastique, les griffures, le grippage etc., autres que celle décrite à l'Article 4.

La capacité de charge déterminée au moyen de la pression de contact admissible est appelée «capacité de charge à la pression de contact» ou «tenue en fatigue à la pression superficielle».

Si le 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 6336-1:2019, *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, ainsi que dans le [Tableau 2](#) s'appliquent.

Tableau 2 — Termes et symboles abrégés utilisés dans le présent document

Termes abrégés	
Terme	Description
A, B, C, D, E	points de la ligne de conduite (du pied du pignon à la tête de pignon, indépendamment que le pignon ou la roue soit menant, seulement pour des considérations géométriques)
AA	Arithmetic Average - rugosité moyenne arithmétique (terme alternatif pour R_a)
CLA	Center Line Average - Ligne moyenne arithmétique (terme alternatif pour R_a)
Eh	appellation matière pour acier forgé cimenté 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)
HB	dureté Brinell
IF	appellation matière pour les aciers forgés, durcis superficiellement par trempe après chauffage à la flamme ou par induction
M	module

^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)

ME	symboles identifiant les exigences en matière de classes de qualité des matériaux et de traitement thermique tel que spécifié dans l'ISO 6336-5	
ML		
MQ		
NT	appellation matière pour aciers forgés de nitruration, nitrurés	
NV	appellation matière pour aciers forgés trempés à cœur, de nitruration, nitrurés, nitrocarburés	
St	appellation matière pour acier de base à l'état normalisé ($\sigma_B < 800 \text{ N/mm}^2$)	
V	appellation matière pour aciers alliés ou au carbone forgés, trempés et revenus ($\sigma_B \geq 800 \text{ N/mm}^2$)	
VI	index de viscosité cinématique	
Symboles		
Symbole	Description	Unité
b	largeur de denture	mm
b_B	largeur de denture d'une hélice sur une denture hélicoïdale double (chevron)	mm
b_{vir}	largeur de denture virtuelle	mm
C	constant, coefficient	—
	dépouille sur le flanc de dent	μm
$C_{ZL, ZR, Zv}$	facteurs pour déterminer les facteurs d'influence du film lubrifiant	—
d	diamètre (sans indice, diamètre de référence ^a)	mm
d_b	diamètre de base	mm
d_{Na}	diamètre actif de tête	mm
d_{Nf}	diamètre actif de pied	mm
E	module d'élasticité	N/mm^2
F_t	force tangentielle apparente (nominale) au cylindre de référence par engrènement	N
f	écart, déformation de denture	μm
f_{ZCa}	facteur auxiliaire	—
h	hauteur de la dent (sans indice, du cercle de pied au cercle de tête)	mm
h_{fP}	creux de la crémaillère de référence des engrenages cylindriques (ISO 53:1998 doit s'appliquer)	mm
K	constante, facteurs concernant la charge sur les dents	—
K_A	facteur d'application	—
$K_{H\alpha}$	facteur de distribution transversale de la charge (pression de contact)	—
$K_{H\beta}$	facteur de distribution longitudinale de la charge (pression de contact)	—
K_v	facteur dynamique	—
K_y	facteur de répartition de charge (tient compte de la répartition inégale de la charge entre les engrènements pour des cheminements de puissance multiples)	—
M	moment d'une force	Nm
m_n	module normal	mm
N_L	nombre de cycles de charge	—
p_{bt}	pas de base apparent	mm
Ra	valeur moyenne arithmétique de la rugosité, $Ra \cong 1/6 R_z$	μm
R_z	rugosité moyenne saillie-creux (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
R_{zH}	rugosité équivalente	μm
r	rayon (sans indice, rayon de référence)	mm
^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
S_H	coefficient de sécurité à la pression de contact	—
$S_{H\min}$	coefficient de sécurité minimal requis à la pression de contact	—
S_{H1}	coefficient de sécurité à la pression de contact pour le pignon	—
S_{H2}	coefficient de sécurité à la pression de contact pour la roue	—
u	rapport d'engrenage ($z_2/z_1 \geq 1^a$)	—
v	vitesse circonférentielle (sans indice, sur le cercle de référence)	m/s
v_w	vitesse circonférentielle au primitif de fonctionnement	m/s
x	coefficient de déport de profil	—
Z	facteur lié à la pression de contact	—
Z_B	facteurs de contact pour le pignon	—
Z_D	facteurs de contact pour la roue	—
Z_E	facteur d'élasticité	(N/mm ²) ^{0,5}
Z_H	facteur géométrique	—
Z_L	facteur lubrifiant	—
Z_N	facteur de durée pour la contrainte de contact	—
Z_{NT}	facteur de durée de vie pour la contrainte de contact pour les conditions d'essai de référence	—
Z_R	facteur de rugosité affectant la tenue en surface	—
Z_v	facteur de vitesse (vitesse circonférentielle au primitif de fonctionnement)	—
Z_W	facteur d'écroûissage	—
Z_X	facteur de dimension (écaillage)	—
Z_β	facteur d'angle d'hélice (écaillage)	—
Z_ε	facteur de rapport de conduite (écaillages)	—
z	nombre de dents ^a	—
$z_{1,2}$	nombre de dents du pignon (ou de la roue) ^a	—
α	angle de pression (sans indice, au cylindre de référence)	°
α_n	angle de pression normal	°
α_t	angle de pression apparent	°
α_{wt}	angle de pression de fonctionnement au cylindre primitif de fonctionnement	°
β	angle d'hélice (sans indice, au cylindre de référence)	°
β_b	angle d'hélice de base	°
ε	rapport de conduite, taux de recouvrement, excentricité relative (voir Article 7)	—
ε_α	rapport de conduite apparent	—
$\varepsilon_{\alpha n}$	rapport de conduite apparent virtuel, rapport de conduite apparent de l'engrenage cylindrique virtuel	—
ε_β	rapport de recouvrement	—
ε_γ	rapport de conduite total, $\varepsilon_\gamma = \varepsilon_\alpha + \varepsilon_\beta$	—
ν	coefficient de Poisson	—
ν	viscosité cinématique de l'huile	mm ² /s
ν_f	paramètre de viscosité cinématique	mm ² /s
ν_{40}	viscosité cinématique nominale à 40 °C	mm ² /s

