

---

---

**Engrenages cylindriques — Calcul de  
la durée de vie en service sous charge  
variable — Conditions pour les engrenages  
cylindriques conformément à l'ISO 6336**

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
*Cylindrical gears — Calculation of service life under variable load —  
Conditions for cylindrical gears in accordance with ISO 6336*  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO/TR 10495:1997](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/88730c61-3045-4f54-a5bf-4d68612d8a30/iso-tr-10495-1997)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/88730c61-3045-4f54-a5bf-4d68612d8a30/iso-tr-10495-1997>



Sommaire	Page
1 Domaine d'application .....	1
2 Références normatives .....	1
3 Définitions, symboles, grandeurs et unités .....	1
4 Introduction .....	3
5 Calcul général de la vie en service, méthode I .....	8
6 Calcul de la résistance en service sur la base d'un calcul de résistance d'un étage simple de réduction; calcul conforme à l'ISO 6336, méthode II .....	8
7 Couples à inversion aléatoire .....	11
8 Valeurs de référence pour le facteur d'application, $K_A$ .....	12
Annexe A (informative) Valeurs indicatives pour le facteur d'application, $K_A$ .....	13
Annexe B (informative) Bibliographie .....	17

iteh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

[ISO/TR 10495:1997](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/88730c61-3045-4f54-a5bf-4d68612d8a30/iso-tr-10495-1997)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/88730c61-3045-4f54-a5bf-4d68612d8a30/iso-tr-10495-1997>

© ISO 1997

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

Internet central@iso.ch

X.400 c=ch; a=400net; p=iso; o=isocs; s=central

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.

La tâche principale des comités techniques de l'ISO est d'élaborer les Normes internationales. Exceptionnellement, un comité technique peut proposer la publication d'un rapport technique de l'un des types suivants :

- type 1 : lorsque, en dépit de maints efforts, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale;
- type 2 : lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique ou lorsque, pour toute autre raison, la possibilité d'un accord pour la publication d'une Norme internationale peut être envisagée pour l'avenir mais pas dans l'immédiat;
- type 3 : lorsqu'un comité technique a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales (ceci pouvant comprendre des informations sur l'état de la technique, par exemple).

## iTeh STANDARD PREVIEW

Les rapports techniques des types 1 et 2 font l'objet d'un nouvel examen trois ans au plus tard après leur publication afin de décider éventuellement de leur transformation en Normes internationales. Les rapports techniques du type 3 ne doivent pas nécessairement être révisés avant que les données fournies ne soient plus jugées valables ou utiles.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/88730c61-3045-4f54-a5bf-428612341234-iso-tr-10495-1997>

L'ISO/TR 10495, rapport technique du type 2, a été élaboré par le comité technique ISO/TC 60, *Engrenages*, sous-comité SC 2, *Calcul de la capacité des engrenages*.

Les annexes A et B du présent Rapport technique sont données uniquement à titre d'information.

Page blanche

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO/TR 10495:1997

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/88730c61-3045-4f54-a5bf-4d68612d8a30/iso-tr-10495-1997>

# Engrenages cylindriques – Calcul de la durée de vie en service sous charge variable – Conditions pour les engrenages cylindriques conformément à l'ISO 6336

## 1 Domaine d'application

Le présent Rapport technique se rapporte au calcul des durées de service (ou des coefficients de sécurité pour une durée de vie exigée) d'engrenages soumis à des conditions de chargement variables. Les articles 4 et 5 développent les généralités sur le sujet; les articles 6 à 8 présentent une méthode qui peut être facilement utilisée au niveau de la conception. Bien que cette méthode soit présentée avec les conventions de l'ISO 6336, elle peut être facilement appliquée de la même manière à d'autres méthodes de calcul de dimensionnement (par exemple NF E23-015, BS 436, DIN 3990).

## 2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour le présent rapport technique. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur le présent rapport technique sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales à un moment donné.

