

---

---

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

**Partie 5:  
Résistance et qualité des matériaux**

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
*Calculation of load capacity of spur and helical gears —  
Part 5: Strength and quality of materials*  
(standards.iteh.ai)

ISO 6336-5:2003

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4a5a378d-8fed-478d-bba8-b51108e09a8c/iso-6336-5-2003>



**PDF – Exonération de responsabilité**

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

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

[ISO 6336-5:2003](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4a5a378d-8fed-478d-bba8-b51108e09a8c/iso-6336-5-2003)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4a5a378d-8fed-478d-bba8-b51108e09a8c/iso-6336-5-2003>

© ISO 2003

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'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office  
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20  
Tel. + 41 22 749 01 11  
Fax. + 41 22 749 09 47  
E-mail [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)  
Web [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

Avant-propos .....	iv
Introduction .....	v
<b>1</b> <b>Domaine d'application .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b> <b>Références normatives.....</b>	<b>1</b>
<b>3</b> <b>Termes, définitions et symboles .....</b>	<b>2</b>
<b>4</b> <b>Méthode pour la détermination des contraintes admissibles .....</b>	<b>2</b>
<b>4.1</b> <b>Généralités.....</b>	<b>2</b>
<b>4.2</b> <b>Méthode A.....</b>	<b>3</b>
<b>4.3</b> <b>Méthode B.....</b>	<b>3</b>
<b>4.4</b> <b>Méthode B<sub>k</sub>.....</b>	<b>3</b>
<b>4.5</b> <b>Méthode B<sub>p</sub>.....</b>	<b>3</b>
<b>5</b> <b>Valeurs normalisées pour la contrainte admissible de référence — Méthode B .....</b>	<b>3</b>
<b>5.1</b> <b>Application.....</b>	<b>3</b>
<b>5.2</b> <b>Contrainte admissible de référence (pression de contact), <math>\sigma_{H\ lim}</math> .....</b>	<b>4</b>
<b>5.3</b> <b>Contraintes de flexion <math>\sigma_{F\ lim}</math> et <math>\sigma_{FE}</math>.....</b>	<b>5</b>
<b>5.4</b> <b>Abaques de représentation de <math>\sigma_{H\ lim}</math>, <math>\sigma_{F\ lim}</math> et <math>\sigma_{FE}</math>.....</b>	<b>5</b>
<b>5.5</b> <b>Calcul de <math>\sigma_{H\ lim}</math> et <math>\sigma_{F\ lim}</math> .....</b>	<b>6</b>
<b>5.6</b> <b>Profondeur de durcissement des roues dentées durcies superficiellement.....</b>	<b>21</b>
<b>6</b> <b>Exigences pour la qualité et le traitement thermique du matériau.....</b>	<b>24</b>
<b>6.1</b> <b>Généralités.....</b>	<b>24</b>
<b>6.2</b> <b>Aciers normalisés à faible teneur en carbone ou aciers moulés, aciers au carbone, aciers non alliés (voir Figures 1 et 2) .....</b>	<b>25</b>
<b>6.3</b> <b>Fonte malléable (voir Figures 3 et 4).....</b>	<b>25</b>
<b>6.4</b> <b>Autres matériaux (voir Figures 5 à 16) .....</b>	<b>25</b>
<b>6.5</b> <b>Témoin de traitement.....</b>	<b>37</b>
<b>6.6</b> <b>Décapage mécanique .....</b>	<b>38</b>
<b>6.7</b> <b>Grenaillage de précontrainte .....</b>	<b>38</b>
<b>Annexe A (normative) Dimensions de la section de contrôle pour les roues traitées dans la masse .....</b>	<b>39</b>
<b>Annexe B (informative) Tableau de conversions de dureté .....</b>	<b>42</b>
<b>Annexe C (informative) Mesure de la dureté superficielle à l'aide d'une lime.....</b>	<b>43</b>
<b>Bibliographie .....</b>	<b>45</b>

## 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 Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. 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.

L'attention est appelée 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.

L'ISO 6336-5 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 60, *Engrenages*, sous-comité SC 2, *Calcul de la capacité des engrenages*.

L'ISO 6336 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *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*
- *Partie 2: Calcul de la résistance à la pression de contact (piqûres)*
- *Partie 3: Calcul de la résistance à la flexion en pied de dent*
- *Partie 5: Résistance et qualité des matériaux*

La partie 6: *Calcul de la durée de vie en service sous charge variable*, est en préparation.

## Introduction

La présente partie de l'ISO 6336 ainsi que l'ISO 6336-1, l'ISO 6336-2 et l'ISO 6336-3 donnent les principes pour un système cohérent de méthodes pour le calcul de la capacité de charge des engrenages à profil en développante de cercle à denture extérieure ou intérieure. L'ISO 6336 est conçue pour faciliter l'application des connaissances et développements futurs, également pour échanger les informations issues de l'expérience.

Les contraintes admissibles, telles que celles décrites dans la présente partie de l'ISO 6336, peuvent varier très largement. De tels écarts sont dus aux défauts et aux variations de la composition chimique (charge), de la structure, de la nature et du processus d'élaboration (par exemple laminage, forgeage, taux de corroyage), du traitement thermique, des niveaux de contrainte résiduelle, etc.

