

NORME  
INTERNATIONALE

**ISO**  
**1328-1**

Première édition  
1995-02-15

Corrigée et réimprimée  
1997-02-01

---

---

**Engrenages cylindriques — Système ISO  
de précision —**

**Partie 1:**

Définitions et valeurs admissibles des écarts  
pour les flancs homologues de la denture

*Cylindrical gears — ISO system of accuracy —*

*Part 1: Definitions and allowable values of deviations relevant to  
corresponding flanks of gear teeth*



Numéro de référence  
ISO 1328-1:1995(F)

## Sommaire

	Page
1	1
2	1
3	1
4	7
5	7
6	8
7	9

## Annexes

A	18
B	21
C	28

[ISO 1328-1:1995](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2b518501-2220-4898-a2b2-c886b284a513/iso-1328-1-1995)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2b518501-2220-4898-a2b2-c886b284a513/iso-1328-1-1995>

© ISO 1995

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

Organisation internationale de normalisation  
Case Postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Suisse

Imprimé en Suisse

## Avant-propos

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

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

La Norme internationale ISO 1328-1 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 60, *Engrenages*.

Cette première édition de l'ISO 1328-1, ainsi que l'ISO 1328-2, annulent et remplacent l'ISO 1328:1975, dont elles constituent une révision technique.

L'ISO 1328 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Engrenages cylindriques — Système ISO de précision*:

- *Partie 1: Définitions et valeurs admissibles des écarts pour les flancs homologues de la denture*
- *Partie 2: Définitions et valeurs admissibles des tolérances relatives à l'écart composé radial et faux-rond*

L'annexe A fait partie intégrante de la présente partie de l'ISO 1328. Les annexes B et C sont données uniquement à titre d'information.

## Introduction

En plus des définitions et des valeurs des tolérances admissibles pour les éléments d'un engrenage, l'ISO 1328:1975 donnait également des conseils relatifs aux méthodes appropriées de contrôle

Durant la révision de l'ISO 1328:1975, après avoir considéré que certains de ces aspects étaient importants, il a été accepté que la description et les conseils relatifs aux méthodes de contrôle soient publiés séparément comme rapports techniques, et qu'en plus de l'ISO 1328-1 et de l'ISO 1328-2 soit établie une série de normes et de rapports techniques (voir article 2 et annexe C).

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

[ISO 1328-1:1995](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2b518501-2220-4898-a2b2-c886b284a513/iso-1328-1-1995)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2b518501-2220-4898-a2b2-c886b284a513/iso-1328-1-1995>

# Engrenages cylindriques — Système ISO de précision —

## Partie 1:

### Définitions et valeurs admissibles des écarts pour les flancs homologues de la denture

#### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 1328 établit un système de précision relatif aux flancs homologues des roues cylindriques isolées, avec profils en développante de cercle.

Elle donne les définitions appropriées des termes relatifs à la précision et spécifie la base du système de précision des dentures et les valeurs admissibles pour les écarts de pas, l'écart total de profil et l'écart total d'hélice.

La présente partie de l'ISO 1328 ne s'applique qu'aux éléments d'une roue d'engrenage prise individuellement, elle ne s'applique pas aux engrenages, c'est-à-dire aux deux roues d'engrenage (pignon + roue).

Il est fortement recommandé que l'utilisateur de la présente partie de l'ISO 1328 soit parfaitement au courant des méthodes et procédures de contrôle décrites dans l'ISO/TR 10064-1. L'utilisation de techniques autres que celles de ce rapport technique, combinées aux écarts prescrits dans la présente partie de l'ISO 1328, peut ne pas être appropriée.

L'annexe A donne les formules pour les tolérances d'écart composé tangentiel qui est aussi un critère du système ISO de précision, mais qui n'est pas un contrôle obligatoire.

L'annexe B donne les valeurs recommandées pour des tolérances de forme sur le profil et l'hélice et les tolérances d'inclinaison, qui sont souvent des infor-

mations utiles mais ne sont pas des critères ISO de précision.

#### 2 Référence normative

La norme suivante contient des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de l'ISO 1328. Au moment de la publication, l'édition indiquée était en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur la présente partie de l'ISO 1328 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer l'édition la plus récente de la norme indiquée ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

ISO/TR 10064-1:1992, *Engrenages cylindriques — Code pratique de réception — Partie 1: Contrôle relatif aux flancs homologues de la denture.*

#### 3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de l'ISO 1328, les définitions suivantes s'appliquent.

Pour les symboles qui ne sont pas expliqués dans cet article, voir article 4.

