
Code pratique de réception —

Partie 1:

Mesure des flancs dentaires cylindriques

Code of inspection practice —

Part 1: Measurement of cylindrical gear tooth flanks

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

ISO/TR 10064-1:2019

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/0671a4fb-cd9a-4f7a-80f9-24259ec483c3/iso-tr-10064-1-2019>



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

ISO/TR 10064-1:2019

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/0671a4fb-ed9a-4f7a-80f9-24259ec483c3/iso-tr-10064-1-2019>



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
Fax: +41 22 749 09 47
E-mail: copyright@iso.org
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	vi
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes, définitions, symboles et abréviations	1
3.1 Termes et définitions	1
3.2 Symboles et termes abrégés	1
4 Considérations d'ordre général	5
4.1 Informations de base	5
4.2 Informations nécessaires de contrôle	5
4.3 Sélection des mesurages	6
4.3.1 Remplacement des méthodes de mesure	6
4.3.2 Contrôle de première pièce	6
4.3.3 Contrôle d'échantillonnage et statistique du processus	6
5 Conventions et positions des mesures	6
5.1 Généralités	6
5.2 Axe de référence	6
5.3 Flanc droit ou gauche	7
5.4 Roues dentées à denture hélicoïdale à gauche ou à droite	8
5.5 Numérotation des dents et des flancs	8
5.6 Numérotation des pas	8
5.7 Nombre de pas « <i>k</i> » dans un indice de symbole d'écart	8
6 Types d'équipement de mesure et principe	8
6.1 Généralités	8
6.2 Méthodes de mesure	15
6.2.1 Méthodes de mesure par génération	15
6.2.2 Méthodes de mesure sans génération	17
6.2.3 Méthodes de mesure du pas	18
6.2.4 Appareils de mesure de pas portatifs	19
6.2.5 Mesurage du faux-rond radial	21
6.2.6 Méthodes par tomographie numérique pour roues dentées de petite dimension	22
6.2.7 Projecteur de profil pour roues dentées à denture droite de petite dimension	22
6.3 Étalonnage des équipements	23
6.4 Épaisseur de dent, différences entre mesures sur CNC/MMT et mesures manuelles	23
6.5 Mesurage de roue dentée «en cours de procédés» sur machines-outils	24
6.6 Montage de la roue dentée	24
6.7 Exemple de format de sortie d'une GMM CNC	25
6.7.1 Généralités	25
6.7.2 Exemple d'évaluations des hélices et profils modifiés	29
7 Mode opératoire de mesurage recommandé et bonnes pratiques de mesurage	31
7.1 Mode opératoire de mesurage	31
7.2 Problèmes avec les palpeurs lors de la mesure des pièces en aluminium	33
7.3 Artefacts appropriés pour l'étalonnage des machines à mesurer	33
8 Modes opératoires de contrôle pour roues dentées de dimension trop importante pour les machines de contrôle d'engrenage	34
8.1 Généralités	34
8.2 Contrôle de profil au moyen d'un dispositif portatif	34
8.2.1 Démontage des segments	34
8.2.2 Mesurage par dispositifs de contrôle d'engrenage portatif à l'aide de coordonnées	34
8.2.3 Contrôle de profil par pied à denture	35
8.3 Contrôle de l'écart de forme d'hélice	40