Les tableaux résumant les paramètres d'influence les plus importants et les exigences relatives aux différentes classes de qualité pour chaque catégorie de matériau. Les effets de ces paramètres sur la résistance à la pression de contact et la résistance à la flexion en pied de dent sont illustrés par des graphiques.

La présente partie de l'ISO 6336 concerne les aciers pour engrenage qui sont les plus employés et traite des méthodes de traitement thermique associées. Les recommandations sur le choix d'un matériau particulier, d'une méthode de traitement thermique ou d'un procédé d'élaboration sont exclues. De plus, il n'est fait aucune mention concernant l'aptitude ou tout autre paramètre de tout matériau vis-à-vis d'une méthode de taillage spécifique ou d'une méthode de traitement thermique.

ISO 6336-5:2003

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4a5a378d-8fed-478d-bba8-b51108e09a8c/iso-6336-5-2003>

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

ISO 6336-5:2003

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4a5a378d-8fed-478d-bba8-b51108e09a8c/iso-6336-5-2003>

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

## Partie 5: Résistance et qualité des matériaux

### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 6336 décrit les pressions de contact et les contraintes en pied de dent, et donne des valeurs numériques pour ces deux contraintes limites de référence. Elle spécifie les exigences pour la qualité du matériau et le traitement thermique, et elle fournit des indications concernant leur influence sur chacune des contraintes limites de référence.

Les valeurs données dans la présente partie de l'ISO 6336 sont valables pour les méthodes de calcul définies dans l'ISO 6336-2 et l'ISO 6336-3 ainsi que dans les normes d'application pour engrenages industriels, engrenages grande vitesse et engrenages marins. Elles sont applicables aux méthodes de calcul données dans l'ISO 10300 pour déterminer la capacité de charge des engrenages coniques. La présente partie de l'ISO 6336 est applicable à tous les engrenages, aux tracés de référence, aux dimensions, conception, etc., définis dans ces normes. Les résultats sont en bon accord avec d'autres méthodes pour le sujet tel qu'indiqué dans le domaine d'application de l'ISO 6336-1.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4a5a378d-8fed-478d-bba8-b51108e09a8c/iso-6336-5-2003>

### 2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application 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 642:1999, *Acier — Essai de trempabilité par trempe en bout (Essai Jominy)*

ISO 643:—<sup>1)</sup>, *Aciers — Détermination micrographique de la grosseur de grain apparente*

ISO 683-1:1987, *Aciers pour traitement thermique, aciers alliés et aciers pour décolletage — Partie 1: Aciers corroyés non alliés et faiblement alliés à durcissement par trempe directe se présentant sous la forme de différents produits noirs*

ISO 683-9:1988, *Aciers pour traitement thermique, aciers alliés et aciers pour décolletage — Partie 9: Aciers corroyés pour décolletage*

ISO 683-10:1987, *Aciers pour traitement thermique, aciers alliés et aciers pour décolletage — Partie 10: Aciers corroyés pour nitruration*

ISO 683-11:1987, *Aciers pour traitement thermique, aciers alliés et aciers pour décolletage — Partie 11: Aciers corroyés pour cémentation*

---

1) À publier. (Révision de l'ISO 643:1983)

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

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*

ISO 2639:2002, *Acier — Détermination et vérification de la profondeur de cémentation*

ISO 3754:1976, *Acier — Détermination de la profondeur conventionnelle de trempe après chauffage superficiel*

ISO 4948-2:1981, *Aciers — Classification — Partie 2: Classification des aciers alliés et aciers non alliés en fonction des principales classes de qualité et des caractéristiques principales de propriété ou d'application*

ISO 4967:1998, *Acier — Détermination de la teneur en inclusions non métalliques — Méthode micrographique à l'aide d'images types*

ISO 6336-1:—<sup>2)</sup>, *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:—<sup>2)</sup>, *Calcul de la capacité de charge des engrenages cylindriques à dentures droite et hélicoïdale — Partie 2: Calcul de la résistance à la pression superficielle (piqûre)*

ISO 6336-3:—<sup>2)</sup>, *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 9443:1991, *Aciers pour traitements thermiques et aciers alliés — Classes de qualité de surface des ronds et fils-machine laminés à chaud — Conditions techniques de livraison*

ISO 10474:1991, *Aciers et produits sidérurgiques — Documents de contrôle*

ISO 14104:1995, *Engrenages — Contrôle par attaque chimique des zones revenues lors de la rectification*

ASTM<sup>3)</sup> A388-01, *Standard practice for ultrasonic examination of heavy steel forgings*

ASTM E428-00, *Standard practice for fabrication and control of steel reference blocks used in ultrasonic inspection*

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4a5a378d-8fed-478d-bba8-1b5107a8762a/iso-6336-5-2003>

ASTM A609-91, *Practice for castings, carbon, low alloy and martensitic stainless steel, ultrasonic examination thereof*

ASTM E1444-01, *Standard practice for magnetic particle examination*

### 3 Termes, définitions et symboles

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 1122-1 et les symboles et unités donnés dans l'ISO 6336-1 s'appliquent.