##### 3.1 Écarts de pas

**3.1.1 écart individuel de pas ( $f_{pt}$ ):** Différence algébrique entre la valeur effective d'un pas et la valeur correspondante théorique, dans le plan apparent. Elle

est définie sur un cercle concentrique à l'axe de la roue, situé sensiblement à mi-hauteur de dent. (Voir figure 1.)

**3.1.2 écart cumulé de pas ( $F_{pk}$ ):** Différence algébrique, sur tout secteur de  $k$  pas, entre la longueur effective et la longueur théorique de l'arc considéré. (Voir figure 1.) En théorie, elle est égale à la somme algébrique des écarts individuels pour les  $k$  pas considérés.

NOTE 1 Sauf indication contraire, l'évaluation de  $F_{pk}$  est limitée à des secteurs au plus égaux à un huitième de la circonférence. En conséquence, les valeurs admissibles des écarts  $F_{pk}$  s'appliquent à des secteurs de nombre de pas  $k$  compris entre 2 et le nombre le plus voisin de  $z/8$ . Généralement, l'évaluation de  $F_{pz/8}$  est suffisante. Si pour des applications spéciales, par exemple pour des engrenages à grande vitesse, des secteurs plus petits doivent être également contrôlés, il convient de spécifier les valeurs correspondantes de  $k$ .

**3.1.3 écart total de division ( $F_p$ ):** Valeur maximale de l'écart cumulé de pas sur tout secteur de flancs homologues ( $k$  compris entre 1 et  $z$ ). Il est représenté par l'amplitude totale de la courbe d'écart cumulé de pas.

## 3.2 Écarts de profils

**3.2.1 écart de profil:** Quantité dont le profil effectif s'écarte du profil de référence. Il est défini dans le

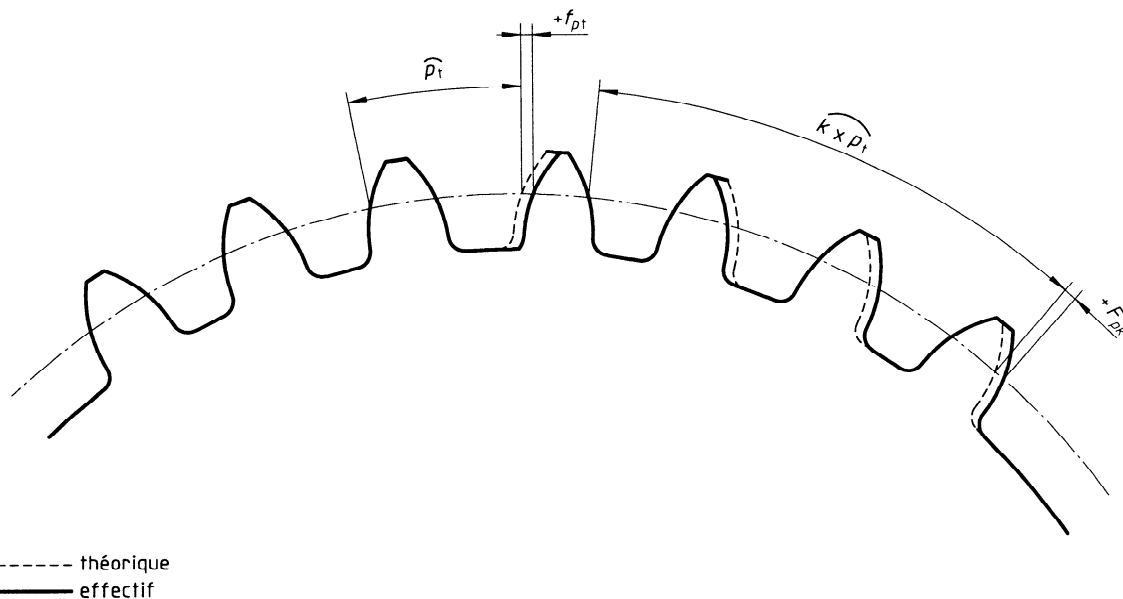
plan apparent (normal à l'axe), et il est normal au profil en développante.

**3.2.1.1 longueur utilisable ( $L_{AF}$ ):** Différence entre les longueurs de deux tangentes au cercle de base, l'une s'étendant du cercle de base jusqu'au point limite extérieur, et l'autre du cercle de base au point limite intérieur du profil utilisable.