ISO 701:1976, *Notation internationale des engrenages — Symboles de données géométriques.*

ISO 1122-1:1983, *Vocabulaire des engrenages — Partie 1: Définitions géométriques.*

ISO 6336-1:1996, *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 6336-2:1996, *Calcul de la capacité de charge des engrenages cylindriques à dentures droite et hélicoïdale — Partie 2: Calcul de la résistance à la pression superficielle (piquage).*

ISO 6336-3:1996, *Calcul de la capacité de charge des engrenages cylindriques à dentures droite et hélicoïdale — Partie 3: Calcul de la résistance à la flexion des dents.*

ISO 6336-5:1996, *Calcul de la capacité de charge des engrenages cylindriques à dentures droite et hélicoïdale — Partie 5: Résistance et qualité des matériaux.*

## 3 Définitions, symboles, grandeurs et unités

Pour les besoins de l'ISO/TR 10495, les définitions données dans l'ISO 1122-1 s'appliquent. Les symboles sont basés sur ceux qui sont donnés dans l'ISO 701. Seuls les symboles pour les grandeurs utilisées dans l'ISO/TR 10495 sont donnés dans le tableau 1.

Tableau 1 — Symboles utilisés dans l'ISO/TR 10495

Symbole	Grandeur	Unité
$b$	Largeur de denture	m/m
$d_1$	Diamètre de référence du pignon	m/m
$e$	Pente des courbes S-N	—
$i$	Catégorie	—
$l$	Intervalle de catégorie	—
$K_A$	Facteur d'application	—
$K_{F\alpha}$	Facteur de distribution transversale de la charge (contrainte de flexion)	—
$K_{F\beta}$	Facteur de distribution longitudinale de la charge (contrainte de flexion)	—
$K_{H\alpha}$	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	—
$m_n$	Module normal	mm
$n_i$	Nombre de cycles au $i$ ème niveau de contrainte (nombre d'apparitions dans la catégorie $i$ )	—
$n_l$	Nombre de cycles au niveau d'intervalle de catégorie $l$	—
$N_i$	Nombre de cycles jusqu'à défaillance au niveau d'intervalle de catégorie $l$	—
$N_L$	Nombre de cycles jusqu'à défaillance	—
$S$	Coefficient de sécurité sur la contrainte	—
$S_{F\lim}$	Coefficient de sécurité sur la contrainte de flexion (min.)	—
$S_{H\lim}$	Coefficient de sécurité sur la pression de contact (min.)	—
$T_i$	Catégorie de couples	Nm
$T_l$	Couple sur le pignon au niveau supérieur de l'intervalle de catégorie	Nm
$u$	Rapport d'engrenage	—
$U$	Somme de Miner	—
$U_l$	Endommagement individuel partiel d'intervalle de catégorie	—
$Y_F$	Facteur de forme	—
$Y_{NT}$	Facteur de durée de vie pour la contrainte de flexion en pied de dent pour les conditions d'essai normalisées	—
$Y_{R\rel T}$	Facteur de rugosité relatif (pied de dent)	—
$Y_S$	Facteur de concentration de contrainte	—
$Y_{ST}$	Facteur de concentration de contrainte pour les dimensions des roues d'essai normalisées	—
$Y_X$	Facteur de dimension (contrainte de flexion)	—
$Y_\beta$	Facteur d'inclinaison (contrainte de flexion)	—
$Y_{\delta\rel T}$	Facteur de sensibilité relatif à l'entaille	—
$Z_{B,D}$	Facteur de contact unique pour le pignon ou la roue	—
$Z_E$	Facteur d'élasticité	$(\text{N/mm}^2)^{1/2}$
$Z_H$	Facteur géométrique	—
$Z_L$	Facteur lubrifiant	—
$Z_{NT}$	Facteur de durée de vie vis-à-vis de la pression de contact pour les conditions d'essai normalisées	—

Symbole	Grandeur	Unité
$Z_R$	Facteur rugosité	—
$Z_v$	Facteur vitesse	—
$Z_w$	Facteur de rapport de dureté	—
$Z_p$	Facteur d'inclinaison (pression de contact)	—
$Z_c$	Facteur de conduite (pression de contact)	—
$\sigma_{F \text{ lim}}$	Contrainte nominale de référence (flexion)	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{F/}$	Contrainte de flexion en pied de dent à l'intervalle de catégorie	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{FP}$	Contrainte de flexion en pied de dent admissible	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{H \text{ lim}}$	Contrainte nominale de référence (contact)	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{H/}$	Pression de contact à l'intervalle de catégorie /	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{HO}$	Pression de contact de base	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{HP}$	Pression de contact admissible	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{/}$	Contrainte à l'intervalle de catégorie /	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{\text{lim}}$	Contrainte de référence	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_P$	Contrainte admissible	N/mm <sup>2</sup>

## 4 Introduction

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

### 4.1 Détermination des spectres de charges et de contraintes

Les charges variables résultantes d'un processus de fonctionnement, d'un processus de démarrage ou d'une utilisation sur ou proche d'une vitesse critique vont créer des variations de contraintes pour les dentures du système d'entraînement. L'amplitude et la fréquence de ces charges dépendent de la (ou des) machine(s) menée(s), de la (ou des) machine(s) menante(s) ou de l'entraînement ou du (ou des) moteur(s) et des propriétés élastiques du système.