^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
ν_{50}	viscosité cinématique nominale à 50 °C	mm ² /s
ξ	angle de roulement	°
ξ_{aw}	angle de roulement du point primitif de fonctionnement au diamètre de la tête	°
ξ_{fw}	angle de roulement du diamètre de forme en pied au point primitif de fonctionnement	°
$\xi_{Naw1,2}$	angle de roulement du point primitif de fonctionnement au diamètre actif de tête du pignon (ou de la roue)	rad
$\xi_{Nfw1,2}$	angle de roulement du diamètre actif de pied de dent au point primitif de fonctionnement	rad
ρ	rayon de courbure	mm
ρ_{fP}	rayon de raccordement en pied du profil crémaillère de référence pour les engrenages cylindriques (tel que spécifié dans l'ISO 53:1998)	mm
ρ_{red}	rayon de courbure relative	mm
σ	pression de contact normale	N/mm ²
σ_H	pression de contact	N/mm ²
$\sigma_{H\ lim}$	contrainte nominale de référence (pression de contact)	N/mm ²
σ_{HG}	limite de pression de contact	N/mm ²
σ_{HP}	pression de contact admissible	N/mm ²
$\sigma_{HP\ ref}$	pression de contact admissible (résistance de référence)	N/mm ²
$\sigma_{HP\ stat}$	pression de contact admissible (résistance statique)	N/mm ²
σ_{H0}	pression de contact de base	N/mm ²
τ	contrainte de cisaillement	N/mm ²
$\tau_{1,2}$	pas angulaire du pignon (ou de la roue)	rad

^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 Endommagement par écaillages et coefficients de sécurité

Lorsque les limites de la tenue en fatigue à la pression de contact des flancs en contact sont dépassées, des particules se détachent des flancs, formant ainsi des écaillages.

L'ampleur dans laquelle ces écaillages peuvent être tolérées (en ce qui concerne leur taille et leur nombre) varie dans une large mesure, essentiellement en fonction du domaine d'application. Dans certains domaines, des écaillages nombreux peuvent être admis; dans d'autres domaines, toute formation d'écaillages consécutifs doit être évitée.

Les estimations suivantes, correspondant à des conditions moyennes de fonctionnement, permettent de différencier les écaillages naissants des écaillages destructifs.

Une augmentation linéaire ou progressive de la surface totale des écaillages n'est pas acceptable (cela est caractéristique des roues dentées durcies superficiellement); toutefois la zone de portée effective de la denture peut être élargie par la formation d'écaillages naissantes, et le taux de génération des écaillages peut ainsi être réduit (écaillages dégressifs) ou stoppé (écaillages stabilisées). Ce type d'écaillages est considéré comme acceptable. En cas de conflit, la règle suivante est déterminante.

L'écaillage avec la formation de piqûres qui augmente de manière linéaire ou progressive avec le temps dans des conditions de service non modifiées (écaillages linéaires ou évolutifs) n'est pas acceptable. L'évaluation de l'endommagement doit inclure la surface active totale de tous les flancs. Le nombre et la taille des écaillages récents apparus sur les engrenages à denture non durcies superficiellement doivent