
**Appareils de levage à charge
suspendue — Vérification d'aptitude des
structures en acier**

Cranes — Proof of competence of steel structures

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 20332:2008](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a08a97cc-d47e-4e94-8da2-36dc22d0df93/iso-20332-2008)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a08a97cc-d47e-4e94-8da2-36dc22d0df93/iso-20332-2008>



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 20332:2008

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a08a97cc-d47e-4e94-8da2-36dc22d0df93/iso-20332-2008>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2008

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
Web www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos.....	v
1 Domaine d'application.....	1
2 Références normatives	1
3 Définitions, symboles et abréviations	2
4 Généralités	7
4.1 Principes généraux.....	7
4.2 Documentation	7
4.3 Méthodes alternatives	7
4.4 Matériaux des éléments structuraux	7
4.5 Assemblages par boulons	9
4.5.1 Matériaux des boulons	9
4.5.2 Généralités	9
4.5.3 Assemblages travaillant au cisaillement et à la pression diamétrale (matage).....	9
4.5.4 Assemblages de type résistant au glissement.....	10
4.5.5 Assemblages travaillant en traction	10
4.6 Assemblages articulés.....	10
4.7 Assemblages soudés.....	11
4.8 Vérification des éléments structuraux et des assemblages	11
5 Vérification de la résistance statique	11
5.1 Généralités	11
5.2 Contraintes et forces limites de calcul.....	12
5.2.1 Généralités.....	12
5.2.2 Contrainte limite de calcul des éléments structuraux.....	12
5.2.3 Forces limites de calcul exercées sur les assemblages boulonnés.....	14
5.2.4 Forces limites de calcul dans les assemblages articulés.....	22
5.2.5 Contraintes limites de calcul pour les assemblages soudés	25
5.3 Réalisation de la vérification	26
5.3.1 Vérification des éléments structuraux.....	26
5.3.2 Vérification des assemblages boulonnés	27
5.3.3 Vérification des assemblages articulés.....	27
5.3.4 Vérification des assemblages soudés.....	28
6 Vérification de la résistance à la fatigue	28
6.1 Généralités	28
6.2 Contraintes limites de calcul	29
6.2.1 Valeurs caractéristiques de résistance à la fatigue	29
6.2.2 Qualité de soudage.....	31
6.2.3 Prescriptions pour les essais de fatigue.....	32
6.3 Historiques de contrainte	32
6.3.1 Détermination des historiques de contrainte	32
6.3.2 Fréquence des cycles de contraintes.....	33
6.3.3 Paramètres d'historique de contrainte	34
6.3.4 Détermination des classes d'historique de contrainte, S.....	36
6.4 Réalisation de la vérification	37
6.5 Détermination de l'étendue de contrainte limite.....	38
6.5.1 Méthodes applicables.....	38
6.5.2 Utilisation directe du paramètre d'historique de contrainte	38
6.5.3 Utilisation de la classe S.....	38
6.5.4 Contraintes de cisaillement et/ou normales indépendantes concurrentes.....	40

Annexe A (informative) Effort limite de cisaillement de calcul, $F_{v,Rd}$, dans la tige par boulon et par plan de cisaillement pour les assemblages à plans de cisaillement multiples	41
Annexe B (informative) Boulons préchargés	42
Annexe C (normative) Contrainte de calcul de soudure, $\sigma_{w,Sd}$ et $\tau_{w,Sd}$	44
Annexe D (normative) Valeurs de la constante de pente, m, et des résistances à la fatigue caractéristiques, $\Delta\sigma_c$, $\Delta\tau_c$	49
Annexe E (normative) Valeurs calculées de l'étendue de contrainte limite de calcul, $\Delta\sigma_{Rd}$	68
Annexe F (informative) Évaluation des cycles de contraintes — Exemple	70
Annexe G (informative) Calcul des rigidités pour des assemblages travaillant en traction	72
Bibliographie	75

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 20332:2008](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a08a97cc-d47e-4e94-8da2-36dc22d0df93/iso-20332-2008)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a08a97cc-d47e-4e94-8da2-36dc22d0df93/iso-20332-2008>