Ces charges variables (contraintes) peuvent être déterminées par une ou plusieurs des procédures indiquées ci-dessous:

- Mesure expérimentale des charges de fonctionnement sur la machine en question.
- Estimation du spectre, s'il est connu pour une machine similaire ayant un mode de fonctionnement similaire.
- Calcul en simulant le système d'entraînement, par une excitation extérieure connue et des élasticités reliées à des masses.

NOTE — Il convient que les données spécifiques, nécessaires pour la méthode par laquelle la mesure de la charge ou du couple est réalisée, soient indiquées sur les feuilles de mesure.

Pour obtenir les spectres, la gamme des charges mesurées (évaluées) est divisée en catégories. Le nombre de catégories, habituellement utilisé, est 64.

Le comptage du cycle pour la catégorie de charge correspondant à la valeur de charge pour la dent la plus chargée est incrémenté à chaque répétition de charge. Le tableau 2 indique à l'aide d'un exemple comment appliquer les catégories de couple définies sur la figure 1 aux niveaux de couple spécifiques et aux nombres de cycles correspondants.

Tableau 2 — Exemple (voir figure 1): Catégories 111 et 112

Catégorie de couple $T_l$ , Nm	Nombre de cycles, $n_l$
$440 \leq T_{111} < 444$	$n_{111} = 2338$
$444 \leq T_{112} < 448$	$n_{112} = 4318$

Les couples utilisés pour évaluer le chargement de la dent doivent inclure les effets dynamiques aux différentes vitesses de rotation.

Ce spectre n'est valable que pour la durée mesurée ou évaluée. Si le spectre est extrapolé pour représenter la durée de vie souhaitée, la possibilité qu'il puisse y avoir des pointes de couple pas assez fréquentes pour avoir été enregistrées dans ce spectre mesuré doit être prise en considération. Ces pointes peuvent avoir un effet sur la durée de vie de l'engrenage.

Les spectres de contrainte concernant la flexion ou les phénomènes de contact peuvent être obtenus à partir du spectre de charge (couple) en utilisant la Méthode II.

La résistance au grippage doit être calculée à partir de la plus mauvaise combinaison de vitesse et de charge.

L'usure est une détérioration continue du flanc de la dent et doit être considérée séparément.

Les contraintes en pied de dent peuvent également être mesurées au moyen de jauges de contrainte dans le profil de raccordement en pied de dent. Dans ce cas, il convient que les facteurs de corrections d'efforts soient pris en compte en utilisant les résultats des mesures. Les contraintes de contact correspondantes peuvent être calculées à partir des mesures.

#### 4.2 Calcul général de la durée en service (standards.iteh.ai)

La durée en service calculée est basée sur la théorie que chaque cycle de charge (chaque tour) provoque des endommagements à l'engrenage. L'étendue des dommages dépend du niveau de contrainte et peut être voisin de zéro pour les niveaux de contrainte les plus faibles.

La durée de vie calculée en fatigue à la flexion ou à la pression de contact d'un engrenage est une mesure de sa capacité à cumuler des endommagements partiels jusqu'à ce que la défaillance se produise.

Les calculs de résistance à la fatigue exigent de connaître :

- Le spectre de contrainte;
- Les propriétés en fatigue du matériau;
- Une méthode de cumul des endommagements.