## 4 Méthode pour la détermination des contraintes admissibles

### 4.1 Généralités

Il convient de déterminer le plus souvent possible par des essais d'engrenages, les contraintes admissibles de référence, pour chaque matériau et chaque état de matériau. Il convient que les conditions d'essai et les dimensions des roues d'essai soient aussi proches que possible des conditions et des dimensions de fonctionnement des roues faisant l'objet du calcul.

---

2) En préparation. (Révisions de l'ISO 6336-1:1996, de l'ISO 6336-2:1996 et de l'ISO 6336-3:1996, respectivement)

3) American Society for Testing and Materials



Dans l'exploitation des résultats d'essai ou de données issues du fonctionnement en service, il est indispensable d'examiner si certains facteurs d'influence sur les contraintes admissibles sont déjà inclus ou non dans la donnée évaluée. Par exemple, pour la pression de contact, l'influence du film de lubrifiant, de la rugosité des flancs et de la géométrie de l'engrenage; pour la résistance à la flexion en pied de dent, le rayon et la rugosité de l'arrondi en pied de dent, ainsi que la géométrie de l'engrenage. Il convient de substituer 1,0 au facteur d'influence au cours du calcul des contraintes admissibles quand cela est pertinent.

#### 4.2 Méthode A

Les valeurs de contraintes admissibles de référence pour la pression de contact et la flexion sont déterminées par des essais d'endurance avec des roues dont les dimensions sont voisines de celles des roues devant faire l'objet du calcul dans des conditions d'essai qui sont proches des conditions de fonctionnement prévues.

#### 4.3 Méthode B

Les contraintes admissibles de référence, pour la pression de contact et la flexion, sont déterminées sur la base des essais d'endurance effectués avec des roues dentées de référence dans des conditions d'essai de référence. Les contraintes admissibles de référence en pied de dent sont également déterminées par des essais au pulsateur. Il convient de prendre en considération l'expérience pratique. Les contraintes admissibles de référence normalisées spécifiées en 5.2 et 5.3 reposent sur de tels essais et une telle expérience.

Trois classes différentes, ME, MQ et ML, sont définies pour les contraintes admissibles de référence. Le choix approprié de la classe dépend du type de production et des contrôles de qualité réalisés tels que décrits à l'Article 6.

#### 4.4 Méthode B<sub>k</sub>

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

Les contraintes admissibles de référence, pour une sollicitation en flexion, sont calculées à partir des résultats d'essais réalisés sur des éprouvettes entaillées. Il convient que le rapport du rayon d'entaille de l'éprouvette sur l'épaisseur soit de préférence comparable à celui du rayon d'arrondi à l'épaisseur à la corde dans la section critique, et il convient que la condition de surface soit similaire au pied de dent. Au cours de l'exploitation des résultats, il convient de tenir compte du fait que les éprouvettes sont habituellement soumises à une charge alternée de flexion simple alors que les pieds de dent sont soumis à une combinaison de sollicitations répétées, en flexion, cisaillement et compression. Les caractéristiques des différents matériaux peuvent être obtenues au moyen d'essais internes, de l'expérience acquise ou de la documentation disponible.

#### 4.5 Méthode B<sub>p</sub>

Les contraintes admissibles de référence, pour une sollicitation en flexion, sont calculées à partir des résultats d'essais réalisés sur des éprouvettes non entaillées. Voir 4.4 en ce qui concerne l'interprétation de l'exploitation des résultats d'essai. Pour prendre en considération l'influence de la sensibilité à l'entaille, il est nécessaire d'inclure dans les calculs la forme et les facteurs d'entaille réels, ainsi leurs résultats seront influencés par la grande incertitude de ces facteurs. Les caractéristiques des différents matériaux peuvent être obtenues auprès de laboratoires d'essais connus ou de la documentation disponible (voir la Bibliographie).

### 5 Valeurs normalisées pour la contrainte admissible de référence — Méthode B

#### 5.1 Application

Les contraintes admissibles de référence, représentées aux Figures 1 à 16, reposent sur l'hypothèse d'une composition du matériau, d'un traitement thermique et de méthodes de contrôle adaptés à la dimension de la roue dentée.

Lorsque des valeurs d'essai sont disponibles pour des matériaux spécifiques, elles peuvent être utilisées en lieu et place des valeurs des Figures 1 à 16.

Les données fournies dans la présente partie de l'ISO 6336 sont tout à fait justifiées par des essais et par l'expérience pratique.

Les valeurs sont choisies pour une probabilité d'endommagement de 1 %. Une analyse statistique permet l'ajustement de ces valeurs afin qu'elles correspondent à d'autres probabilités d'endommagement.