La longueur utilisable qui dépend de la conception est limitée par la tête de dent, le début du chanfrein ou l'arrondi de sommet (point A). Près du pied de dent, la longueur utilisable est limitée soit par le début du profil de raccordement de pied, soit par le dégagement de pied (point F).

**3.2.1.2 longueur active ( $L_{AE}$ ):** Partie de la longueur utilisable qui correspond à la partie active du profil. Vers le sommet de dent, elle a la même limite que la longueur utilisable (point A). Vers le pied de dent, la longueur active s'étend jusqu'au point limite E du profil actif avec la roue conjuguée. Si la roue conjuguée n'est pas connue, le point E sera défini en considérant une crémaillère de référence avec des proportions de dent normalisées.

**3.2.1.3 longueur d'évaluation de l'écart de profil ( $L_a$ ):** Partie de la longueur utilisable sur laquelle les tolérances de la classe de précision doivent s'appliquer. Sauf indication contraire, cette longueur est égale à 92 % de la longueur active  $L_{AE}$ , s'étendant à partir du point E. (Voir figure 2.)



Dans cet exemple  $F_{pk} = F_{p3}$

Figure 1 — Écarts de pas

NOTE 2 Il est de la responsabilité du concepteur de la roue dentée de s'assurer que la longueur d'évaluation de l'écart du profil convienne à l'application considérée.

Pour les 8 % restant de  $L_{AE}$ , qui sont voisins du sommet de dent et qui sont la différence entre  $L_{AE}$  et  $L_{\alpha}$ , les règles suivantes d'évaluation s'appliquent pour l'écart total de profil et pour l'écart de forme de profil:

- a) un excès de matière (écart positif) qui augmente la valeur de l'écart doit être pris en considération;
- b) sauf indication contraire, pour un écart négatif, la tolérance doit être trois fois celle spécifiée pour la longueur d'évaluation  $L_{\alpha}$ .

NOTE 3 Pour l'obtention de l'écart de profil, les évaluations a) et b) sont basées sur le tracé du profil moyen défini en 3.2.1.5.

**3.2.1.4 profil de référence:** Profil correspondant aux spécifications de conception. Sauf indication contraire, c'est un profil défini dans le plan apparent.

NOTE 4 Dans les enregistrements graphiques, le tracé de profil en développante non modifié apparaît comme une ligne droite. Dans la figure 2, les tracés correspondant aux profils de référence sont représentés en traits mixtes.

**3.2.1.5 profil moyen d'un flanc mesuré:** Tracé obtenu en soustrayant de chacune des ordonnées du tracé du profil de référence l'ordonnée correspondante d'une ligne droite correspondant à un gradient linéaire. Il est tel que la somme des carrés des écarts du tracé de profil effectif par rapport au tracé du profil moyen soit minimale dans la zone d'évaluation. Ainsi la position et l'inclinaison du tracé du profil moyen sont déterminées par «la méthode des moindres carrés».

NOTE 5 Ce profil sert à la détermination de  $f_{ta}$  [figure 2 b)] et  $f_{H\alpha}$  [figure 2 c)].

**3.2.2 écart total de profil ( $F_{\alpha}$ ):** Distance entre deux tracés du profil de référence qui encadrent le tracé de profil effectif dans la longueur d'évaluation  $L_{\alpha}$ , compte tenu des indications données en 3.2.1.3. [Voir figure 2 a).]

**3.2.3 écart de forme de profil ( $f_{fa}$ ):** Distance entre deux tracés parallèles semblables au tracé du profil moyen et situés à une distance constante de ce der-

nier en encadrant le tracé de profil effectif dans la longueur d'évaluation  $L_{\alpha}$ , compte tenu des indications données en 3.2.1.3. [Voir figure 2 b).]

**3.2.4 écart d'inclinaison de profil ( $f_{H\alpha}$ ):** Distance entre deux tracés du profil de référence qui coupent le tracé de profil moyen aux extrémités de la longueur d'évaluation  $L_{\alpha}$ . [Voir figure 2 c).]

### 3.3 Écarts d'hélices

**3.3.1 écart d'hélice:** Quantité dont l'hélice effective s'écarte de l'hélice de référence. Elle est mesurée dans la direction de la tangente au cylindre de base dans le plan apparent.

**3.3.1.1 longueur de tracé:** Longueur proportionnelle à la largeur de denture de la roue, à l'exception des chanfreins ou des arrondis d'extrémités.