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 20332 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 96, *Appareils de levage à charge suspendue*, sous-comité SC 10, *Conception* — *(Principes et exigences)*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 20332:2008
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a08a97cc-d47e-4e94-8da2-36dc22d0df93/iso-20332-2008>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 20332:2008

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a08a97cc-d47e-4e94-8da2-36dc22d0df93/iso-20332-2008>

Appareils de levage à charge suspendue — Vérification d'aptitude des structures en acier

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale détermine les conditions générales, les exigences, les méthodes et les valeurs de paramètres pour effectuer les déterminations de vérification d'aptitude des structures métalliques des appareils de levage à charge suspendue, en se basant sur la méthode des états limites. Elle est destinée à être utilisée conjointement avec les parties applicables de l'ISO 8686 concernant les charges et combinaisons de charges.

La présente Norme internationale est générale et couvre tous les types d'appareils de levage à charge suspendue. D'autres Normes internationales peuvent donner des exigences spécifiques de vérification d'aptitude pour les types particuliers de grues.

Des vérifications d'aptitude, par calculs théoriques et/ou essais, sont destinées à prévenir les risques en rapport avec la performance de la structure en établissant les limites de résistance, par exemple à l'élasticité, à la rupture, à la fatigue, à la rupture fragile.

Selon l'ISO 8686-1, il existe deux approches générales pour les calculs de vérification d'aptitude: ce sont la méthode des états limites, utilisant les facteurs partiels de sécurité, et la méthode des contraintes admissibles, utilisant un facteur global de sécurité. La méthode des contraintes admissibles peut être utilisée à la place de la méthode des états limites qui fait l'objet de la présente Norme internationale.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a08a97cc-d47e-4e94-8da2-33007e083122/iso-20332-2008>

La présente Norme internationale ne couvre pas les calculs de vérification d'aptitude des accessoires (par exemple mains courantes, escaliers, passerelles, cabines). Cependant l'influence de telles fixations sur la structure principale nécessite d'être prise en compte.

Cependant l'influence de telles fixations sur la structure principale nécessite d'être prise en compte.

NOTE La vérification d'aptitude pour la stabilité élastique sera traitée dans une autre Norme internationale.

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 148-1:2006, *Matériaux métalliques — Essai de flexion par choc sur éprouvette Charpy — Partie 1: Méthode d'essai*

ISO 273:1979, *Éléments de fixation — Trous de passage pour vis*

ISO 286-2:1988, *Système ISO de tolérances et d'ajustements — Partie 2: Tables des degrés de tolérance normalisés et des écarts limites des alésages et des arbres*, et ISO 286-2:1988/Cor 1:2006

ISO 404:1992, *Acier et produits sidérurgiques — Conditions générales techniques de livraison*

ISO 898-1:—¹⁾, *Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation en acier au carbone et en acier allié — Partie 1: Vis, goujons et tiges filetées de classes de qualité spécifiées — Filetages à pas gros et filetages à pas fin*

ISO 4301-1:1986, *Grues et appareils de levage — Classification — Partie 1: Généralités*

ISO 4306-1, *Appareils de levage à charge suspendue — Vocabulaire — Partie 1: Généralités*

ISO 5817:2003, *Soudage — Assemblages en acier, nickel, titane et leurs alliages soudés par fusion (soudage par faisceau exclu) — Niveaux de qualité par rapport aux défauts*, et ISO 5817:2003/Cor 1:2006

ISO 8686 (toutes les parties), *Appareils de levage à charge suspendue — Principes de calcul des charges et des combinaisons de charge*

ISO 9013:2002, *Coupage thermique — Classification des coupes thermiques — Spécification géométrique des produits et tolérances relatives à la qualité*

ISO 12100-1:2003, *Sécurité des machines — Notions fondamentales, principes généraux de conception — Partie 1: Terminologie de base, méthodologie*

ISO 12100-2:2003, *Sécurité des machines — Notions fondamentales, principes généraux de conception — Partie 2: Principes techniques*

ISO 17659:2002, *Soudage — Liste multilingue de termes relatifs aux assemblages et aux joints soudés, avec illustrations*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

3 Définitions, symboles et abréviations

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 12100-1, l'ISO 12100-2, l'ISO 17659 et l'ISO 4306-1:2007, Article 6, ainsi que les termes, définitions, symboles et abréviations suivants s'appliquent. Voir le Tableau 1.

