

NORME ISO  
INTERNATIONALE 12215-10

Première édition  
2020-11

---

---

**Petit navires — Construction de la  
coque et échantillonnage —**

Partie 10:  
**Charges dans le gréement et points  
d'attache du gréement dans les  
bateaux à voiles**

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

*Small craft — Hull construction and scantlings —*

*Part 10: Rig loads and rig attachment in sailing craft*

ISO 12215-10:2020

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6db5e41f-ffd0-4259-bce9-6c35c3b058bb/iso-12215-10-2020>



Numéro de référence  
ISO 12215-10:2020(F)

© ISO 2020

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

ISO 12215-10:2020

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6db5e41f-ffd0-4259-bce9-6c35c3b058bb/iso-12215-10-2020>



### DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2020

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, 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, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office

Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8

CH-1214 Vernier, Genève

Tél.: +41 22 749 01 11

E-mail: [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)

Web: [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

Avant-propos.....	v
Introduction.....	vi
<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 et définitions</b> .....	<b>2</b>
<b>4</b> <b>Symboles</b> .....	<b>3</b>
<b>5</b> <b>Application du document</b> .....	<b>4</b>
5.1    Dispositions générales.....	4
5.2    La méthode simplifiée.....	4
5.3    La méthode développée.....	5
5.4    Les étapes des méthodes et les articles correspondants de ce document.....	5
<b>6</b> <b>Méthode simplifiée et développée — Contraintes de conception</b> .....	<b>6</b>
6.1    Dispositions générales.....	6
6.2    Contraintes de conception/facteurs de sécurité.....	8
<b>7</b> <b>Méthode développée — Évaluation générale, moment de conception</b> .....	<b>9</b>
7.1    Dispositions générales.....	9
7.1.1    Sujets généraux sur la conception du gréement.....	9
7.1.2    Configurations de voile.....	10
7.1.3    Charges dans le gréement et informations de réglage devant être fournies.....	11
7.2    Moment de conception $M_D$ : moment de redressement ou de gîte.....	11
7.2.1    Dispositions générales.....	11
7.2.2    Principe de conception.....	12
7.2.3    Points sur les multicoques/voiliers à stabilité de forme correspondant au cas b), c'est-à-dire avec $M_{H1} < M_{RUP1}$ .....	15
7.2.4    Force longitudinale au vent arrière $F_{ADOWN}$ et moment d'assiette sur le nez $M_{HDOWN}$ , lorsqu'on navigue sous spinnaker seul — «Normal» ( $S_{C6}$ ) ou «Exceptionnel» ( $S_{C8}$ ).....	16
7.2.5    Moment de redressement maximal $M_{RMAX}$ , cas exceptionnel, vent de travers sous spinnaker.....	16
7.2.6    Force de gîte $F_{ABROACH}$ et moment de gîte $M_{HBROACH}$ en cas de départ au lof sous spinnaker, cas exceptionnel.....	16
7.2.7    Configurations de voilures minimales et moment de redressement/de gîte à analyser.....	17
7.3    Dimensions du gréement et valeurs par défaut des surfaces, forces et leurs points d'application.....	19
7.4    Mâts-aile.....	24
7.5    Forces résultantes dans les voiles.....	25
<b>8</b> <b>Charges dans les éléments du gréement — Méthode développée</b> .....	<b>26</b>
8.1    Dispositions générales.....	26
8.2    Force dans l'étai avant, le bas étai, la chute de grand-voile et les drisses.....	26
8.2.1    Dispositions générales.....	26
8.2.2    Force dans l'étai avant, le bas étai, la ralingue de grand-voile et les drisses liées à la flèche.....	27
8.2.3    Force dans l'étai avant pour équilibrer la composante longitudinale des forces provenant des haubans angulés vers l'arrière, pataras/bastaques, chute de grand-voile.....	27
8.3    Force dans le pataras, les bastaques, ou équivalent.....	27
8.3.1    Dispositions générales.....	27
8.3.2    Gréement fractionné avec pataras, pas de bastaque et des barres de flèche angulées vers l'arrière.....	28
8.3.3    Cas des gréements sans pataras ni bastaque.....	28