**3.3.1.2 longueur d'évaluation de l'écart d'hélice ( $L_{\beta}$ ):** Sauf indication contraire, «longueur de tracé», diminuée à chaque extrémité par la plus faible des deux valeurs: – 5 % de la largeur de denture, ou une longueur égale à un module.

NOTE 6 Il est de la responsabilité du concepteur de la roue dentée de s'assurer que la longueur d'évaluation de l'écart d'hélice convienne à l'application considérée.

Dans ces deux zones d'extrémités, les règles suivantes d'évaluation s'appliquent pour l'écart total d'hélice et pour l'écart de forme d'hélice:

- a) un excès de matière (écart positif) qui augmente la valeur de l'écart doit être pris en considération;
- b) sauf indication contraire, pour un écart négatif, la tolérance doit être trois fois celle spécifiée pour la longueur d'évaluation  $L_{\beta}$ .

NOTE 7 Pour l'obtention de l'écart de forme d'hélice, les évaluations a) et b) sont basées sur le tracé d'hélice moyenne définie en 3.3.1.4.

**3.3.1.3 hélice de référence:** Hélice correspondant aux spécifications de conception.

NOTE 8 Dans un diagramme d'hélice, le tracé d'une hélice non modifiée apparaît en général comme une ligne droite. Dans la figure 3, les tracés des hélices de référence sont représentés en traits mixtes.

