
**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 6336-5:1996](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/144fb5bf-b255-4da1-8286-862edeed44d1/iso-6336-5-1996)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/144fb5bf-b255-4da1-8286-862edeed44d1/iso-6336-5-1996>



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 6336-5:1996](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/144fb5bf-b255-4da1-8286-862edeed44d1/iso-6336-5-1996)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/144fb5bf-b255-4da1-8286-862edeed44d1/iso-6336-5-1996>

© ISO 1996

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 22 734 10 79
E-mail copyright@iso.ch
Web www.iso.ch

Version française parue en 2000

Imprimé en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
Introduction.....	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Définitions et symboles	2
4 Méthode pour la détermination des contraintes admissibles	2
5 Valeurs normalisées pour la contrainte admissible de référence — Méthode B	3
6 Exigences pour la qualité et le traitement thermique du matériau	18
Annexe A (normative) Dimensions de la section de contrôle pour les engrenages traités dans la masse	31
Annexe B (informative) Certificats	33
Annexe C (informative) Tableau de conversion de dureté	34
Annexe D (informative) Mesure de la dureté superficielle à l'aide d'une lime	35
Annexe E (informative) Bibliographie	37

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/144fb5bf-b255-4da1-8286-862edeed44d1/iso-6336-5-1996>
 (standards.iteh.ai)

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

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 résistance à la flexion en pied de dent*

— *Partie 5: Résistance et qualité des matériaux*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/144fb5bf-b255-4da1-8286-862edeed44d1/iso-6336-5-1996>

L'annexe A fait partie intégrante de la présente partie de l'ISO 6336. Les annexes B à E sont données uniquement à titre d'information.

Introduction

La présente partie de l'ISO 6336 et les parties 1, 2 et 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 variations: de la composition chimique (charge), de la structure, de la nature et du processus d'élaboration (par exemple laminage, forgeage, rapport de réduction), du traitement thermique, des niveaux de contrainte résiduelle, etc.

Les tableaux résument les paramètres d'influence les plus importants et les exigences quant 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 sont illustrés par les graphiques des figures 1 à 14.

La présente partie de l'ISO 6336 concerne les aciers pour engrenage qui sont les plus employés et traite des méthodes de traitement thermique. 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 n'importe quel matériau vis-à-vis d'une méthode de taillage spécifique ou d'une méthode de traitement thermique.

ITEH STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 6336-5:1996](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/144fb5bf-b255-4da1-8286-862edeed44d1/iso-6336-5-1996)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/144fb5bf-b255-4da1-8286-862edeed44d1/iso-6336-5-1996>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 6336-5:1996

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/144fb5bf-b255-4da1-8286-862edeed44d1/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

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 caractéristiques.

Les exigences pour la qualité du matériau et le traitement thermique sont spécifiées, ainsi que des indications de leur influence sur chacune des contraintes de références.

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 et dans les normes d'application pour engrenages de mécanique générale, engrenages à grande vitesse et engrenages marins. Elles peuvent être également utilisées dans les méthodes de calcul de l'ISO 10300 pour déterminer la capacité de charge des engrenages coniques.

Les précisions données dans la présente partie de l'ISO 6336 sont applicables à tous les engrenages, aux tracés de référence, aux dimensions, conception, etc. définis dans les normes mentionnées ci-dessus. Les résultats sont en bon accord avec d'autres méthodes pour le domaine tel qu'indiqué dans le domaine d'application de l'ISO 6336-1.

2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de l'ISO 6336. 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 la présente partie de l'ISO 6336 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 en vigueur à un moment donné.

ISO 53:1974, *Engrenages cylindriques de mécanique générale et de grosse mécanique — Crémaillère de référence.*

ISO 642:1979, *Aciers — Essai de trempabilité par trempe en bout (essai Jominy).*

ISO 643:1983, *Aciers — Détermination micrographique de la grosseur du grain ferritique ou austénitique des aciers.*

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

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

ISO 2639:1982, *Acier — Détermination et vérification de la profondeur conventionnelle de cémentation.*

ISO 6336-5:1996(F)

ISO 3452:1984, *Essais non destructifs — Contrôle par ressuage — Principes généraux.*