8.3.1	Contrôle de l'écart de forme d'hélice sur machine à tailler les roues dentées.....	40
8.3.2	Contrôle de rectitude au moyen d'un cylindre.....	40
8.3.3	Contrôle de la marque de portée de la denture.....	40
8.4	Contrôle du pas.....	41
8.4.1	Calcul du pas.....	41
8.4.2	Contrôle à l'aide d'un dispositif automatique sur machine à tailler: contrôle de l'écart individuel de pas circulaire et de l'écart cumulé de pas.....	41
8.4.3	Contrôle manuel: contrôle du pas de base, p_b , et des écarts de pas de base, f_{pb}	42
8.5	Mesurage de l'épaisseur de dent.....	42
8.6	Mesurage de l'écart de faux-rond radial de la roue dentée et du faux-rond axial des surfaces de référence.....	42
9	Analyse des mesures — Profil, hélice, pas et faux-rond radial.....	43
9.1	Profil.....	43
9.1.1	Écarts de profil.....	43
9.1.2	Diagrammes d'écarts du profil.....	43
9.1.3	Évaluation de diagrammes de profil.....	44
9.1.4	Signes algébriques de $f_{H\alpha}$, f_b et f_α	45
9.1.5	Écart moyen d'inclinaison du profil, $f_{H\alpha m}$	45
9.2	Hélice.....	46
9.2.1	Généralités.....	46
9.2.2	Diagramme d'écart d'hélice.....	47
9.2.3	Évaluation des diagrammes d'hélice.....	48
9.2.4	Signes algébriques de $f_{H\beta}$ et f_β	49
9.2.5	Corrections de machine basées sur un écart moyen d'inclinaison d'hélice, $f_{H\beta m}$	50
9.3	Pas.....	51
9.3.1	Écart de pas.....	51
9.3.2	Mesurage d'écart de pas.....	51
9.3.3	Relations entre les paramètres de pas et les méthodes de mesure.....	52
9.3.4	Calcul de l'écart cumulé de pas (division), F_p	53
9.3.5	Calcul de l'écart individuel de pas, f_{pi}	53
9.3.6	Calcul de l'écart cumulé de pas total, F_p	53
9.3.7	Calcul d'écart de pas d'un secteur denté, F_{pk}	54
9.3.8	Mesurage d'un secteur denté.....	54
9.4	Faux-rond radial, détermination de l'excentricité.....	54
9.4.1	Principe de mesure.....	54
9.4.2	Évaluation des mesures.....	55
10	Interprétation des résultats de profil, d'hélice, de pas et de faux-rond radial.....	55
10.1	Interprétation des résultats de mesure.....	55
10.2	Procédure d'interprétation des résultats de mesure.....	56
10.3	Identification des erreurs de fabrication courantes.....	56
10.3.1	Généralités.....	56
10.3.2	Exemple d'un profil avec écart d'angle de pression.....	57
10.3.3	Exemple d'écarts de profil à un écart d'angle de pression variable.....	58
10.3.4	Faux-rond de fraise-mère ou déviation de l'outil-pignon.....	58
10.3.5	Écart moyen régulier d'inclinaison d'hélice.....	59
10.3.6	Variation d'inclinaison d'hélice.....	60
10.3.7	Diamètre de départ pour le mesurage du profil mal réalisé.....	61
10.3.8	Ecart de profil non-finis et diamètre de départ pour le mesurage du profil mal réalisé.....	62
10.3.9	Résultats de pas avec faux-rond radial du corps de roue.....	65
10.3.10	Pas avec écarts d'indexage.....	65
10.3.11	Pas avec groupements récurrents d'écarts pouvant générer du bruit.....	69
11	Mesurages des écarts d'engrènement mono-flanc.....	69
11.1	Principe du mesurage des écarts d'engrènement mono-flanc.....	69
11.2	Mesurage de des écarts d'engrènement mono-flanc.....	70
11.2.1	Montage pour le mesurage des écarts d'engrènement mono-flanc.....	70
11.2.2	Écarts d'engrènement mono-flanc.....	73

11.3	Mesurage des écarts d'engrènement mono-flanc avec roue dentée étalon.....	74
11.3.1	Exigences pour la roue dentée étalon.....	74
11.3.2	Influence des écarts de profil.....	75
11.3.3	Influence des écarts de pas.....	75
11.3.4	Influence des écarts d'hélice.....	76
11.4	Mesurage des écarts d'engrènement mono-flanc d'une paire de roues dentées fabriqués.....	78
11.4.1	Différences entre mesurages avec un engrenage étalon et entre deux roues dentées fabriquées.....	78
11.4.2	Identification et localisation des défauts.....	78
11.4.3	Engrènement sélectif des roues dentées.....	79
11.5	Analyse de données par la méthode de transformation de Fourier.....	79
12	Mesurages supplémentaires.....	80
12.1	Mesurages de flanc.....	80
12.1.1	Généralités.....	80
12.1.2	Mesurage de vrillage.....	80
12.1.3	Mesurage topographique.....	83
12.1.4	Ondulations.....	84
12.2	Mesurages de rugosité de surface.....	85
12.3	Mesurage du rayon de raccordement en pied de dent.....	85
13	Filtres et densité de données.....	86
13.1	Généralités.....	86
13.2	Exemples de résultats filtrés.....	86
13.3	Principe de fonctionnement du filtre Gaussien à 50 %.....	87
13.4	Limites des filtres.....	95
14	Calculs supplémentaires.....	96
14.1	Calcul de l'écart individuel de pas, f_{pt} à partir des mesures du pas de base normal.....	96
14.2	Calculs sur les mesures de pas de base normal.....	96
14.2.1	Paramètres inclus.....	96
14.2.2	Calcul de l'écart de pas de base normal, f_{pbn}	97
14.2.3	Calcul de l'écart moyen de pas de base normal, f_{pbnm}	97
14.3	Calculs supplémentaires sur les mesures de profil.....	97
14.3.1	Paramètres inclus.....	97
14.3.2	Écart moyen de diamètre de base et écart moyen d'angle de pression.....	97
14.3.3	Calcul du diamètre de base effectif, $d_{b\text{ eff}}$	99
14.3.4	Calcul de l'angle de pression apparent effectif, $\alpha_{t\text{ eff}}$	99
14.3.5	Calcul de l'angle de pression normal effectif, $\alpha_{n\text{ eff}}$	99
14.3.6	Calcul de l'écart moyen d'angle de pression apparent, f_{amt}	99
14.3.7	Calcul de l'écart moyen d'angle de pression normal, f_{amn}	100
14.4	Calculs supplémentaires sur les mesures d'hélice.....	100
14.4.1	Paramètres inclus.....	100
14.4.2	Données préliminaires requises.....	100
14.4.3	Calcul de l'angle d'hélice effectif au diamètre de mesure, $\beta_{M\text{ eff}}$	101
14.4.4	Calcul du pas hélicoïdal effectif, $p_{z\text{ eff}}$	101
14.4.5	Calcul de l'angle d'hélice effectif au diamètre de référence, β_{eff}	101
14.4.6	Calcul de l'écart moyen de pas hélicoïdal, f_{pzm}	102
14.4.7	Calcul de l'écart moyen d'angle d'hélice, $f_{\beta m}$	102
	Bibliographie.....	103