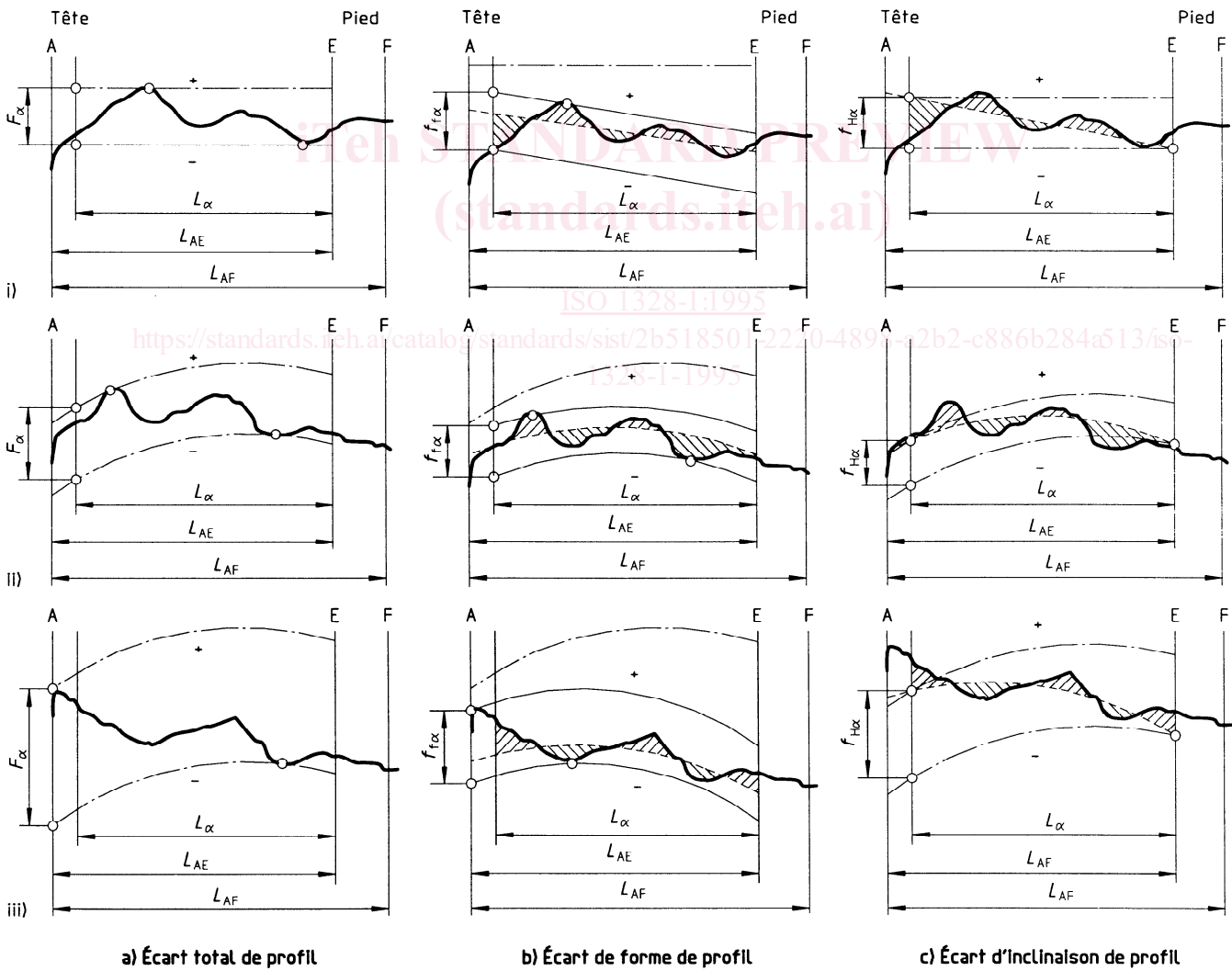
**Légendes**

----- : Profil de référence

~~~~~ : Profil effectif

----- : Profil moyen


- i) Profil de référence: profil en développante sans modification  
 Profil effectif: avec écarts négatifs dans la zone de tête
- ii) Profil de référence: exemple de profil en développante modifié  
 Profil effectif: avec écarts négatifs dans la zone de tête
- iii) Profil de référence: exemple de profil en développante modifié  
 Profil effectif: avec écarts positifs dans la zone de tête



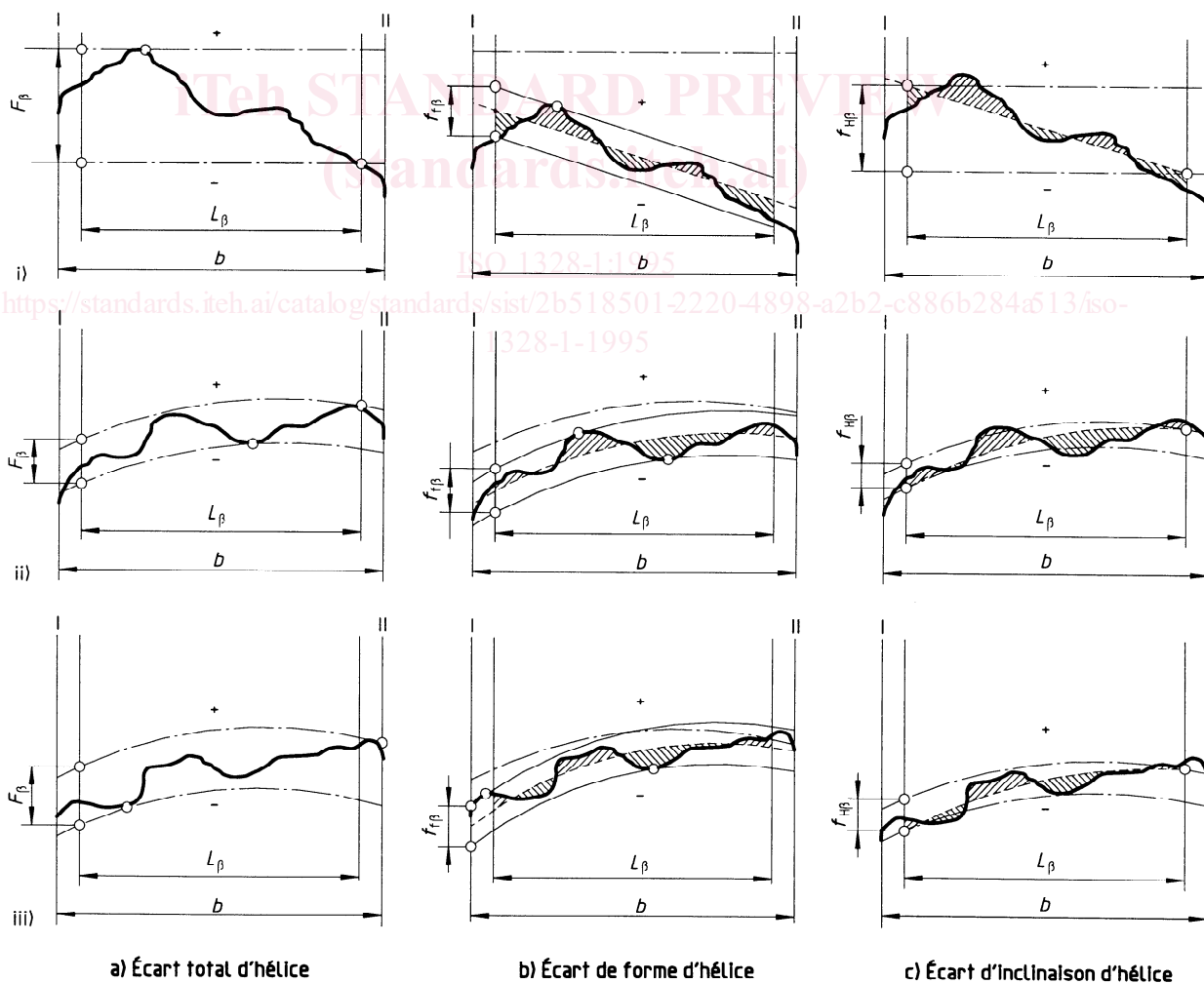
**Figure 2 — Écarts de profils**



**Légendes**

— · · · · · : Hélice de référence       : Hélice effective      - - - - - : Hélice moyenne

- i) Hélice de référence:      hélice non modifiée  
Hélice effective:              avec écarts négatifs près des extrémités
- ii) Hélice de référence:      exemple d'hélice modifiée  
Hélice effective:              avec écarts négatifs près des extrémités
- iii) Hélice de référence:      exemple d'hélice modifiée  
Hélice effective:              avec écarts positifs près des extrémités



**Figure 3 — Écarts d'hélices**

**3.3.1.4 hélice moyenne d'un flanc mesuré:** Tracé obtenu en soustrayant de chacune des ordonnées du tracé de l'hélice de référence l'ordonnée correspondante d'une ligne droite correspondant à un gradient linéaire. Il est tel que la somme des carrés des écarts du tracé de l'hélice effective par rapport au tracé de l'hélice moyenne soit minimale dans la zone d'évaluation. Ainsi, la position et l'inclinaison de l'hélice moyenne sont déterminées par «la méthode des moindres carrés».

NOTE 9 Cette hélice sert à la détermination des écarts  $f_{i\beta}$  [figure 3 b)] et  $f_{H\beta}$  [figure 3 c)].

**3.3.2 écart total d'hélice ( $F_{\beta}$ ):** Distance entre deux tracés de l'hélice de référence qui encadrent le tracé de l'hélice effective dans la longueur d'évaluation  $L_{\beta}$ , compte tenu des indications données en 3.3.1.2. [Voir figure 3 a).]

**3.3.3 écart de forme d'hélice ( $f_{i\beta}$ ):** Distance entre deux tracés parallèles semblables au tracé de l'hélice moyenne et situés chacun à une distance constante

de ce dernier en encadrant le tracé de l'hélice effective dans la longueur d'évaluation  $L_{\beta}$ , compte tenu des indications données en 3.3.1.2. [Voir figure 3 b).]

**3.3.4 écart d'inclinaison d'hélice ( $f_{H\beta}$ ):** Distance entre deux tracés de l'hélice de référence qui coupent le tracé de l'hélice moyenne aux extrémités de la longueur d'évaluation  $L_{\beta}$ . [Voir figure 3 c).]

### 3.4 Écarts composés tangentiels

**3.4.1 écart total composé tangentiel ( $F'_i$ ):** Différence maximale entre les déplacements circulaires effectifs et théoriques mesurés sur le cercle de référence de la roue contrôlée, lorsque celle-ci engrène au cours d'un tour complet.

NOTE 10 Avec une roue étalon durant le contrôle, le contact se produit sur une seule famille de flancs conjugués (figure 4).