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

ISO 4967:1979, *Aciers — Détermination de la teneur en inclusions non métalliques — Méthodes micrographique à l'aide d'images types.*

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 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 de contact (piqûres).*

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

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.*

EN 10204:1991, *Produits métalliques — Types de documents de contrôle.*

DIN 3990:1987, *Calcul de la capacité de charge des engrenages cylindriques.*

ANSI/AGMA 2007-B92, *Contrôle par voie chimique après rectification.*

ASTM A388-91, *Méthode pratique pour contrôle par ultrasons des aciers lourds forgés.*

ASTM E428-92, *Méthode pratique pour la fabrication et le contrôle des blocs d'acier de référence utilisés au cours des contrôles par ultrasons.*

ASTM A609-91, *Méthode pratique par ultrasons des aciers non alliés, faiblement alliés et inox martensitiques moulés.*

ASTM E709-91, *Méthode pratique pour le contrôle par magnétoscopie.*

3 Définitions et symboles

Pour les besoins de la présente partie de l'ISO 6336, les définitions données dans l'ISO 1122-1 s'appliquent. Les symboles et les unités sont donnés dans l'ISO 6336-1.

4 Méthode pour la détermination des contraintes admissibles

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 de celles des roues calculées.

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 à estimer. Par exemple, pour la pression de contact, l'influence du film de lubrifiant et de la rugosité des flancs; pour la contrainte admissible au pied de dent, le rayon et la rugosité de l'arrondi en pied de dent. Il convient de substituer 1,0 au facteur d'influence au cours du calcul de la contrainte admissible quand cela est pertinent.

4.1 Méthode A

Les valeurs de contraintes admissibles de référence pour la pression de contact et la flexion sont déterminées par des essais avec des roues, dont les dimensions sont identiques ou voisines de celles des roues calculées dans des conditions d'essai qui sont proches des conditions de fonctionnement.

4.2 Méthode B

Les contraintes admissibles de référence, pour la pression de contact et la flexion, sont déterminées sur la base des conditions d'essai normalisées avec des roues dentées d'essai de référence. La contrainte admissible de référence en pied de dent est déterminée par des essais au pulsateur. Il convient de prendre en considération l'expérience pratique. Les valeurs indicatives données en 5.2 et 5.3 reposent sur de tels essais ou de telles expériences.

Les quatre classes différentes, MX, ME, MQ et ML, sont définies pour les contraintes admissibles de référence. Le choix de la classe dépendra du type de production et des contrôles de qualité réalisés comme décrit dans l'article 6.

4.3 Méthode B_k

Les contraintes admissibles de référence, pour la sollicitation en flexion, sont déterminées au moyen d'essais sur éprouvettes entaillées. Il convient que le rapport du rayon d'entaille à l'épaisseur soit de préférence comparable à celui du rayon d'arrondi à l'épaisseur à la corde dans la section critique. 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, compression et cisaillement. Les caractéristiques des différents matériaux peuvent être obtenues au moyen d'essais internes ou de la documentation disponible.

4.4 Méthode B_p

Les contraintes admissibles de référence, pour une sollicitation en flexion, sont déterminées à partir d'essais sur des éprouvettes non entaillées. En ce qui concerne l'exploitation des résultats, voir 4.3. Pour prendre en considération l'influence de la sensibilité de l'entaille, il est nécessaire d'inclure dans les calculs la forme et les facteurs d'entaille, ainsi leurs résultats seront influencés par la grande incertitude de ces facteurs. Les caractéristiques des différents matériaux peuvent être obtenues au moyen d'essais courants ou de la documentation disponible (voir la bibliographie en annexe E).

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

5.1 Application

Les contraintes admissibles de référence, proposées dans les figures 1 à 14, reposent sur l'hypothèse d'une composition du matériau et d'un traitement thermique adaptés à la dimension de l'engrenage.

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

Les valeurs données sont valables pour une probabilité de détérioration de 1 %. L'analyse des statistiques permet l'ajustement de ces valeurs, afin qu'elles correspondent à d'autres probabilités de détérioration.