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*.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième (ISO/TR 10064-1:2017) qui a fait l'objet d'une révision mineure. En plus des corrections éditoriales mineures et des clarifications, les principales modifications par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

- ajout de la référence au «diamètre de référence» et suppression du terme obsolète «diamètre primitif de fonctionnement standard»;
- au 6.2.3.3, clarification de ce que sont les «écarts adjacents de pas»;
- au 9.1.1, il a été précisé que ce qui est spécifié est le profil de conception;
- au 9.2.1, il a été précisé que ce qui est spécifié est l'hélice de conception;
- au 9.2.2, ajout des chanfreins à la liste des éléments pouvant être détectés sur un diagramme d'écart d'hélice;
- aux Figures 54 et 55, il a été ajouté que profil de raccordement obtenu en rectification est produit par outil de finition et que le pied est créé par outil de préfinition.
- un facteur de 10^{-3} a été ajouté à la Formule (43) pour tenir compte des unités spécifiées.

Une liste de toutes les parties de la série ISO /TR 10064 se trouve sur le site Web de l'ISO.

Il convient d'adresser tout retour ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de l'utilisateur. La liste complète de ces organismes est disponible sur www.iso.org/members.html.

Code pratique de réception —

Partie 1:

Mesure des flancs dentaires cylindriques

1 Domaine d'application

Le présent document complète l'ISO 1328-1:2013. Il fournit un code pratique traitant des mesurages sur flancs des roues dentées cylindriques en développante de cercle, c'est-à-dire du mesurage des écarts de pas, de profil, d'hélice et d'engrènement mono-flanc. Il décrit les équipements de mesure, fournit des recommandations concernant les méthodes de mesure des roues dentées et l'analyse des résultats de mesurage, et aborde l'interprétation des résultats.

Les mesurages effectués à l'aide d'un dispositif pour le mesurage des caractéristiques composées radiales (contact sur 2 flancs) ne sont pas traités (voir l'ISO/TR 10064-2). Le présent document ne s'applique qu'aux engrenages en développante de cercle.

2 Références normatives

Il n'y a pas de référence normative dans le présent document.

3 Termes, définitions, symboles et abréviations

3.1 Termes et définitions

Aucun terme n'est défini dans le présent document.

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: available at <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>

3.2 Symboles et termes abrégés

Pour les besoins du présent document, les symboles et termes abrégés suivants s'appliquent.

NOTE Les symboles et les termes utilisés tout au long du présent document correspondent pour l'essentiel aux symboles et aux termes donnés dans l'ISO 701 et dans l'ISO 1122-1. Dans tous les cas, chaque symbole est défini et expliqué en détail à sa première occurrence. Voir le [Tableau 1](#). Les Abréviations sont données dans le [Tableau 2](#).