**3.4.2 écart de saut de dent tangentiel ( $f'_i$ ):** Valeur de l'écart composé tangentiel pour une rotation de un pas. (Voir figure 4.)

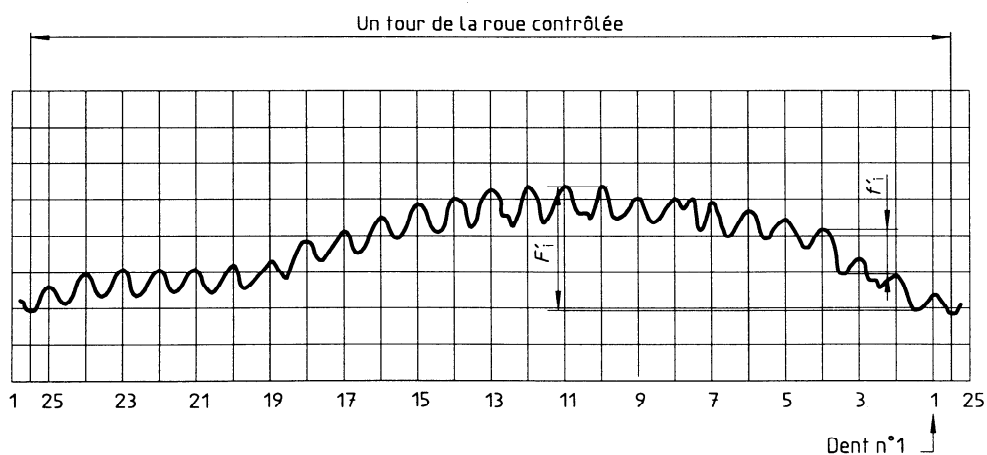


Figure 4 — Écarts composés tangentiels

## 4 Symboles et abréviations

### 4.1 Données de la roue d'engrenage (longueurs en millimètres)

|                      |                                                            |
|----------------------|------------------------------------------------------------|
| $b$                  | Largeur de denture                                         |
| $d$                  | Diamètre primitif de référence                             |
| $k$                  | Nombre de pas successifs                                   |
| $m$                  | Module                                                     |
| $p_t$                | Pas apparent                                               |
| $z$                  | Nombre de dents                                            |
| A                    | Point de début du chanfrein ou d'arrondi de sommet de dent |
| E                    | Point de début du profil actif                             |
| F                    | Point de début du profil utilisable                        |
| $L_{AE}$             | Longueur active (de tangente au cercle de base)            |
| $L_{AF}$             | Longueur utilisable (de tangente au cercle de base)        |
| $L_\alpha$           | Longueur d'évaluation de l'écart de profil                 |
| $L_\beta$            | Longueur d'évaluation de l'écart d'hélice                  |
| $Q$                  | Classe de précision                                        |
| $\varepsilon_\gamma$ | Rapport total de conduite                                  |
| I                    | Face de référence                                          |
| II                   | Face non référencée                                        |

### 4.2 Écarts de la roue d'engrenage (en micromètres)

|                    |                                  |
|--------------------|----------------------------------|
| $f_{fa}$           | Écart de forme de profil         |
| $f_{f\beta}$       | Écart de forme d'hélice          |
| $f_{H\alpha}^{1)}$ | Écart d'inclinaison de profil    |
| $f_{H\beta}^{1)}$  | Écart d'inclinaison d'hélice     |
| $f'_i$             | Écart de saut de dent tangentiel |
| $f_{pt}^{1)}$      | Écart individuel de pas          |

$F'_i$  Écart total composé tangentiel

$F_p$  Écart total de division