Lorsque d'autres probabilités d'endommagement (fiabilité) sont souhaitées, les valeurs de  $\sigma_{H\text{ lim}}$ ,  $\sigma_{F\text{ lim}}$  et  $\sigma_{FE}$  sont ajustées à l'aide d'un «facteur de fiabilité» adapté. Lorsque tel est le cas, un indice doit être ajouté pour indiquer le pourcentage approprié (par exemple  $\sigma_{H\text{ lim } 10}$  pour une probabilité d'endommagement de 10 %).

Les contraintes admissibles indiquées dans les Figures 9 et 10 sont calculées pour des profondeurs de cémentation effectives d'environ  $0,15m_n$  à  $0,2m_n$  sur des roues dentées après finition.

La façon dont le niveau de dureté superficielle influence la résistance des roues durcies superficiellement, nitrurées, carbonitrurées et nitrocarburées ne peut pas être quantifiée avec fiabilité. Les autres facteurs du matériau et du traitement thermique relatifs à la surface ont une influence nettement plus marquée.

Dans certains cas, la totalité du domaine de dureté n'est pas couverte. Les intervalles admissibles sont définis par la longueur des droites représentées aux Figures 1 à 16.

Pour les aciers durcis superficiellement (Figures 9 à 16), l'échelle de dureté HV a été choisie comme axe de référence. L'échelle de dureté HRC est donnée à titre de comparaison. Pour définir la relation entre l'échelle des duretés Vickers et Rockwell, des tables de conversion sont données dans l'Annexe B.

## 5.2 Contrainte admissible de référence (pression de contact), $\sigma_{H\text{ lim}}$

La contrainte admissible de référence,  $\sigma_{H\text{ lim}}$ , est issue de la pression de contact qui peut être supportée par la dent pour un nombre spécifique de cycles sans apparition de piqûres évolutives. Pour certains matériaux,  $5 \times 10^7$  cycles de contrainte sont considérés comme étant le début du domaine de résistance pour les grandes durées de vie (voir le facteur de durée de vie dans l'ISO 6336-2).

Les valeurs de  $\sigma_{H\text{ lim}}$  données aux Figures 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13 et 15 sont valables pour les conditions de fonctionnement et les dimensions de référence des roues d'essai, telles qu'indiquées ci-après<sup>4)</sup>:

— entraxe	$a = 100 \text{ mm}$
— angle d'hélice	$\beta = 0$ ( $Z_\beta = 1$ )
— module	$m = 3 \text{ mm à } 5 \text{ mm}$ ( $Z_X = 1$ )
— rugosité moyenne crête à crête des flancs de dent	$Rz = 3 \text{ }\mu\text{m}$ ( $Z_R = 1$ )
— vitesse tangentielle	$v = 10 \text{ m/s}$ ( $Z_V = 1$ )
— viscosité du lubrifiant	$\nu_{50} = 100 \text{ mm}^2/\text{s}$ ( $Z_L = 1$ )
— roues conjuguées de même matériau	( $Z_W = 1$ )
— classes de précision de la roue dentée	4 à 6 conformément à l'ISO 1328-1
— largeur de denture	$b = 10 \text{ mm à } 20 \text{ mm}$
— facteurs généraux d'influence	$K_A = K_V = K_{H\beta} = K_{H\alpha} = 1$

Les roues d'essai sont déclarées détruites par piqûres, dans les conditions suivantes: lorsque 2 % de la totalité des surfaces actives des flancs pour des roues traitées dans la masse, ou lorsque 0,5 % de la totalité des surfaces actives des flancs pour les roues durcies superficiellement, ou 4 % de la surface du flanc d'une

4) Les données obtenues sous différentes conditions d'essai ont été ajustées pour être conformes aux conditions normalisées. Il est important de noter que  $\sigma_{H\text{ lim}}$  n'est pas la pression de contact sous une charge continue, mais bien plutôt la limite supérieure de la pression de contact calculée conformément à l'ISO 6336-2 qui peut être supportée sans endommagement par piqûres évolutives, pour un nombre de cycles de mise en charge spécifié.

dent sont dégradés par piqûres. Les pourcentages donnés font référence à des évaluations d'essai; ils ne sont pas définis comme des limites pour les roues dentées de production.

### 5.3 Contraintes de flexion $\sigma_{F \text{ lim}}$ et $\sigma_{FE}$

#### 5.3.1 Contrainte nominale de référence (flexion), $\sigma_{F \text{ lim}}$

La contrainte nominale de référence (flexion),  $\sigma_{F \text{ lim}}$ , est déterminée en soumettant les roues de référence à des essais (voir l'ISO 6336-3). Il s'agit de la valeur limite de contrainte de flexion en fonction des influences du matériau, du traitement thermique et de la rugosité de surface des pieds de dent de la roue d'essai.

#### 5.3.2 Contrainte admissible de référence (flexion), $\sigma_{FE}$

La contrainte admissible de référence (flexion),  $\sigma_{FE}$ , (voir l'ISO 6336-3 pour la définition de  $\sigma_{FE}$ ) est la résistance à la flexion de base d'une éprouvette non entaillée, avec l'hypothèse que les conditions de traitement du matériau (y compris le traitement thermique) sont entièrement dans le domaine élastique:

$$\sigma_{FE} = \sigma_{F \text{ lim}} Y_{ST} \quad (1)$$

Pour la roue d'essai de référence, le facteur de concentration de contrainte est  $Y_{ST} = 2,0$ . Pour la plupart des matériaux,  $3 \times 10^6$  cycles de contrainte sont considérés comme le début du domaine de résistance pour les grandes durées de vie (voir le facteur de durée de vie dans l'ISO 6336-3).