Tableau 1 — Symboles et définitions

Symboles ^a	Définition	Unités	Première utilisation
a	point de tête	—	Figure 31
b	largeur de denture	mm	Figure 37
C_f	point de contrôle du profil	—	Figure 31
d	diamètre de référence	mm	Formule (4)
d_a	diamètre de tête	mm	14.3.2.1
$d_{a\text{ eff}}$	diamètre effectif (mesuré) de tête	mm	Figure 29
d_b	diamètre de base	mm	Formule (6)
$d_{b\text{ eff}}$	diamètre de base effectif	mm	14.2
d_M	diamètre de mesurage	mm	6.2.3.2
d_{Nf}	diamètre actif de pied (SAP)	mm	Formule (8)
d_y	diamètre de mesurage individuel (diamètre de mesurage)	mm	Figure 29
F_a	point de forme de tête (raccordement profil en développante de cercle avec le chanfrein de tête)	—	Figure 31
F_{is}	écart composé tangentiel total	μm	11.1
F_p	écart cumulé de pas total	μm	9.3.1
F_{pi}	écart cumulé de pas total individuel	μm	9.3.8
F_{pk}	écart de pas d'un secteur denté sur k pas	μm	9.3.7
F_r	faux-rond radial	μm	6.2.5
F_α	écart total du profil	μm	Figure 14
F_β	écart total d'hélice	μm	Figure 37
f_α	différence entre les angles de pression réel et nominal	°	9.1.4
$f_{\alpha m}$	écart moyen d'angle de pression	°	14.3.1
f_b	écart de cercle de base (différence entre les diamètres de base réel et nominal)	mm	9.1.4
f_{bm}	écart moyen de diamètre de base	mm	14.3.1
f_e	excentricité entre l'axe de la roue dentée et l'axe de la denture	μm	Figure 34
$f_{f\alpha}$	écart de forme du profil	μm	Figure 14
$f_{f\beta}$	écart de forme d'hélice	μm	Figure 37
$f_{f\beta T}$	tolérance sur l'écart de forme d'hélice	μm	8.3.1
$f_{H\alpha}$	écart d'inclinaison du profil ^b	μm	Figure 14
$f_{H\alpha m}$	écart moyen d'inclinaison du profil ^b	μm	9.1.5
$f_{H\alpha i}$	écart d'inclinaison du profil individuel ^b	μm	9.1.5
$f_{H\beta}$	écart d'inclinaison d'hélice ^b	μm	6.4
$f_{H\beta i}$	écart d'inclinaison d'hélice individuel ^b	μm	9.2.5
$f_{H\beta m}$	Ecart moyen d'inclinaison d'hélice ^b	μm	9.2.5
$f_{H\beta mt}$	écart moyen d'inclinaison d'hélice, dans le plan apparent et tangent au diamètre de mesurage ^b	μm	Formule (37)
$f_{i'}$	écart de saut tangentiel sans élimination de la composante périodique longue	μm	11.2.2

^a Les symboles utilisés pour les écarts individuels des grandeurs relevées spécifiées sont constitués de lettres minuscules « f » avec des indices (les exceptions comprennent f_e , f_1 et f_2), alors que les symboles utilisés pour les écarts «cumulés» ou «totaux», qui représentent des combinaisons de plusieurs écarts d'éléments individuels, sont constitués de lettres majuscules « F », également avec des indices. Il est nécessaire d'ajouter un signe algébrique à certains écarts. Un écart est positif lorsque, par exemple, une dimension est supérieure à la dimension optimale, et négatif lorsqu'elle est inférieure à la dimension optimale.

^b Ces écarts peuvent être + (plus) ou – (moins).

Tableau 1 (suite)

Symboles ^a	Définition	Unités	Première utilisation
f_{is}	écart de saut tangentiel après élimination de la composante périodique longue	μm	11.1
$f_{l'}$	variance de la composante périodique longue sur un tour	μm	11.2.2
f_p	écart individuel de pas ^b	μm	8.4.3
f_{pzm}	écart moyen de pas hélicoïdal ^b	mm	14.4.1
f_{pbnm}	écart moyen de pas de base normal ^b	μm	14.2.1
f_{pbn}	écart de pas de base normal ^b	μm	6.2.4
f_{pbni}	écart individuel de pas de base normal ^b	μm	14,1
f_{pb}	écart individuel de pas ^b , base normale	μm	8.4.3
f_{pbt}	écart individuel de pas ^b , base apparent	μm	Formule (19)
f_{pi}	écart individuel de pas isolé ^b	μm	Figure 42
f_{p2i}	écart individuel de pas double ^b	μm	9.3.8
f_{ui}	écart individuel de pas consécutif ^b	μm	9.3.8
f_{u2i}	écart individuel de pas double consécutif ^b	μm	9.3.8
$f_{w\alpha}$	hauteur de vague d'ondulation dans la direction du profil	μm	Figure 74
$f_{w\beta}$	hauteur de vague d'ondulation dans la direction d'hélice d'hélice	μm	Figure 74
f_{α}	écart d'angle de pression ^b	°	9.1.4
$f_{\alpha mn}$	écart moyen d'angle de pression normal ^b	°	14.2.1
$f_{\alpha mt}$	écart moyen d'angle de pression apparent ^b	°	14.2.1
f_{β}	écart d'angle d'hélice ^b	°	9.2.4
$f_{\beta m}$	écart moyen d'angle d'hélice ^b	°	9.2.4
g_{α}	longueur de la ligne de conduite	mm	Figure 65
h_{cy}	saillie à la corde d'un diamètre de mesurage individuel	mm	Figure 29
h_y	distance radiale du point de tête à un diamètre de mesurage individuel	mm	Figure 29
k	nombres de pas d'un secteur denté	—	5.7
L	flanc gauche	—	5.3
L_{α}	longueur d'évaluation du profil	mm	Figure 14
$L_{\alpha c}$	longueur de profil fonctionnelle	mm	14.3.2.2
$L_{\alpha e}$	longueur de de roulement au point de départ du profil actif	mm	Figure 14
L_{β}	longueur d'évaluation d'hélice	mm	8.3.1
l	hélice à gauche	—	5.4
m_n	module normal	mm	Formule (1)
N	numéro de pas	—	5.6
N_f	point de départ du profil actif sur la ligne d'action	—	Figure 31
n	nombre de valeurs d'écart pour calculer la moyenne	—	9.1.5
p_b	pas de base	mm	8.4.3
p_{bn}	pas de base normal	mm	Formule (1)
p_{bt}	pas de base apparent	mm	Formule (16)