3.1

nuance de l'acier

marquage qui définit la résistance de l'acier, définissant habituellement la limite élastique, f_y , et parfois la résistance à la traction, f_u

3.2

qualité de l'acier

marquage qui définit la résistance au choc et la température d'essai de l'acier

Tableau 1 — Principaux symboles et abréviations utilisés dans la présente Norme internationale

Symboles	Description
A	section transversale
A_{eq}	surface équivalente pour le calcul
A_n	surface nette de la section transversale au droit des trous de boulon ou d'axe
A_r	surface réduite d'un boulon
A_S	section résistante d'un boulon
a	dimension géométrique
a_{hi}	dimension géométrique pour la pénétration à la soudure

1) À publier. (Révision de l'ISO 898-1:1999)

Tableau 1 (suite)

Symboles	Description
a_r	largeur de gorge efficace
b	dimension géométrique
b_c	dimension géométrique
b_{eff}	dimension effective pour le calcul
b_l	dimension géométrique
C	nombre total de cycles de travail
c	dimension géométrique
D_A	diamètre du cylindre équivalent
D_i	diamètre intérieur de l'axe creux
D_o	diamètre extérieur de l'axe creux
d	diamètre (tige de boulon, axe)
d_h	diamètre de trou
d_w	diamètre de la surface de contact de la tête de vis
d_o	diamètre du trou de passage
E	module d'élasticité
e_1, e_2	distances
F	force
F_b	force de traction dans le boulon
$F_{b,Rd}$	effort limite de pression diamétrale de calcul
$F_{b,Sd}; F_{bi,Sd}$	effort de pression diamétrale
ΔF_b	force supplémentaire
F_{cr}	réduction de la force de compression due à la traction extérieure
$F_{cs,Rd}$	force limite de calcul de traction
F_d	force limite
$F_{e,t}$	force extérieure (sur un assemblage boulonné)
F_k	valeur caractéristique (force)
F_p	effort de précharge du boulon
$F_{p,d}$	effort de précharge de calcul
F_{Rd}	force limite de calcul
F_{Sd}	effort de calcul de l'élément
$F_{s,Rd}$	force limite de calcul de glissement par boulon et interface de frottement
$F_{t,Rd}$	force limite de calcul de traction du boulon
$F_{t,Sd}$	force extérieure de traction par boulon
$F_{v,Rd}$	effort limite de cisaillement de calcul par boulon/axe et plan de cisaillement
$F_{v,Sd}$	effort de cisaillement de calcul par boulon/axe et plan de cisaillement
$F_{\sigma,\tau}$	effort normal/tranchant agissant
f_d	contrainte limite

Tableau 1 (suite)

Symboles	Description
f_k	valeur caractéristique (contrainte)
f_{Rd}	contrainte limite de calcul
f_u	résistance à la traction d'un matériau
f_{ub}	résistance à la traction des boulons
f_{uw}	résistance à la traction de la soudure
$f_{w, Rd}$	contrainte limite de calcul de la soudure
f_y	limite élastique, ou limite élastique avec une déformation permanente de 0,2 %
f_{yb}	limite élastique des boulons
f_{yk}	limite élastique (valeur nominale) d'un matériau de base ou d'un élément
f_{yp}	limite élastique des axes
h	épaisseur de l'échantillon
h_d	distance entre la soudure et la surface de contact de l'effort agissant
K_b	rigidité d'un boulon
K_c	rigidité des semelles
k_m	facteur du spectre de contrainte basé sur la valeur m de l'élément pris en considération
k^*	facteur spécifique du rapport de spectres
l_k	longueur efficace de serrage
l_r	longueur efficace de soudure
l_w	longueur de soudure
l_1	longueur utile pour la traction sans risque
l_2	longueur utile pour la traction avec risque
M_{Rd}	moment limite de flexion de calcul
M_{Sd}	moment de flexion de calcul
m	(inverse négatif) constante de pente de la courbe $\log \sigma / \log N$
N	nombre d'étendues de contrainte de rupture par fatigue pour un cycle de contrainte décrit par $\sigma_{a,i}$ et $\sigma_{m,j}$
N_{ref}	nombre d'étendues de référence
N_t	nombre total d'occurrences
NC	classe d'entaille(s)
NDT	essai non destructif
n_i	nombre de cycles de contrainte avec amplitude de contrainte de plage i
n_{ij}	nombre de cycles de contrainte de catégorie ij
$n_{ij}^{(r)}$	nombre de cycles de contrainte de catégorie ij par tâche r effectuée
\hat{n}	nombre total de cycles de contrainte
P_s	probabilité de survie
p_1, p_2	distances entre centres de boulons
Q	masse de la charge de levage maximale