8.4	Compression dans le pied de mât/épointille .....	30
8.4.1	Dispositions générales .....	30
8.4.2	Compression initiale dans le mât due à la pré compression .....	30
8.4.3	Compression du mât due à la gîte ou au départ au lof .....	31
8.4.4	Compression de conception du pied de mât/épointille .....	31
8.4.5	Sujets de détail sur le pied de mât/épointille .....	31
8.5	Charges de conception finales sur les éléments du gréement .....	31
<b>9</b>	<b>Composants structurels à évaluer — Méthode simplifiée ou développée .....</b>	<b>32</b>
9.1	Dispositions générales .....	32
9.2	Pieds de mât et épointilles et leur liaison à la structure du bateau .....	32
9.3	Cadènes et leur liaison à la structure du bateau .....	33
9.4	Détails de conception des cadènes et de leur liaison à la structure .....	33
9.4.1	Dispositions générales .....	33
9.4.2	Cadènes sanglées en stratifié .....	34
<b>10</b>	<b>Application de la méthode simplifiée .....</b>	<b>34</b>
<b>11</b>	<b>Application de la méthode développée .....</b>	<b>35</b>
11.1	Dispositions générales .....	35
11.2	Guide général pour l'évaluation par des procédures numériques en 3-D .....	35
11.2.1	Dispositions générales .....	35
11.2.2	Propriétés de matériaux .....	35
11.2.3	Hypothèses de limites .....	35
11.2.4	Application des charges .....	35
11.2.5	Idéalisation du modèle .....	35
11.3	Évaluation par des méthodes basées sur la «résistance des matériaux» .....	36
<b>12</b>	<b>Application de ce document (standards.iteh.ai) .....</b>	<b>36</b>
<b>13</b>	<b>Informations à donner dans le manuel du propriétaire .....</b>	<b>36</b>
<b>14</b>	<b>Informations pour constructeur de bateau .....</b>	<b>37</b>
<b>Annexe A</b> (informative)	<b>Déclaration d'application de l'ISO 12215-10 .....</b>	<b>38</b>
<b>Annexe B</b> (informative)	<b>Informations sur les métaux et les boulons .....</b>	<b>40</b>
<b>Annexe C</b> (normative)	<b>«Pratique établie» simplifiée pour l'évaluation du pied de mât/épointille .....</b>	<b>45</b>
<b>Annexe D</b> (normative)	<b>Méthode simplifiée de «pratique établie» pour l'évaluation des cadènes et de leur liaison .....</b>	<b>54</b>
<b>Annexe E</b> (informative)	<b>Calcul simplifié de «pratique établie» des éléments du gréement transversal .....</b>	<b>77</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>.....</b>	<b>85</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 (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir [www.iso.org/directives](http://www.iso.org/directives)).

L'attention est attirée 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. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir [www.iso.org/brevets](http://www.iso.org/brevets)).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: [www.iso.org/iso/fr/avant-propos](http://www.iso.org/iso/fr/avant-propos).

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 188, *Petits navires*.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 12215 se trouve sur le site web de l'ISO.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse [www.iso.org/fr/members.html](http://www.iso.org/fr/members.html).

## Introduction

La raison qui sous-tend la préparation de la série ISO 12215 est que les règles d'échantillonnage et les pratiques recommandées pour les petits navires diffèrent considérablement, limitant ainsi l'acceptabilité générale mondiale des bateaux.

Ce document a été défini en fonction des exigences minimales de la pratique actuelle.

Le dimensionnement selon ce document est considéré comme reflétant la pratique courante, à condition que le bateau soit correctement manœuvré dans le sens du bon sens marin et équipé et utilisé à une vitesse appropriée à l'état de mer dominant.