$T_i$ en Nm	[+0...+ 4[	[+4...+8 [	[+8...+12[	[+12...+16[	[+16...+20[	[+20... +24[
0,00	0	0	0	0	0	0
24,00	0	0	0	0	0	0
48,00	0	0	0	0	0	0
72,00	0	0	0	0	0	0
96,00	0	0	0	0	0	0
120,00	0	706	3469	3081	5109	32
144,00	1	2	438	381	756	903
168,00	2	0	0	0	0	1
192,00	45	350	212	616	16	0
216,00	0	0	0	0	0	0
240,00	0	0	0	0	0	0
264,00	0	0	0	0	19	2108
288,00	2072	3933	4257	6	2	3
312,00	0	0	0	0	0	0
336,00	0	0	0	0	0	0
360,00	0	0	0	0	0	0
384,00	0	0	0	0	0	0
408,00	0	0	0	0	0	0
432,00	26	72	2338*	4318*	3665	1824
456,00	239	477	2553	3216	5576	2109
480,00	932	90	420	1913	2877	2891
504,00	1255	449	67	791	745	2166
528,00	651	518	23	1	0	0
552,00	0	0	8	24	127	520
576,00	751	713	295	42	0	0
600,00	0	0	0	0	0	0
624,00	0	0	0	0	0	3
648,00	218	187	329	469	34	0
672,00	0	0	0	0	0	0
696,00	0	0	0	0	0	0
720,00	0	0	0	0	0	0
744,00	0	0	0	0	0	0
768,00	0	0	0	0	0	0
792,00	0	0	0	0	0	0
816,00	0	0	0	0	0	0
840,00	0	0	0	0	0	0
864,00	0	0	0	0	0	0
888,00	0	0	0	0	0	0
912,00	0	0	0	0	0	0
936,00	0	0	0	0	0	0
960,00	0	0	0	0	0	0
984,00	0	0	0	0	0	0
1008,00	0	0	0	0	0	0

\* exemple présenté dans le tableau 2

Figure 1 — Spectre de couple (classe numéro = 258)

Le spectre de contrainte a été traité au paragraphe 6.1.

Les valeurs de résistance basées sur les propriétés de fatigue du matériau sont choisies à partir des courbes S-N applicables. De nombreux échantillons doivent être testés en les chargeant de manière répétée à un niveau de contrainte unique jusqu'à l'apparition de la défaillance. Cela donne, après une interprétation statistique pour une probabilité donnée, un nombre de cycles jusqu'à la défaillance caractéristique de ce niveau de contrainte. En répétant la procédure à différents niveaux de contrainte on obtient une courbe de fatigue S-N.

Un exemple de spectre de contraintes cumulées est donné à la figure 2. La figure 3 représente des spectres de contraintes cumulées mesurées pour la contrainte en pied de dent. La figure 4 montre un spectre de contraintes de contact cumulées avec une courbe S-N pour des propriétés en fatigue données d'un matériau.

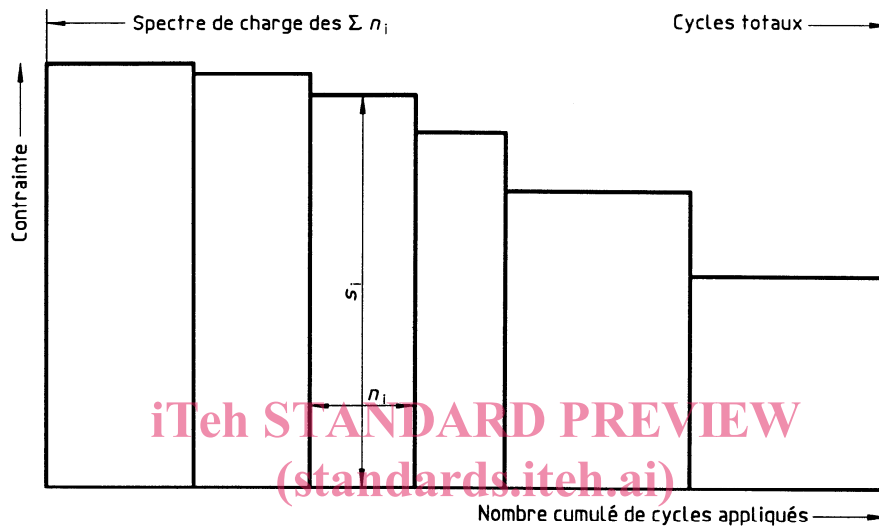


Figure 2 — Exemple d'un spectre de contraintes cumulées  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sis/88/50001-5045-454-a50f-4d68612d8a30/iso-tr-10495-1997>