Tableau 1 (suite)

Symboles	Description
q	paramètre de résistance au choc
R	rapport de contrainte constant choisi pour la classification à un paramètre des cycles de contrainte
R_d	résistance de calcul
r	rayon de galet
S	classe du paramètre d'historique de contrainte, s
S_d	contraintes ou forces de calcul
s_m	paramètre d'historique de contrainte
T	température
TIG	soudage à l'arc en atmosphère inerte avec l'électrode de tungstène
t	épaisseur
U	classe de cycles de travail
u	facteur de forme
v	rapport des diamètres
W_{el}	module élastique
α	facteur caractéristique d'un assemblage à pression diamétrale
α_r	nombre relatif de cycles de travail pour chaque tâche r
α_w	facteur caractéristique d'une contrainte limite de soudure
α_1, α_2	angles entre la ligne horizontale et les lignes de la constante N dans le plan $\sigma_a - \sigma_m$
γ_{mf}	facteur spécifique de résistance à la fatigue
γ_m	facteur général de résistance
γ_p	facteur partiel de sécurité
γ_R	facteur total de résistance
γ_{Rb}	facteur résultant de résistance d'un boulon
γ_{Rc}	facteur résultant de résistance pour la traction sur des sections perforées
γ_{Rm}	facteur résultant de résistance des éléments
γ_{Rp}	facteur spécifique de résistance des axes
γ_{Rs}	facteur résultant de résistance d'un assemblage résistant au glissement
γ_{Rw}	facteur résultant de résistance d'un assemblage soudé
γ_s	facteur spécifique de résistance
γ_{sb}	facteur spécifique de résistance d'un boulon
γ_{sm}	facteur spécifique de résistance des éléments
γ_{sp}	facteur spécifique de résistance des axes
γ_{ss}	facteur spécifique de résistance d'un assemblage résistant au glissement
γ_{st}	facteur spécifique de résistance pour la traction sur des sections perforées
γ_{sw}	facteur spécifique de résistance d'un assemblage soudé
$\Delta\delta$	allongement supplémentaire
δ_p	allongement dû à la précharge

Tableau 1 (suite)