^a Les symboles utilisés pour les écarts individuels des grandeurs relevées spécifiées sont constitués de lettres minuscules «*f*» avec des indices (les exceptions comprennent f_e , f_1 et f_2), alors que les symboles utilisés pour les écarts «cumulés» ou «totaux», qui représentent des combinaisons de plusieurs écarts d'éléments individuels, sont constitués de lettres majuscules «*F*», également avec des indices. Il est nécessaire d'ajouter un signe algébrique à certains écarts. Un écart est positif lorsque, par exemple, une dimension est supérieure à la dimension optimale, et négatif lorsqu'elle est inférieure à la dimension optimale.

^b Ces écarts peuvent être + (plus) ou – (moins).

Tableau 1 (suite)

Symboles ^a	Définition	Unités	Première utilisation
p_m	pas de position réelle ^b	μm	14.1
p_z	pas hélicoïdal	mm	Formule (36)
$p_{z\text{ eff}}$	pas hélicoïdal effectif	mm	14.4.1
R	flanc droit	—	5.3
r	hélice à droite	—	5.4
s	facteur de pondération de l'ondulation	mm	Figure 80
s_{cy}	épaisseur à la corde à un diamètre de mesurage individuel	mm	Figure 29
s_n	épaisseur curviligne normale d'une dent au diamètre de référence	mm	Formule (12)
s_{yn}	épaisseur curviligne normale d'une dent à un diamètre de mesurage individuel	mm	Figure 29
z	nombre de dents	—	6.2.3.2
z_M	nombre de dents de la roue creuse étalon	—	Formule (22)
z_1	nombre de dents de la roue menante	—	Figure 61
z_2	nombre de dents de la roue menée	—	Figure 61
$\alpha_{50\%}$	paramètre de Gauss	—	Formule (24)
α_{Mt}	angle de pression apparent au diamètre de mesurage	°	10.3.9
α_n	angle de pression normal	°	Formule (1)
$\alpha_{n\text{ eff}}$	angle de pression normal effectif	°	14.2.1
α_t	angle de pression apparent	°	Formule (5)
$\alpha_{t\text{ eff}}$	angle de pression apparent effectif	°	14.2.1
α_{yn}	angle de pression normal au diamètre de mesurage individuel	°	8.2.3
α_{yt}	angle de pression apparent au diamètre de mesurage individuel	°	Formule (11)
α_{Mt}	angle de pression apparent au diamètre de mesurage	°	10.3.9
β	angle d'hélice	°	Formule (4)
β_b	angle d'hélice de base	°	Formule (17)
β_{eff}	angle d'hélice effectif au diamètre de référence	°	14.4.1
$\beta_{M\text{ eff}}$	angle d'hélice effectif au diamètre de mesurage	°	14.4.1
β_y	angle d'hélice à un diamètre de mesurage individuel	°	Formule (10)
ε_γ	rapport de conduite total	—	11.3.4.2
λ_g	longueur d'onde d'ondulation	mm	Figure 74
λ_α	longueur d'onde d'ondulation dans la direction du profil	mm	Figure 74
λ_β	longueur d'onde d'ondulation dans la direction d'hélice	mm	Formule (22)
ξ	angle de roulement de la développante de cercle	°	Figure 14
ξ_a	angle de roulement de la développante de cercle au diamètre de tête	radians	Formule (7)
ξ_{Nf}	angle de roulement de la développante de cercle au diamètre actif de pied	radians	Formule (8)
ξ_y	angle de roulement de la développante de cercle pour le contrôle individuel	radians	Formule (9)
θ	position angulaire de la roue dentée	radians	Figure 61
$\Delta\theta$	écart de position angulaire de la roue	radians	Figure 61

^a Les symboles utilisés pour les écarts individuels des grandeurs relevées spécifiées sont constitués de lettres minuscules «f» avec des indices (les exceptions comprennent f_e , f_1 et f_2), alors que les symboles utilisés pour les écarts «cumulés» ou «totaux», qui représentent des combinaisons de plusieurs écarts d'éléments individuels, sont constitués de lettres majuscules «F», également avec des indices. Il est nécessaire d'ajouter un signe algébrique à certains écarts. Un écart est positif lorsque, par exemple, une dimension est supérieure à la dimension optimale, et négatif lorsqu'elle est inférieure à la dimension optimale.