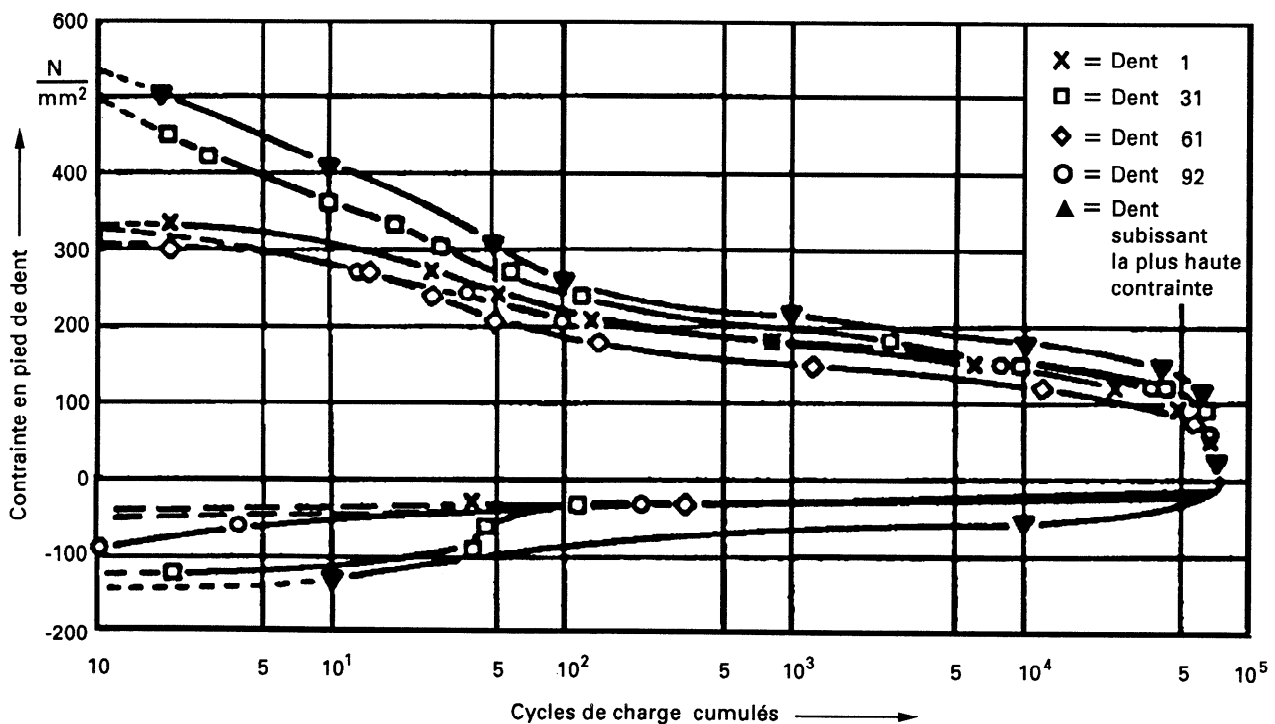
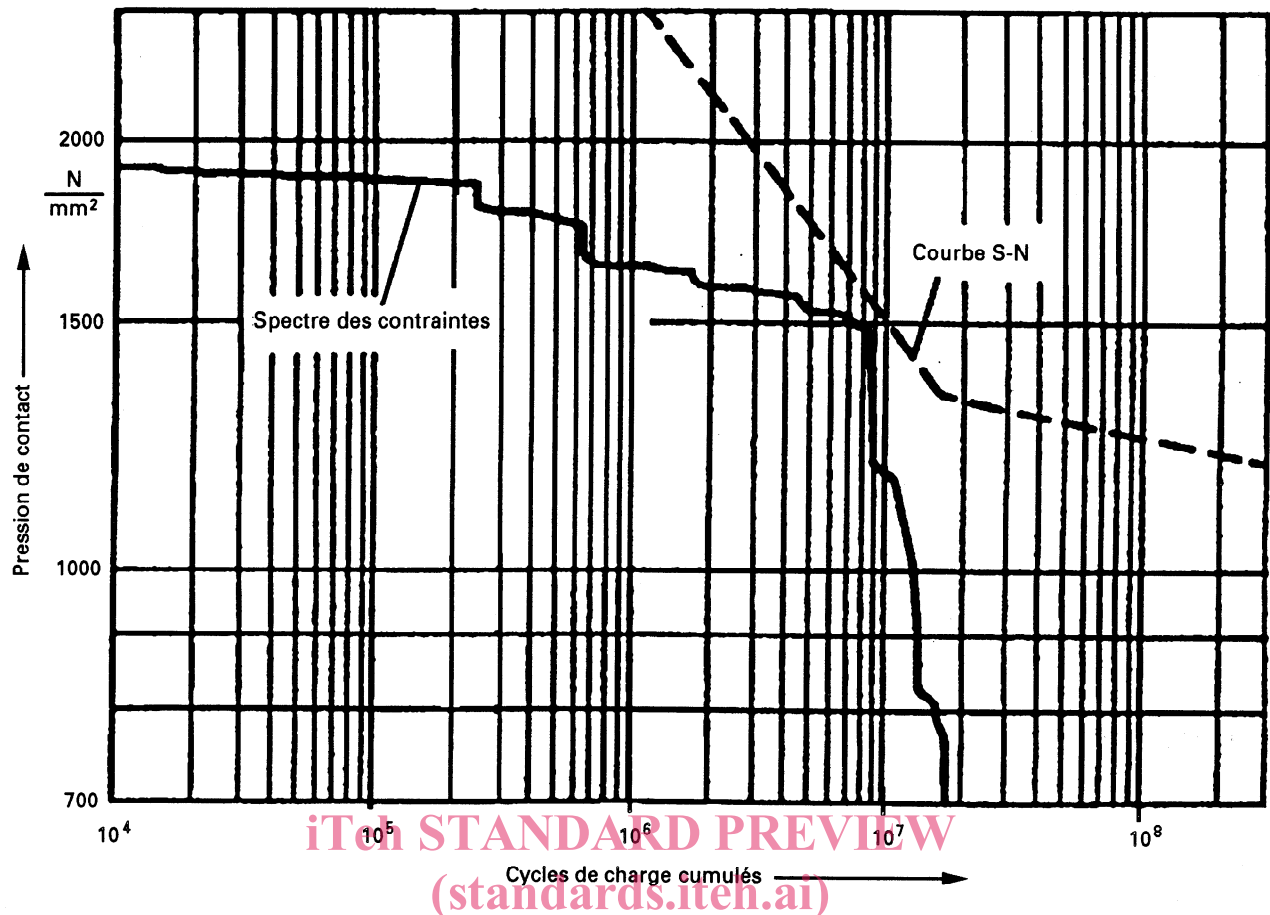