Symboles	Description
θ_1	inclinaison des éléments diagonaux
κ	angle d'écartement
λ	largeur de la surface de contact dans la direction de la soudure
μ	facteur de glissement
ν	nombre total relatif des étendues de plage (normalisé)
ν_D	rapport des diamètres
σ	indique la contrainte respective
$\Delta\sigma$	étendue de contrainte
$\Delta\sigma_i$	étendue de contrainte, i
$\Delta\hat{\sigma}$	étendue de contrainte maximale
σ_b	valeur extrême inférieure du cycle de contrainte
$\Delta\sigma_c$	résistance à la fatigue caractéristique (contrainte normale)
σ_m	contrainte moyenne constante choisi pour la classification à un paramètre des cycles de contrainte
$\sigma_{m,j}$	contrainte moyenne de catégorie, j , résultant de la méthode du «rainflow» ou de la méthode du réservoir
$\Delta\sigma_{Rd}$	étendue de contrainte (normale) limite de calcul
$\Delta\sigma_{Rd,1}$	étendue de contrainte limite de calcul pour $k^* = 1$
σ_{Sd}	contrainte (normale) de calcul
$\Delta\sigma_{Sd}$	plage des contraintes (normales) de calcul
σ_u	valeur extrême supérieure du cycle de contrainte
$\sigma_{w, Sd}$	contrainte (normale) de calcul dans la soudure
σ_x, σ_y	élément de contrainte normale dans la direction x, y
$\hat{\sigma}_a$	amplitude de contrainte maximale
min σ , max σ	valeurs extrêmes de contraintes
τ	contrainte de cisaillement
$\Delta\tau_c$	résistance à la fatigue caractéristique (contrainte de cisaillement)
τ_{Sd}	contrainte de calcul (cisaillement)
$\Delta\tau_{Sd}$	étendue de contrainte de calcul (cisaillement)
$\Delta\tau_{Rd}$	étendue de contrainte limite de calcul (cisaillement)
$\tau_{w, Sd}$	contrainte de calcul dans la soudure (cisaillement)
ϕ_1	facteur dynamique

4 Généralités

4.1 Principes généraux

Les calculs de vérification d'aptitude doivent avoir lieu pour les composants, les éléments et les détails exposés au chargement ou aux cycles de chargement répétitifs à même de causer des défaillances, des fissures ou des déformations interférant avec les fonctions de l'appareil de levage.

NOTE Voir l'ISO 8686 pour des informations supplémentaires applicables aux différents types d'appareils de levage. Tous les calculs ne sont pas applicables à chaque type d'appareil de levage.

4.2 Documentation

La documentation relative à l'épreuve d'aptitude doit inclure

- les hypothèses de calcul y compris les modèles de calcul,
- les charges et combinaisons de charges applicables,
- les propriétés des matériaux,
- les classes de qualité des soudures, conformément à l'ISO 5817, et
- les propriétés des éléments d'assemblage.

4.3 Méthodes alternatives

L'aptitude peut être vérifiée par des méthodes expérimentales avec des calculs ou en coordination avec des calculs. L'amplitude et la répartition des charges pendant les essais doivent correspondre aux charges de calcul et aux combinaisons de charges de calcul pour les états limites appropriés.

Alternativement, des méthodes théoriques ou expérimentales avancées et reconnues peuvent être utilisées de manière générale, à condition qu'elles soient conformes aux principes de la présente Norme internationale.

4.4 Matériaux des éléments structuraux

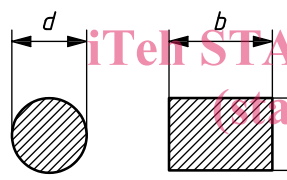
Il est recommandé d'utiliser les aciers répondant aux Normes internationales suivantes.

- ISO 630 amendée [1];
- ISO 6930-1 [7];
- ISO 4950 [3];
- ISO 4951-1, ISO 4951-2 et ISO 4951-3 [4], [5], [6].

Lorsque d'autres aciers sont utilisés, les valeurs spécifiques de résistance f_u et f_y doivent être connues. Les propriétés mécaniques et la composition chimique doivent être spécifiées conformément à l'ISO 404. Lorsqu'elle est utilisée dans les structures soudées, la soudabilité doit être démontrée.

Lors de la vérification de la nuance et de la qualité de l'acier (voir les Normes internationales référencées) utilisées pour les éléments en traction, la somme des paramètres de résistance au choc q_i doit être prise en compte. Le Tableau 2 donne q_i pour diverses influences. L'énergie de rupture par choc/les températures d'essai requises dépendant de $\sum q_i$ sont données au Tableau 3; celles-ci doivent être spécifiées par le fabricant d'acier sur la base de l'ISO 148-1.