^b Ces écarts peuvent être + (plus) ou – (moins).

Tableau 1 (suite)

Symboles ^a	Définition	Unités	Première utilisation
<i>I</i>	face de référence	—	5.3
<i>II</i>	face opposée à la face de référence	—	5.3
^a Les symboles utilisés pour les écarts individuels des grandeurs relevées spécifiées sont constitués de lettres minuscules « <i>f</i> » avec des indices (les exceptions comprennent f_0 , f_1 et f_2), alors que les symboles utilisés pour les écarts «cumulés» ou «totaux», qui représentent des combinaisons de plusieurs écarts d'éléments individuels, sont constitués de lettres majuscules « <i>F</i> », également avec des indices. Il est nécessaire d'ajouter un signe algébrique à certains écarts. Un écart est positif lorsque, par exemple, une dimension est supérieure à la dimension optimale, et négatif lorsqu'elle est inférieure à la dimension optimale.			
^b Ces écarts peuvent être + (plus) ou – (moins).			

Tableau 2 — Abréviations

	Définition	Première utilisation
3D	tridimensionnel	6.2.6
CAO	conception assistée par ordinateur	6.2.6
MMT	machine à mesurer tridimensionnelle	6.1
CNC	à commande numérique	6.1
CT	tomographie informatisée	6.2.6
GCM	machine à tailler les engrenages	8.3.3
GMM	machine à mesurer les engrenages	6.1

4 Considérations d'ordre général

4.1 Informations de base

Le présent document a pour objet de fournir des informations de base qui aideront à la compréhension des exigences, de la mise en œuvre et de l'efficacité du mesurage des roues dentées requises pour l'établissement de leurs classifications définies dans l'ISO 1328-1. Ces informations faciliteront la tâche des personnes qui conçoivent et spécifient les engrenages, qui les fabriquent et les mesurent. Elles comprennent des informations de base et des recommandations de bonnes pratiques de mesurage, et abordent l'interprétation des résultats de mesure pour identifier les causes courantes d'erreurs de fabrication des roues dentées. Une meilleure connaissance des procédures de mesure des roues dentées augmente la valeur des investissements en équipements de mesure.

Pour la production de roues dentées identiques multiples en lots importants, il est rarement nécessaire ou économique de mesurer tous les écarts possibles sur tous les engrenages fabriqués. Des processus de fabrication stables permettent de mesurer un nombre relativement restreint d'échantillons tout en garantissant le maintien dans la classe de tolérances requise. Certains éléments peuvent ne pas avoir d'influence significative sur la fonction de l'engrenage considéré. Toutefois, certains processus de fabrication d'engrenages sont connus pour augmenter le risque de variation importante de la géométrie de la denture dans une seule roue dentée, et nécessitent donc des mesurages supplémentaires pour vérifier que les tolérances de paramètres géométriques de la denture ont été respectées. Des préconisations sont fournies si besoin est, mais il est de la responsabilité du fabricant d'engrenages de s'assurer que les engrenages satisfont aux exigences spécifiées, telles que celles de l'ISO 1328-1. Il est recommandé que les méthodes de mesures fassent l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur.

4.2 Informations nécessaires de contrôle

Il convient que toutes les informations nécessaires soient fournies à l'opérateur ou aux opérateurs utilisant les équipements de mesure. Les informations nécessaires varieront suivant le type de mesurage(s). La plupart des procédures de mesure nécessitent des données de base relatives aux

dentures et aux corps de roue, comme le nombre de dents, l'angle de pression, l'angle d'hélice, le module, le diamètre de tête, le diamètre de pied, la largeur de denture, les diagrammes de conception de profil et d'hélice, etc. Certaines opérations de mesure nécessitent des informations supplémentaires. Par exemple, pour le mesurage du profil, il est nécessaire que le diamètre de mesurage de profil et le point de départ du chanfrein de tête soient fournis. Les exigences minimales sont définies dans l'ISO 1328-1, mais il est de la responsabilité du concepteur d'engrenages de s'assurer que les spécifications donnent suffisamment d'informations pour permettre au fabricant d'élaborer une stratégie de mesure qui soit adaptée aux engrenages en question.