Les valeurs de  $\sigma_{F \text{ lim}}$  et  $\sigma_{FE}$  indiquées aux Figures 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 et 16 sont valables pour les conditions de fonctionnement et les dimensions de référence des roues d'essai, telles qu'indiquées ci-après [voir 5.2, note de bas de page 2]:

— angle d'hélice	$\beta = 0$ ( $Y_{\beta} = 1$ )
— module	$m = 3 \text{ mm à } 5 \text{ mm}$ ( $Y_X = 1$ )
— facteur de concentration de contrainte	$Y_{ST} = 2,0$
— paramètre d'entaille	$q_{ST} = 2,5$ ( $Y_{\delta \text{ rel T}} = 1$ )
— rugosité moyenne crête à crête des pieds de dent	$Rz = 10 \text{ } \mu\text{m}$ ( $Y_{R \text{ rel T}} = 1$ )
— classes de précision des roues dentées	4 à 7 conformément à l'ISO 1328-1
— tracé de référence	conformément à l'ISO 53
— largeur de denture	$b = 10 \text{ mm à } 50 \text{ mm}$
— facteurs généraux d'influence	$K_A = K_V = K_{F\beta} = K_{F\alpha} = 1$

#### 5.3.3 Contrainte de flexion alternée

Les contraintes admissibles de référence, données aux Figures 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 et 16, sont valables pour les roues soumises à un chargement unidirectionnel et répété. Lorsque des charges alternées existent, il est exigé une valeur plus faible pour  $\sigma_{FE}$ . Dans les cas les plus sévères (comme par exemple les roues intermédiaires où une charge alternée est exercée à chaque cycle), il convient de réduire les valeurs de  $\sigma_{F \text{ lim}}$  et  $\sigma_{FE}$  à 0,7 fois la valeur pour une sollicitation unidirectionnelle. Si le nombre de charges alternées est moins fréquent, on peut employer un autre facteur en fonction du nombre de ces charges pendant la durée de vie souhaitée. Pour une aide, voir ISO 6336-3:—<sup>2</sup>, Annexe B.

### 5.4 Abaques de représentation de $\sigma_{H \text{ lim}}$ , $\sigma_{F \text{ lim}}$ et $\sigma_{FE}$

Les contraintes admissibles de référence pour des valeurs de dureté en dehors des valeurs limites minimale et maximale correspondantes des Figures 1 à 16 sont soumises à un accord préalable entre le fabricant et l'acheteur sur la base de l'expérience acquise dans le domaine.

5.5 Calcul de  $\sigma_{H\ lim}$  et  $\sigma_{F\ lim}$

Les contraintes admissibles de référence,  $\sigma_{H\ lim}$ , et nominale de référence,  $\sigma_{F\ lim}$ , peuvent être calculées à l'aide de l'équation suivante:

$$\left. \begin{matrix} \sigma_{H\ lim} \\ \sigma_{F\ lim} \end{matrix} \right\} = A \cdot x + B \tag{2}$$

où

$x$  est la dureté superficielle HBW ou HV;

A, B sont des constantes (voir Tableau 1).