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

Excepté pour les roues dentées en acier nitruré, carbonitruré, nitrocarburé, la contrainte admissible de référence, dans le cas d'un durcissement superficiel, ne s'applique que pour une profondeur de cémentation effective de 0,15 m_n à 0,2 m_n après finition. Une profondeur trop importante peut conduire à une diminution de la résistance. Pour la définition de «la profondeur de cémentation optimale» voir la note de bas de tableau 3) dans le tableau 4.

Les contraintes admissibles de référence, qui sont données pour les roues d'essai nitruées, sont valables pour une profondeur de durcissement effective de 0,4 mm à 0,6 mm.

La façon dont le niveau de dureté superficielle influence la résistance des roues durcies superficiellement, nitruées, carbonitrurées, nitrocarburrées, ne peut pas être quantifiée avec fiabilité. Les caractéristiques des éléments de la surface du matériau ont une influence nettement plus marquée.

Les défauts qui apparaissent au cours de la fabrication tels que la décarburation locale, l'oxydation intergranulaire, les recuits locaux dus à la rectification, la rectification d'entailles (pied de dent), des rainures et des fissures provenant des méthodes de rectification et de traitement thermique inadaptées, peuvent réduire d'une manière effective la résistance des matériaux.

Dans certains cas, l'utilisation de tout l'intervalle de dureté n'est pas permise. Les intervalles admissibles sont définis par la longueur des droites dans les graphiques 1 à 14.

Pour les aciers durcis superficiellement (figures 9 à 14), l'échelle de dureté HV1 a été choisie comme référence pour l'axe des abscisses. 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 conversions sont incluses dans l'annexe C.

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 la plupart des matériaux, 5×10^7 cycles de mise en charge sont considérés comme étant le commencement du domaine de la 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 dans les figures 1, 3, 5, 6, 9, 10 et 13 sont valables pour les dimensions de l'engrenage de référence et pour les conditions de fonctionnement normalisées suivantes¹⁾:

— Entraxe	ISO 6336-5:1996	$a = 100 \text{ mm}$
— Angle d'hélice		$\beta = 0$ ($Z_\beta = 1$)
— Module		$m = 3 \text{ mm à } 5 \text{ mm}$ ($Z_\chi = 1$)
— Rugosité moyenne crête à crête des flancs de dent		$R_z = 3 \text{ }\mu\text{m}$ ($Z_R = 1$)
— 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		($Z_W = 1$)
— Classe de précision		4 à 6 suivant l'ISO 1328-1
— Facteurs généraux d'influence		$K_A = K_V = K_{H\beta} = K_{H\alpha} = 1$

1) 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 un chargement continu mais la plus grande limite de pression de contact calculée conformément à l'ISO 6336-2 qui peut être supportée sans endommagement par piqûres progressives, pour un nombre de cycles de mise en charge spécifié.

D'après ces conditions d'essai nominales ¹⁾, les roues d'essai sont déclarées détruites lorsque 2 % de la totalité des surfaces actives des flancs pour des roues traitées dans la masse, ou 0,5 % de la totalité des surfaces actives des flancs pour les roues durcies superficiellement, ou 4 % de la surface du flanc d'une dent, sont dégradés par piquûres.

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

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

La contrainte nominale de référence (flexion), $\sigma_{F \text{ lim}}$, est issue de roues d'essai de référence (voir l'ISO 6336-3). C'est la valeur limite de contrainte de flexion en fonction des influences du matériau, du traitement thermique et de la rugosité du pied de dent de la roue d'essai.

5.3.2 Contrainte admissible de référence (flexion), σ_{FE}

La contrainte admissible de référence (flexion), σ_{FE} , est la résistance à la flexion de base d'une pièce d'essai non entaillée, avec l'hypothèse que les conditions sur le matériau (y compris le traitement thermique) sont entièrement dans le domaine élastique:

$$\sigma_{FE} = \sigma_{F \text{ lim}} Y_{ST}$$

Pour la roue d'essai de référence, le facteur de concentration de contrainte est $Y_{ST} = 2,0$. Pour la plupart des matériaux, 3×10^6 cycles sont considérés comme le début du domaine de la 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 σ_{FE} données dans les figures 2, 4, 7, 8, 11, 12 et 14 sont valables pour les dimensions de l'engrenage de référence et pour les conditions normalisées d'essai de fonctionnement suivantes [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 du pied de dent	$R_z = 10 \text{ } \mu\text{m}$ ($Y_{R \text{ rel T}} = 1$)
— Classe de précision:	4 à 7 suivant l'ISO 1328-1
— Tracé de référence	suivant l'ISO 53
— Largeur de denture	$b = 10 \text{ mm à } 50 \text{ mm}$
— Facteurs généraux d'influence	$K_A = K_V = K_{F\beta} = K_{F\alpha} = 1$

1) Les pourcentages concernent des essais d'évaluation; ils ne doivent pas être considérés comme un critère limite d'endommagement pour des engrenages finis.