4.3 Sélection des mesurages

4.3.1 Remplacement des méthodes de mesure

Plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour réaliser un contrôle. Dans certains cas, certains mesurages peuvent être remplacés par d'autres. Par exemple, un mesurage de saut tangentiel peut remplacer un mesurage de pas, ou un mesurage d'écart composé radial peut remplacer un mesurage de faux-rond radial. De tels remplacements ne peuvent toutefois être effectués que suite à accord entre le fabricant et l'acheteur. Voir l'ISO 1328-1:2013, Tableau 4.

Il convient que plusieurs facteurs soient pris en compte lors de la sélection des mesurages, y compris la classe de tolérances requise, la dimension de la roue dentée, le coût de fabrication, et surtout l'application finale de la roue dentée fabriqué.

4.3.2 Contrôle de première pièce

Il est possible de vérifier que le processus de fabrication est correct en contrôlant uniquement la première pièce d'un lot, en s'appuyant ainsi sur l'exactitude inhérente au processus pour garantir que les pièces suivantes sont conformes à la classe de tolérances requise.

4.3.3 Contrôle d'échantillonnage et statistique du processus

Les écarts par rapport à la forme de conception de la denture qui résultent du processus de fabrication dépendent du processus de production utilisé. Lorsque le procédé s'avère capable de produire la classe de tolérances requise (par exemple en utilisant des méthodes statistiques), un contrôle par échantillonnage peut être appliqué. Un grand nombre de facteurs peuvent influencer la taille et la fréquence des échantillons; il convient de s'assurer principalement que la classe de tolérances requise des pièces est respectée.

La variabilité des procédures de mesure contribue à la variabilité perçue du processus de fabrication. Pour de plus amples informations, voir l'ISO 22514-7.

Afin d'assurer une conformité statistique, il est nécessaire que les écarts de fabrication soient plus réduits que la tolérance spécifiée. Dans certains cas, pour des engrenages extrêmement précis, il n'est pas possible d'utiliser un contrôle de processus statistique au vu des incertitudes de mesure.

5 Conventions et positions des mesures

5.1 Généralités

Lors de la mesure de la denture, les flancs droits, flancs gauches, pas, dents ou toute combinaison de ceux-ci sont spécifiquement mentionnés.

5.2 Axe de référence

La spécification du profil de conception, d'hélice de conception et du pas de conception nécessite la définition d'un axe de rotation de référence approprié, appelé axe de référence. Il est défini par la spécification des surfaces de référence. Voir l'ISO/TR 10064-3.

L'axe de référence sert de référence pour les mesurages et tolérances associées. La localisation et l'orientation du cercle de diamètre de mesurage sont déterminés par cet axe.

Dans l'idéal, les surfaces utilisées pour construire l'axe de référence, les surfaces utilisées pour localiser l'engrenage pour fabrication, et les surfaces fonctionnelles qui définissent l'axe de rotation de la roue dentée lors de son assemblage final seront toutes les mêmes. Dans la pratique, cela n'est souvent pas le cas. Par exemple, les pièces de type arbre sont souvent fabriquées et contrôlées en utilisant des centres pour définir l'axe de référence. Dans les cas où les surfaces de référence de contrôle, de fabrication et/ou fonctionnelles sont différentes, il convient que ces surfaces coïncident entre elles avec un niveau d'exactitude suffisant pour faire en sorte que le positionnement final de la roue dentée soit correctement représenté durant le mesurage.

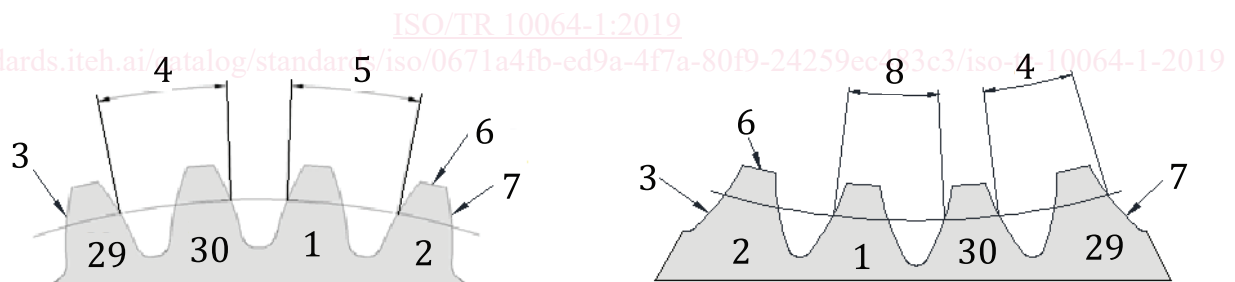
Quand un plateau rotatif est utilisé, il convient que la roue dentée mesurée soit orientée de manière que son axe de référence coïncide avec l'axe de rotation de l'appareil de mesure. En cas de montage de la roue dentée entre des centres, il convient de veiller à ce que le mandrin à plateau, s'il est utilisé, soit en bon état, et que les centres soient propres et concentriques avec les surfaces de référence de la roue dentée. Dans le cas d'appareils de mesure à commande numérique, si le programme de mesure est capable de corriger mathématiquement les erreurs qui résultent de conditions de montage désaxé, il peut alors être possible de monter l'engrenage avec un certain écart par rapport à l'axe de rotation de l'instrument.