Ce document n'est pas une norme de conception et les concepteurs/constructeurs sont fortement avertis de ne pas tenter de concevoir un bateau de sorte que presque tous les éléments structurels soient juste conformes.

La liaison entre le point d'attache du gréement et la structure est requise d'être plus solide que le point d'attache lui-même. On considère donc qu'une surcharge imprévue n'entraînera pas son arrachage de la structure et que l'étanchéité sera maintenue.

NOTE Dans la présente version française, le terme « load » a été traduit par « charge » mais pourrait être également traduit par « effort » ou « force » selon le contexte.

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

[ISO 12215-10:2020](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6db5e41f-ffd0-4259-bce9-6c35c3b058bb/iso-12215-10-2020)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6db5e41f-ffd0-4259-bce9-6c35c3b058bb/iso-12215-10-2020>

# Petit navires — Construction de la coque et échantillonnage —

## Partie 10:

# Charges dans le gréement et points d'attache du gréement dans les bateaux à voiles

## 1 Domaine d'application

Le présent document spécifie des méthodes pour la détermination:

- des charges de conception et des contraintes de conception dans les éléments du gréement; et
- des charges et des échantillonnages des points d'attache du gréement et du pied de mât/épontille; sur les voiliers monocoques et multicoques.

Il donne également, dans des Annexes, des «pratiques établies» pour l'évaluation des pieds de mât/épontilles ou des cadènes.

NOTE 1 D'autres méthodes d'ingénierie peuvent être utilisées à condition que les charges et les contraintes de conception soient utilisées.

Ce document est applicable aux bateaux d'une longueur de coque  $L_H$  inférieure ou égale à 24 m mais il peut également s'appliquer aux bateaux d'une longueur de ligne de charge inférieure ou égale 24 m.

NOTE 2 La longueur de la ligne de charge (longueur de référence) est définie dans la «Convention internationale sur les lignes de charge 1966/2005» de l'OMI, elle est inférieure à  $L_H$ . Cette longueur établit également, à 24 m, la limite inférieure de plusieurs conventions de l'OMI.

Les échantillonnages provenant du présent document sont principalement destinés à s'appliquer sur les bateaux de plaisance, y compris les bateaux de location avec équipage (charter).

Ce document n'est pas applicable aux bateaux de course conçus uniquement pour des courses professionnelles.

Ce document ne considère que les charges exercées lors de la navigation. Les charges pouvant résulter d'autres situations ne sont pas prises en compte dans ce document.

Dans tout ce document, sauf indication contraire, les dimensions sont en (m), les surfaces en ( $m^2$ ), les masses en (kg), les forces en (N), les moments en (Nm), les contraintes et modules d'élasticité en  $N/mm^2$  ( $1 N/mm^2 = 1 Mpa$ ) Sauf indication contraire, le bateau doit être évalué en condition de pleine charge prête à l'emploi.

## 2 Références normatives

Les documents suivants sont référencés dans le présent document de sorte que tout ou partie de leur contenu en constitue des exigences. 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 12215-5:2019, *Petits navires — Construction de coques et échantillonnage — Partie 5: Pressions de conception pour monocoques, contraintes de conception, détermination de l'échantillonnage*

### 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>

#### 3.1 catégories de conception

description des conditions de mer et de vent auxquelles le bateau est considéré comme approprié

Note 1 à l'article: Les catégories de conception sont définies dans l'ISO 12217 (toutes les parties).

Note 2 à l'article: Les définitions des catégories de conception sont en ligne avec la directive européenne 2013/53/UE sur les bateaux de plaisance.

[SOURCE: ISO 12215-5:2019, 3.1]

#### 3.2 déplacement en charge

$m_{LDC}$

masse de l'eau déplacée par le bateau, y compris tous ses appendices, lorsqu'il est en condition de charge maximale prêt à l'emploi

Note 1 à l'article: La condition de charge maximale prête à l'emploi est définie plus complètement dans l'ISO 8666.