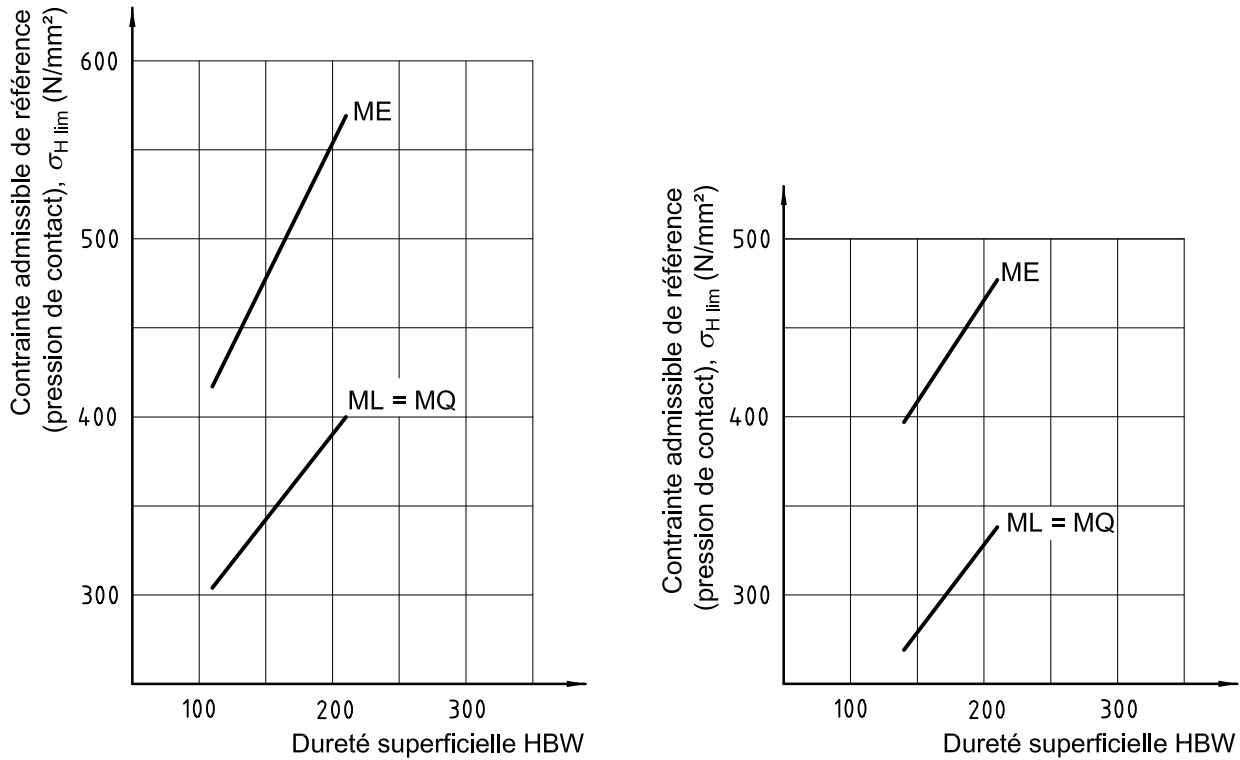
Les classes de dureté sont limitées par les valeurs minimale et maximale correspondantes données dans le Tableau 1.

Tableau 1 — Calcul de  $\sigma_{H\ lim}$  et  $\sigma_{F\ lim}$

N°	Matériau	Contrainte	Type	Abré- viation	Fig.	Qualité	A	B	Dureté			
									min.	max.		
1	Aciers à faible teneur en carbone/aciers moulés normalisés <sup>a</sup>	Contact	Aciers à faible teneur en carbone normalisés forgés	St	1 a)	ML/MQ	1,000	190	HBW	110	210	
2						ME	1,520	250		110	210	
3			Aciers moulés	St	1 b)	ML/MQ	0,986	131	HBW	140	210	
4						(moulé) ME	1,143	237		140	210	
5		Flexion	Aciers à faible teneur en carbone normalisés forgés	St	2 a)	ML/MQ	0,455	69	HBW	110	210	
6						ME	0,386	147		110	210	
7				Aciers moulés	St	2 b)	ML/MQ	0,313	62	HBW	140	210
8							(moulé) ME	0,254	137		140	210
9	Fontes	Contact	Fonte malléable	GTS (perl.)	3 a)	ML/MQ	1,371	143	HBW	135	250	
10						ME	1,333	267		175	250	
11			Fonte à graphite sphéroïdal	GGG	3 b)	ML/MQ	1,434	211	HBW	175	300	
12						ME	1,500	250		200	300	
13			Fonte grise	GG	3 c)	ML/MQ	1,033	132	HBW	150	240	
14						ME	1,465	122		175	275	
15		Flexion	Fonte malléable	GTS (perl.)	4 a)	ML/MQ	0,345	77	HBW	135	250	
16						ME	0,403	128		175	250	
17			Fonte à graphite sphéroïdal	GGG	4 b)	ML/MQ	0,350	119	HBW	175	300	
18						ME	0,380	134		200	300	
19			Fonte grise	GG	4 c)	ML/MQ	0,256	8	HBW	150	240	
20						ME	0,200	53		175	275	
21	Aciers forgés traités dans la masse <sup>b</sup>	Contact	Aciers au carbone	V	5	ML	0,963	283	HV	135	210	
22						MQ	0,925	360		135	210	
23						ME	0,838	432		135	210	
24			Aciers alliés	V	5	ML	1,313	188	HV	200	360	
25						MQ	1,313	373		200	360	
26						ME	2,213	260		200	390	
27		Flexion	Aciers au carbone	V	6	ML	0,250	108	HV	115	215	
28						MQ	0,240	163		115	215	
29			Aciers alliés	V	6	ML	0,283	202	HV	115	215	
30						MQ	0,423	104		200	360	
31	ME	0,425	187	200	360							
32	ME	0,358	231	200	390							

Tableau 1 (suite)