$F_{pk}^{1)}$  Écart cumulé de pas

$F_\alpha$  Écart total de profil

$F_\beta$  Écart total d'hélice

## 5 Base du système de précision des dentures

### 5.1 Système ISO de précision

Le système ISO de précision comprend 13 classes de précision, la classe 0 étant la plus précise et la classe 12 la moins précise.

Lorsqu'une précision requise est indiquée dans un document, il sera fait référence, selon le cas, à l'ISO 1328-1 ou à l'ISO 1328-2.

### 5.2 Valeurs admissibles pour les écarts

La classe de précision d'une roue d'engrenage est évaluée par comparaison des écarts mesurés avec les valeurs numériques données dans les tableaux 1 à 4. Ces valeurs sont calculées à partir des formules données dans l'article 6 et qui s'appliquent à la classe de précision 5. La raison de la progression entre deux classes consécutives est  $\sqrt{2}$ ; c'est-à-dire que les valeurs de chaque classe immédiatement supérieure (ou inférieure) sont déterminées par multiplication (ou division) par  $\sqrt{2}$ . La valeur requise pour toute classe de précision peut être déterminée en multipliant la valeur non arrondie calculée pour la classe 5 par  $2^{0,5(Q-5)}$ , où  $Q$  est la classe de précision considérée.

Les valeurs admissibles pour l'écart cumulé de pas  $F_{pk}$ , pour lesquelles il n'existe pas de tables de valeurs numériques, sont calculées sur la base des paragraphes 3.1.2, 5.2 à 5.4, 6.1 et 6.2.

Lorsque dans les formules de l'article 6 et les tableaux 1 à 4, il est fait référence au module  $m$  et à la largeur de denture  $b$ , il s'agit, sauf stipulation contraire, de leurs valeurs nominales, c'est-à-dire sans tenir compte des chanfreins au sommet et d'extrémités.

1) Ces écarts peuvent être en plus ou en moins.

### 5.3 Échelonnement des paramètres

Les limites inférieure et supérieure des échelonnements sont comme suit (valeurs en millimètres):

a) **pour le diamètre primitif de référence,  $d$**

5/20/50/125/280/560/1 000/1 600/2 500/  
4 000/6 000/8 000/10 000

b) **pour le module (module réel),  $m$**

0,5/2/3,5/6/10/16/25/40/70

c) **pour la largeur de denture,  $b$**

4/10/20/40/80/160/250/400/650/1 000

Dans l'application des formules données dans l'article 6, les paramètres  $m$ ,  $d$  et  $b$  ne doivent pas être introduits comme valeurs effectives, mais comme valeurs géométriques moyennes des limites de palier considéré. Si, par exemple, le module effectif est 7, les limites du palier considéré sont  $m = 6$  et  $m = 10$ , et les écarts admissibles seront calculés à partir d'un module

$$m = \sqrt{6 \times 10} = 7,746$$

Lorsque les données de la roue ne sont pas dans les paliers spécifiés, ou après accord entre utilisateur et fabricant, les valeurs effectives peuvent être introduites dans les formules.