[SOURCE: ISO 12215-5:2019, 3.2.]

#### 3.3 bateau à voiles

Voiliers

bateau dont le moyen principal de propulsion est la force du vent

Note 1 à l'article: Cette définition est plus complète dans l'ISO 8666

[SOURCE: ISO 12215-5:2019, 3.3, modifiée — La Note 2 à l'article a été supprimée.]

#### 3.4 monocoque

bateau ne comportant qu'une seule coque

#### 3.5 multicoque

bateau comportant plusieurs coques avec une nacelle/plateforme ou des bras de liaison situés au-dessus de la flottaison, par opposition à un bateau tunnel ou un scow

#### 3.6 pied de mât

élément installé sous le mât et qui supporte la compression du mât et la transmet au reste de la structure

#### 3.7 épontille de mât épontille

sur un bateau où le mât est posé sur le pont, élément structurel qui transmet la compression du mât au reste de la structure



**3.8****cadène**

point d'attache du gréement

élément(s) sur lequel les éléments du gréement sont attachés et qui transmet leurs charges au reste de la structure, cela comprend, le cas échéant, les tirants

EXEMPLE Cadène métallique, cadène sanglée en composite

Note 1 à l'article: voir l'[Annexe D](#).

**3.9****liaison**

<du pied de mât, épontille ou cadène à la structure>tous les éléments ou groupe d'éléments reliant le point d'attache du gréement à la structure du bateau

EXEMPLE Boulons, stratification.

Note 1 à l'article: Certains de ces éléments peuvent faire partie de la cadène

**3.10****condition  $m_{LDC}$** 

condition de charge maximale correspondant au *déplacement en charge* (3.2)

**4 Symboles**

Sauf spécification contraire, les symboles, facteur et paramètres indiqués au [Tableau 1](#) s'appliquent.

**Tableau 1 — Symboles, facteurs, paramètres**

Symbole	Unité	Désignation/Signification du symbole	Référence
<b>1 - Dimensions principales du bateau</b>			
$B_{CB}$	m	Bau entre les centres de flottabilité: distance entre les centres de flottabilité des coques pour un catamaran et entre le $C_B$ de la coque centrale et celui du flotteur pour un trimaran	<a href="#">Tableau 5, Fig 3</a>
$B_{CP}$	m	Bau entre cadènes (de bâbord à tribord)	<a href="#">Tableau C.1, Fig 3</a>
$B_H$	m	Bau de coque	Pt 1, <a href="#">Tableau 5</a> ,
$GZ_{30}$	m	Bras de levier de redressement à 30°gîte pour les monocoques	<a href="#">Tableau 5</a>
$L_{WL}$	m	Longueur de la flottaison en condition $m_{LDC}$	<a href="#">7.5, Tableau 10</a>
$V_{CG}$	m	Hauteur du centre de gravité du bateau au-dessus du fond de $T_C$	<a href="#">Tableau 5, Fig 3</a>
$m_{LDC}$	kg	Masse de déplacement en charge (3.2) ou condition (3.10)	<a href="#">3.2, Article 13</a>
$n_{PH}$	1	Nombre de personnes au rappel	Pt 1, <a href="#">Tableau 5</a> ,
$T_C$	m	Tirant d'eau de carène	<a href="#">Tableau 5, Fig 3</a>
<b>2 - Dimensions principales du gréement et données qui y sont liées</b>			
$A_i$	m <sup>2</sup>	Surface de voileure, l'indice $i$ définissant le nom de la voile ou de sa combinaison	<a href="#">Tableau 5 à 8, etc.</a>
$F_{Ai}$	N	Force aérodynamique, l'indice $i$ définissant à quelle force elle correspond	<a href="#">Tableau 5 à 8</a>
$F_{DMC}$	N	Force de compression de conception sur le pied de mat/épontille, d'un mat unique	<a href="#">8.4, Annexe C</a>
$F_{DMCi}$	N	Force de compression de conception sur pied de mat/épontille pour un gréement à deux mats, où l'indice $i = 1$ ou $2$	<a href="#">8.4, Annexe C</a>
$M_D$	Nm	Moment de conception sous voiles	<a href="#">Tableaux 5 et 6</a>
$M_{Hi}$	Nm	Moment, de gîte où l'indice $i = UP, MAX, BROACH, DOWN$	<a href="#">Tableaux 5 et 6</a>
$M_{Ri}$	Nm	Moment de redressement, où l'indice $i = UP, \phi_{UP}, MAX$	<a href="#">Tableau 5</a>