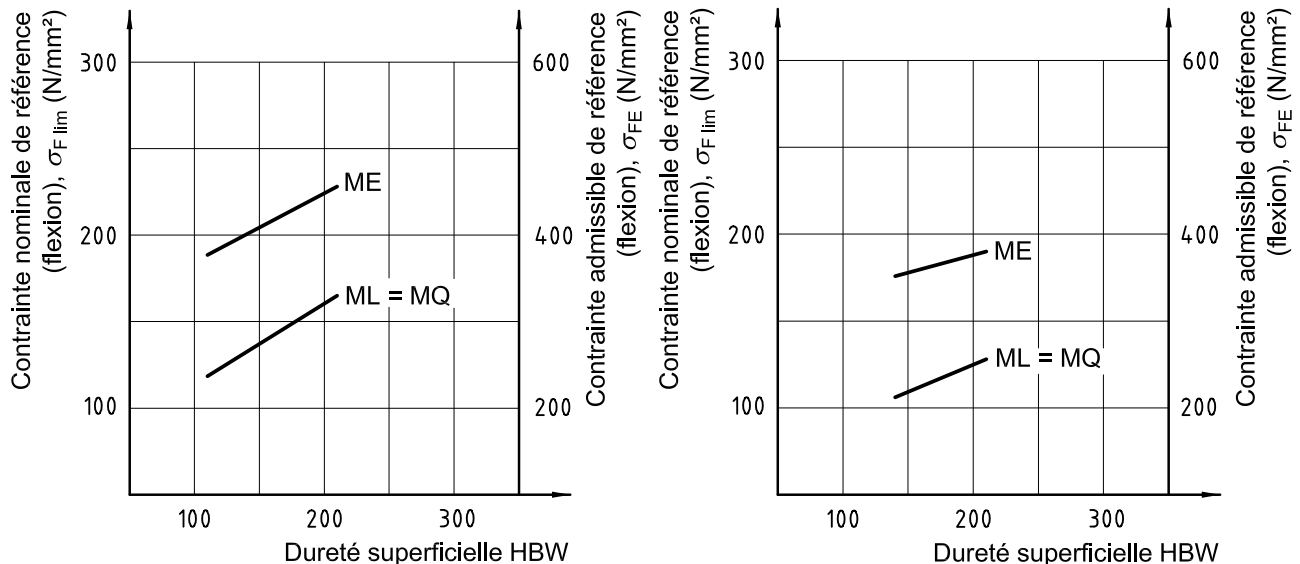
N°	Matériau	Contrainte	Type	Abré- viation	Fig.	Qualité	A	B	Dureté		
									min.	max.	
33	Aciers moulés traités dans la masse	Contact	Aciers au carbone	V (moulé)	7	ML/MQ ME	0,831 0,951	300 345	HV	130	215
34										130	215
35			Aciers alliés	V (moulé)	7	ML/MQ ME	1,276 1,350	298 356	HV	200	360
36										200	360
37		Flexion	Aciers au carbone	V (moulé)	8	ML/MQ ME	0,224 0,286	117 167	HV	130	215
38										130	215
39			Aciers alliés	V (moulé)	8	ML/MQ ME	0,364 0,356	161 186	HV	200	360
40										200	360
41	Aciers forgés cémentés <sup>c</sup>	Contact		Eh	9	ML MQ ME	0,000 0,000 0,000	1 300 1 500 1 650	HV	600	800
42										660	800
43										660	800
44		Flexion	Dureté à cœur: ≥ 25 HRC, inférieure ≥ 25 HRC, supérieure ≥ 30 HRC	Eh	10	ML MQ  ME	0,000 0,000 0,000 0,000 0,000	312 425 461 500 525	HV	600	800
45										660	800
46										660	800
47										660	800
48										660	800
49	Aciers forgés et aciers moulés durcis à la flamme ou par induction	Contact		IF	11	ML MQ ME	0,740 0,541 0,505	602 882 1 013	HV	485	615
50										500	615
51										500	615
52		Flexion		IF	12	ML MQ  ME	0,305 0,138 0,000 0,271	76 290 369 237	HV	485	615
53										500	570
54										570	615
55										500	615
56										Aciers forgés nitrurés/aciers nitrurés <sup>d</sup> / aciers traités dans la masse <sup>b</sup> nitrurés	Contact
57	650	900									
58	650	900									
59	Aciers traités dans la masse (b)	NV (nitr.)	13 b)	ML MQ ME	0,000 0,000 0,000	788 998 1 217	HV	450	650		
60								450	650		
61								450	650		
62	Flexion	Aciers nitrurés (a)	NT (nitr.)	14 a)	ML MQ ME	0,000 0,000 0,000	270 420 468	HV	650		900
63									650		900
64									650		900
65		Aciers traités dans la masse (b)	NV (nitr.)	14 b)	ML MQ ME	0,000 0,000 0,000	258 363 432	HV	450		650
66									450		650
67	450	650									
68	Aciers forgés nitro-carburés <sup>e</sup>	Contact	Aciers traités dans la masse	NV (nitro- car.)	15	ML MQ/ME	0,000 1,167 0,000	650 425 950	HV	300	650
69										300	450
70										450	650
71		Flexion	Aciers traités dans la masse	NV (nitro- car.)	16	ML MQ/ME	0,000 0,653 0,000	224 94 388	HV	300	650
72										300	450
73										450	650
a	Conformément à l'ISO 4948-2.										
b	Conformément à l'ISO 683-1.										
c	Conformément à l'ISO 683-11.										
d	Conformément à l'ISO 683-10.										
e	Conformément à l'ISO 683-1, l'ISO 683-10 ou l'ISO 683-11.										