Figure 3 — Spectres mesurés de contraintes en pied de dent cumulées pour différentes dents d'une roue



NOTE — La représentation du spectre de contraintes cumulées au complet en dessous de la courbe S-N n'implique pas que cette pièce survivra au nombre total cumulé des cycles de contrainte. Cette information peut être obtenue à partir d'une représentation suivant la figure 6.

Figure 4 — Spectre de contraintes de contact cumulées avec courbe S-N

Des méthodes linéaires, non linéaires et relatives sont utilisées.

La documentation présentée en annexe B donne une comptabilité générale de l'état présent et l'application du cumul des endommagements.

### 4.3 Règle de Palmgren-Miner

La Règle de Palmgren-Miner est une méthode linéaire de cumul des endommagements largement utilisée. On suppose que pour un niveau de contrainte donné, tous les endommagements produits à chaque répétition de cette contrainte jouent le même rôle, c'est-à-dire que le premier cycle de contrainte à un niveau de contrainte donné produit autant d'endommagements que le dernier.

La Règle de Palmgren-Miner fonctionne sur l'hypothèse que la partie de la durée de vie à la fatigue utilisée par un nombre de cycles de contraintes répétées à un niveau de contrainte donné est égale au rapport du nombre total de cycles pendant la durée de vie à la fatigue, à ce niveau de contrainte particulier conformément à la courbe S-N établie pour le matériau. Par exemple, si une pièce a été soumise à une contrainte pendant 3000 cycles à un niveau de contrainte qui entraînerait une défaillance à 100 000 cycles, 3% de la durée de vie à la fatigue aura été consommé. Une contrainte répétée à un autre niveau de contrainte consommerait une autre partie de la durée de vie totale à la fatigue calculée de façon similaire.

NOTE — Il convient que les caractéristiques de fatigue du matériau et les données d'endurance employées soient liées à une probabilité exigée de défaillance, par exemple 1 %, 5 % ou 10 %.