### 5.4 Règles pour l'arrondissement

Les valeurs données dans les tableaux 1 à 4 sont des valeurs arrondies à partir des valeurs calculées à l'aide des formules de l'article 6. Si ces valeurs sont plus grandes que 10  $\mu\text{m}$ , elles sont arrondies au nombre entier le plus voisin. Si elles sont inférieures à 10  $\mu\text{m}$ , elles sont arrondies à la valeur 0,5  $\mu\text{m}$  la plus proche, ou au nombre entier. Si ces valeurs sont inférieures à 5  $\mu\text{m}$ , elles sont arrondies à la valeur 0,1  $\mu\text{m}$  la plus proche ou au nombre entier.

### 5.5 Validité

Lorsque dans des documents de réception la classe de précision désirée est mentionnée sans autre indication et correspond à l'une des classe de l'ISO 1328-1, cette classe s'applique aux écarts de tous les éléments conformément à 6.1 à 6.5 de la présente partie de l'ISO 1328. Cependant, sous réserve d'accord, des flancs actifs et non actifs de

classes de précision différentes peuvent être demandés, ou des classes de précision différentes peuvent être spécifiées pour différents écarts. Enfin, la classe de précision spécifiée peut se limiter aux flancs actifs.

Sans autre spécification, les mesurages sont effectués approximativement à mi-hauteur de dent ou à mi-largeur de denture. Dans le cas de petites valeurs de tolérances, en particulier inférieures à 5  $\mu\text{m}$ , les instruments de mesure doivent avoir une précision suffisante pour assurer que les mesurages des grands puissent être répétés avec la précision requise.

Sauf spécification contraire, l'écart de profil et l'écart d'hélice sont contrôlés sur les deux flancs d'au moins trois dents approximativement équidistantes sur l'ensemble de la denture. Le contrôle de l'écart individuel de pas,  $f_{pt}$ , doit s'effectuer entre les flancs homologues de toutes les dents.

## 6 Formules pour les valeurs admissibles des écarts de la classe de précision 5

NOTE 11 Les symboles sont tels que définis dans l'article 4.

**6.1** L'écart individuel de pas,  $f_{pt}$ , est calculé à partir de

$$f_{pt} = 0,3 \left( m + 0,4\sqrt{d} \right) + 4$$

**6.2** L'écart cumulé de pas,  $F_{pk}$ , est calculé à partir de

$$F_{pk} = f_{pt} + 1,6\sqrt{(k-1)m}$$

**6.3** L'écart total de division,  $F_p$ , est calculé à partir de

$$F_p = 0,3m + 1,25\sqrt{d} + 7$$

**6.4** L'écart total de profil,  $F_{\alpha}$ , est calculé à partir de

$$F_{\alpha} = 3,2\sqrt{m} + 0,22\sqrt{d} + 0,7$$

**6.5** L'écart total d'hélice,  $F_{\beta}$ , est calculé à partir de

$$F_{\beta} = 0,1\sqrt{d} + 0,63\sqrt{b} + 4,2$$

**6.6** Les valeurs des paramètres  $m$ ,  $d$  et  $b$  introduites dans ces formules sont des valeurs géométriques moyennes, telles que définies en 5.3 et 5.4, dans le palier considéré.