a) Aciers à faible teneur en carbone forgés normalisés b) Aciers moulés

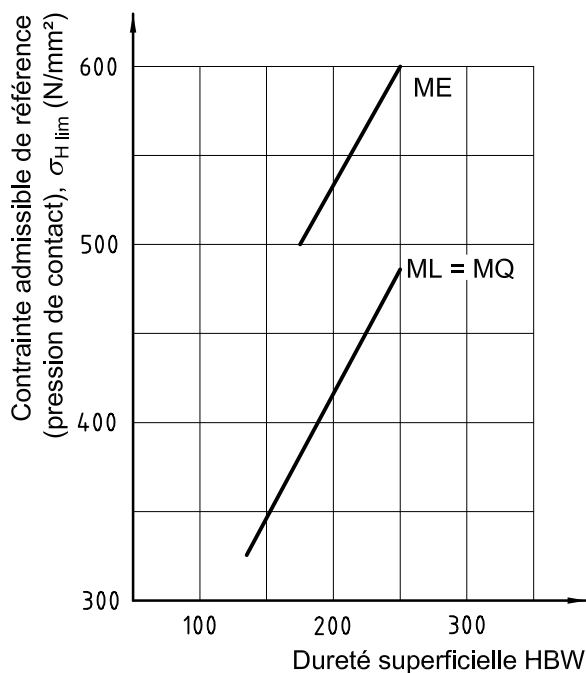
Figure 1 — Contraintes admissibles de référence (pression de contact) pour les aciers à faible teneur en carbone forgés normalisés et les aciers moulés  
(Accorder une attention toute particulière aux exigences de qualité de 6.2)

<https://standards.itech.ai/catalog/standards/sist/4a5a378d-8fed-478d-bba8-b51108e09a8c/iso-6336-5-2003>

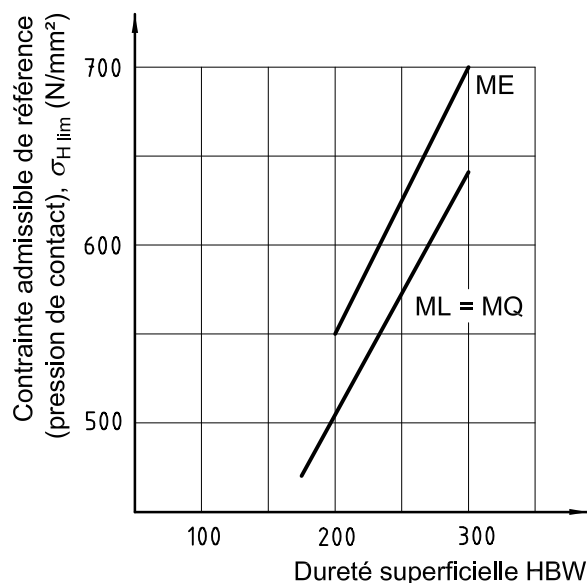


a) Aciers à faible teneur en carbone forgés normalisés b) Aciers moulés

Figure 2 — Contraintes nominales et admissibles de référence (flexion) pour les aciers à faible teneur en carbone forgés normalisés et les aciers moulés  
(Accorder une attention toute particulière aux exigences de qualité de 6.2)

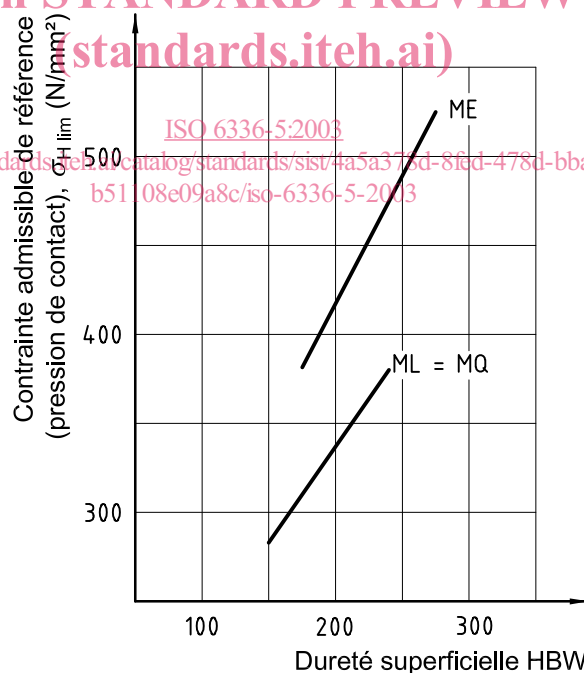


a) Fonte malléable (voir 6.3)



b) Fonte à graphite sphéroïdal (voir Tableau 2)

iTeh STANDARD PREVIEW  
standards.iteh.ai)



c) Fonte grise (voir Tableau 2)

NOTE Une dureté Brinell HBW < 180 indique la présence d'une grande proportion de ferrite dans la structure. Pour les engrenages, cette situation n'est pas souhaitable.

**Figure 3 — Fontes — Contraintes admissibles de référence (pression de contact)**  
(Accorder une attention toute particulière aux exigences de qualité de 6.3 et du Tableau 2)