5.3.3 Contrainte de flexion alternée

Les contraintes admissibles de référence, données dans les figures 2, 4, 7, 8, 11, 12 et 14, sont valables pour les engrenages soumis à un chargement unidirectionnel et répété. Lorsque des charges alternées existent, il est exigé une valeur plus faible pour σ_{FE} . Dans les cas les plus sévères (comme les roues intermédiaires où une charge alternée est exercée à chaque cycle), il convient de réduire les valeurs de $\sigma_{F\ lim}$ et σ_{FE} par un facteur 0,7. 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, consulter la documentation disponible.

5.4 Abaques de représentations de $\sigma_{H\ lim}$ et $\sigma_{F\ lim}$ et σ_{FE}

Les contraintes admissibles de référence pour des valeurs de dureté excédant les limites des figures 1 à 14 sont soumises à un accord préalable entre le client et le fabricant en tenant compte de l'expérience acquise dans le domaine.

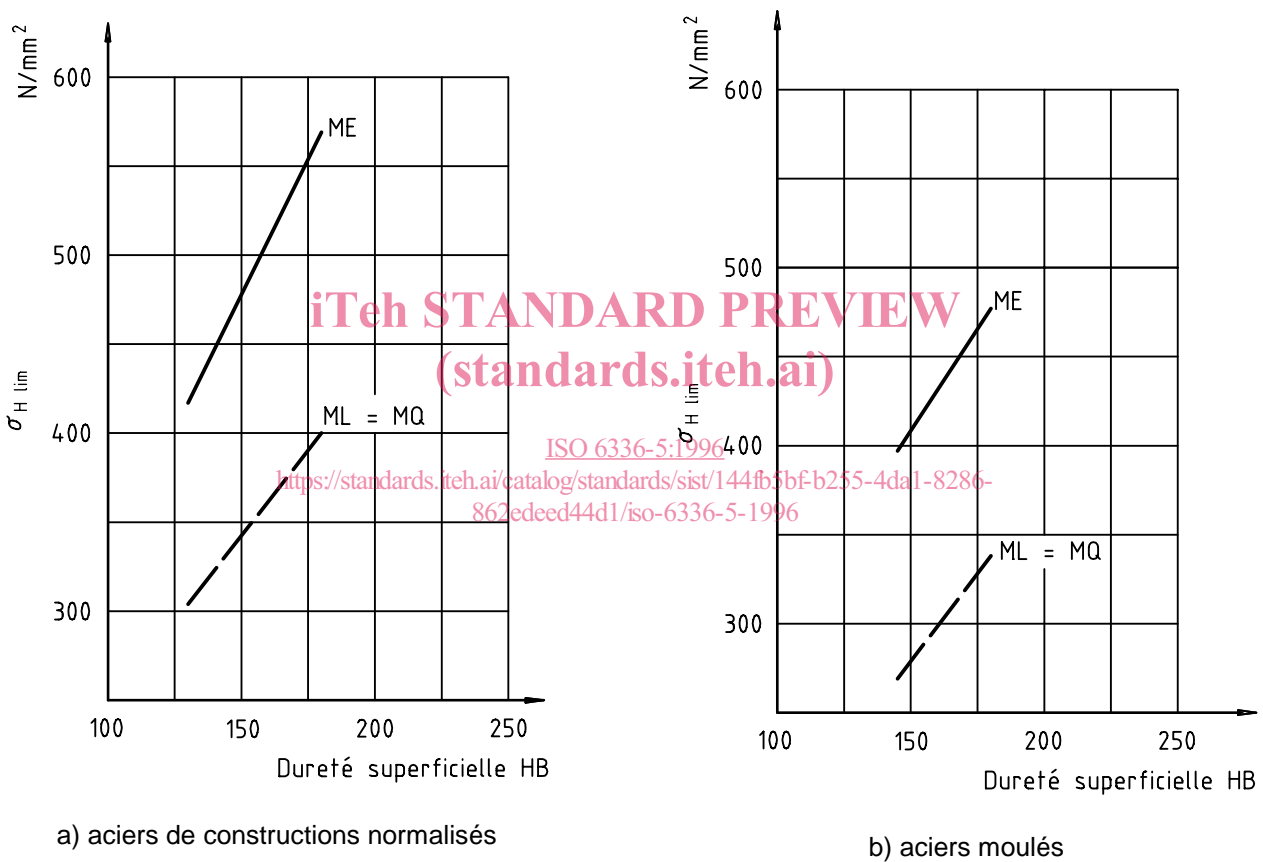
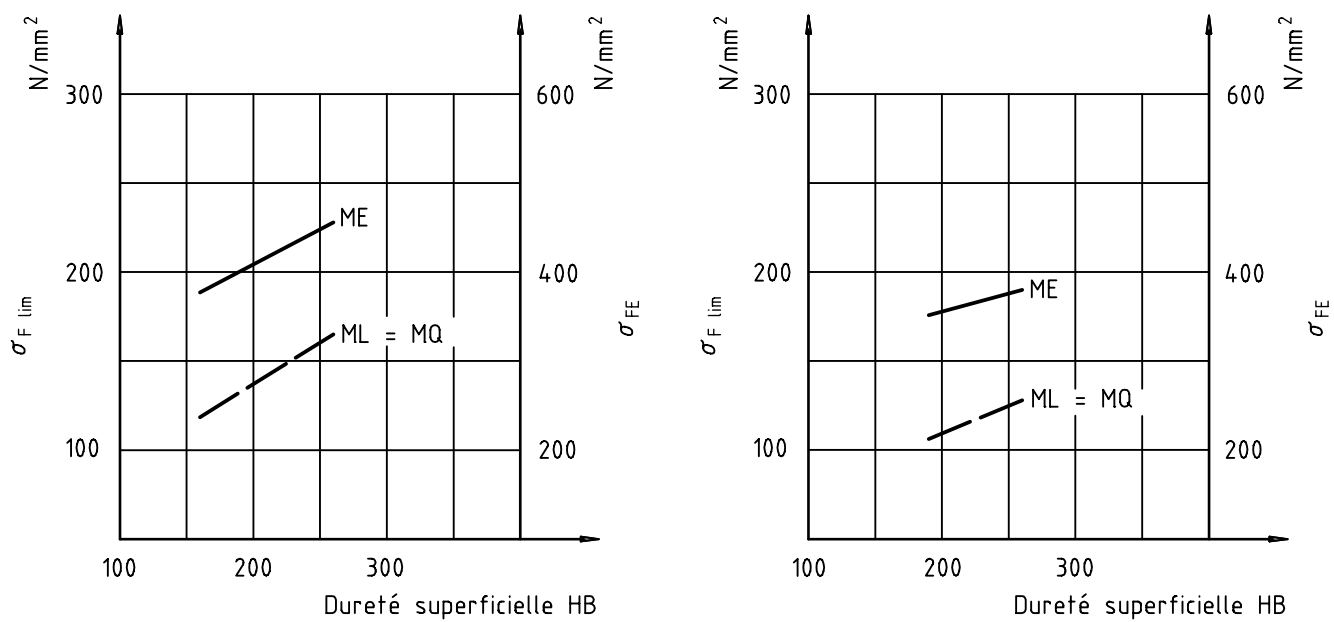


Figure 1 — Contraintes admissibles de référence (pression de contact) pour les aciers de construction normalisés et les aciers moulés (voir 6.2.1)



a) aciers de constructions normalisés

b) aciers moulés

Figure 2 — Contraintes admissibles et nominales de référence (flexion) pour les aciers de construction normalisés et les aciers moulés (voir 6.2.1)

iteh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 6336-5:1996

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/144fb5bf-b255-4da1-8286-862edeed44d1/iso-6336-5-1996>