Tableau 2 — Paramètres de résistance au choc, q_i

i	Influence	q_i	
1	Température T (°C) de service	$0 \leq T$	0
		$-20 \leq T < 0$	1
		$-40 \leq T < -20$	2
		$-50 \leq T < -40$	4
2	Limite d'élasticité f_y (N/mm ²)	$f_y \leq 300$	0
		$300 < f_y \leq 460$	1
		$460 < f_y \leq 700$	2
		$700 < f_y \leq 1\ 000$	3
		$1\ 000 < f_y$	4
3	Épaisseur du matériau t (mm) Épaisseur équivalente t pour les barres pleines  $t = \frac{d}{1,8}$ pour $\frac{b}{h} < 1,8$; $t = \frac{b}{1,8}$ pour $\frac{b}{h} \geq 1,8$	$t \leq 10$	0
		$10 < t \leq 20$	1
		$20 < t \leq 50$	2
		$50 < t \leq 100$	3
		$t > 100$	4
4	Concentration de contrainte et classe d'entaille $\Delta\sigma_c$ (N/mm ²) (voir Annexe D)	$\Delta\sigma_c > 125$	0
		$80 < \Delta\sigma_c \leq 125$	1
		$56 < \Delta\sigma_c \leq 80$	2
		$\Delta\sigma_c \leq 56$	3

NOTE Pour les températures environnementales inférieures à -50 °C des mesures spéciales sont requises.

Tableau 3 — Exigences de résistance au choc pour $\sum q_i$

	$\sum q_i \leq 3$	$4 \leq \sum q_i \leq 6$	$7 \leq \sum q_i \leq 9$	$\sum q_i \geq 10$
Exigence relative à l'énergie de rupture/température d'essai	27 J / +20 °C	27 J / 0 °C	27 J / -20 °C	27 J / -40 °C

4.5 Assemblages boulonnés

4.5.1 Matériaux des boulons

Pour les assemblages boulonnés, des boulons des classes de qualité (classes de boulon), ISO 898-1:—, 4.6, 5.6, 8.8, 10.9 ou 12.9 doivent être utilisés. Les valeurs nominales de résistance sont données dans le Tableau 4.

Tableau 4 — Classes de qualité (classes de boulon)

Classe de qualité (classe du boulon)	4.6	5.6	8.8	10.9	12.9
f_{yb} (N/mm ²)	240	300	640	900	1 080
f_{ub} (N/mm ²)	400	500	800	1 000	1 200

Le cas échéant, il convient que le concepteur demande au fournisseur de boulons de démontrer la conformité aux exigences concernant la protection contre la rupture fragile due à l'hydrogène, pour les classes de qualité 10.9 et 12.9. Des exigences techniques peuvent être trouvées dans l'ISO 15330, l'ISO 4042 et l'ISO 9587.

4.5.2 Généralités

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les assemblages boulonnés sont des assemblages entre les éléments et/ou les composants utilisant des boulons pour lesquels

- les boulons doivent être suffisamment serrés pour comprimer les surfaces de contact l'une contre l'autre, lorsqu'elles sont soumises aux vibrations, aux inversions ou aux fluctuations du chargement, ou lorsque le glissement peut causer des changements nuisibles de géométrie,
- d'autres assemblages boulonnés peuvent être serrés au couple, et
- les surfaces de contact doivent être sécurisées vis-à-vis de toute rotation (par exemple en utilisant plusieurs boulons).

4.5.3 Assemblages travaillant au cisaillement et à la pression diamétrale (matage)

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les assemblages boulonnés travaillant au cisaillement et à la pression diamétrale sont les assemblages sur lesquels les charges s'exercent perpendiculairement à l'axe des boulons et provoquent des contraintes de cisaillement et de pression diamétrale sur les boulons, et pour lesquels

- le jeu entre le boulon et le trou de passage doit être conforme ou plus petit que les tolérances h13 et H11 de l'ISO 286-2:1998, lorsque les boulons sont soumis à des charges réversibles, ou lorsque le glissement peut causer des changements nuisibles de géométrie,
- dans d'autres cas, des jeux plus larges conformément à l'ISO 273:1979 peuvent être utilisés,
- seule la partie non filetée de la tige doit être prise en compte dans les calculs de pression diamétrale, et
- aucun traitement de surface particulier des surfaces de contact n'est requis.