5.3 Flanc droit ou gauche

Il est pratique de choisir une face de la roue dentée comme face de référence et de l'indiquer avec la lettre «I». L'autre face opposée à la face de référence peut être appelé face «II».

Du point de vue de l'observateur qui fait face à la face de référence, de manière que la dent se présente avec son point de tête vers le haut, le flanc droit est à droite et le flanc gauche à gauche.

Les flancs droit et gauche sont désignés respectivement par les lettres «R» et «L». Voir [Figure 1](#).



a) Denture extérieure

b) Denture intérieure

Légende

1	Dent 1	6	point de tête
2	Dent 2	7	flanc droit
3	flanc gauche	8	1L = numéro de pas 1, flanc gauche
4	30R = numéro de pas 30, flanc droit	29	Dent 29
5	2L = numéro de pas 2, flanc gauche	30	Dent 30

Figure 1 — Notation et numérotation des dentures extérieures et intérieures

5.4 Roues dentées à denture hélicoïdale à gauche ou à droite

L'hélice d'un engrenage à denture hélicoïdale externe ou interne est dénommée à droite ou à gauche. Le sens d'hélice est indiqué respectivement par les lettres «r» et «l».

Le sens de rotation d'hélice est à droite (à gauche) si, quand on regarde à partir d'une face, les profils apparents montrent un déplacement continu dans le sens des aiguilles d'une montre (dans le sens inverse des aiguilles d'une montre) selon une distance croissante par rapport à l'observateur. Voir [Figure 2](#).

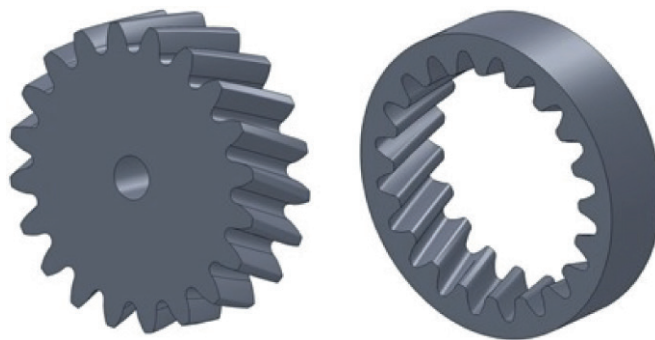


Figure 2 — Denture droite, extérieure et intérieure

5.5 Numérotation des dents et des flancs

Si l'on fait face à la face de référence d'une denture, les dents sont numérotées dans l'ordre croissant suivant le sens des aiguilles d'une montre. Le numéro de la dent est suivi par la lettre R ou L, qui indique s'il s'agit du flanc droit ou gauche. Par exemple, «Flanc 30 R». Voir [Figure 1](#).

5.6 Numérotation des pas

La numérotation des pas individuels est apparentée à la numérotation des dents comme suit: le numéro de pas «N» se situe entre les flancs correspondants aux numéros de dent «N-1» et «N»; la lettre R ou L indique si le pas se situe entre les flancs droit ou gauche. Par exemple, «Pas 30 R» (voir [Figure 1](#)).

NOTE Le pas 1 se situe entre la dernière et la première dent. Ainsi, les secteurs dentés 1 n'ont pas de pas 1; leur premier pas est le pas 2.

5.7 Nombre de pas «k» dans un indice de symbole d'écart

L'indice «k» dans un symbole d'écart indique le nombre de pas consécutifs auquel l'écart s'applique.

Dans la pratique, «k» est remplacé par un nombre; par exemple, F_{p3} indique qu'un écart cumulé de pas donné fait référence à trois pas.

6 Types d'équipement de mesure et principe

6.1 Généralités

Le mesurage analytique de la roue dentée, également appelé mesurage individuel ou élémentaire, comprend les mesurages des écarts d'hélice, de profil, de pas, de faux-rond radial et d'épaisseur de dent. Les mesurages sont effectués en positionnant un palpeur par contact dans la position théorique où