Tableau 1 (suite)

Symbole	Unité	Désignation/Signification du symbole	Référence
$V_{ACEK\ i}$	nœuds	Vitesse du vent apparent de conception, en nœuds, au centre de voilure, où l'indice $i$ correspond à la configuration de voilure $S_{Ci}$	Tableaux 5 et 7
$V_{ACEM\ i}$	m/s	Vitesse du vent apparent de conception, en m/s, au centre de voilure, où l'indice $i$ correspond à la configuration de voilure $S_{Ci}$	Tableaux 5 et 7
$V_{AMT\ i}$	m/s (nœuds)	Vitesse du vent apparent de conception au sommet du mât, où l'indice correspond à la configuration de voilure $S_{Ci}$	Note 5 du Tableau 5
Voir le <a href="#">Tableau 8</a> pour les dimensions détaillées du gréement, des surfaces, etc.			
3 - Facteurs			
$k_{DCR}$	1	Facteur de catégorie de conception pour le gréement	Pt 5 du <a href="#">Tableau 3</a>
$k_{DSR}$	1	Facteur de charge dynamique pour la voilure et le gréement	Pt 1 du <a href="#">Tableau 10</a>
$k_{HF}$	1	Facteur de hauteur de centre de pression pour la voile d'avant	Pt 1 du <a href="#">Tableau 9</a>
$k_{HMS}$	1	Facteur de hauteur de centre de pression pour la grand-voile	Pt 3 du <a href="#">Tableau 9</a>
$k_{LC}$	1	Facteur de cas de chargement	<a href="#">Tableaux 3 et 7</a>
$k_{MAT}$	1	Facteur de matériau	Pt 3 du <a href="#">Tableau 3</a>
$k_{ROACH}$	1	Facteur de rond de chute de grand-voile	<a href="#">Tableau 8</a>
$k_{SAGF}$	1	Facteur de flèche de l'étau/bas étau = flèche d'étau/longueur d'étau	Pt 3 <a href="#">Tableau 10</a>
$k_{SAGM}$	1	Facteur de flèche de la chute de grand-voile	Pt 3 <a href="#">Tableau 10</a>
$k_{\phi}$	1	Factor d'évaluation d'angle de gîte de multicoque	Pt 1 du <a href="#">Tableau 5</a>
4 - Autres variables			
$S_{Ci}$	1	Configuration de voilure où $i$ est l'indice de configuration	<a href="#">Tableau 7</a>
$S_{Fi}$	1	Facteur de sécurité / $i$ , où l'indice $i$ est $y$ (yield) ou $u$ (ultimate)	<a href="#">Tableau 4</a>
$\sigma_p, \tau_i$	N/mm <sup>2</sup>	Contrainte directe ou de cisaillement, où $i$ peut être LIM, $u$ , $uw$ , $yw$ , $uc$ , $ut$ , $uf$	<a href="#">Tableau 3</a>
$\phi$	degré	Angle de gîte qui peut être 30° pour les multicoques ou $\phi_{LIM}$ pour les multicoques	<a href="#">Tableau 5</a>

## 5 Application du document

### 5.1 Dispositions générales

Ce document permet de déterminer les charges de conception et les contraintes de conception sur les éléments de gréement d'un voilier et d'évaluer les contraintes de conception sur le pied de mât/épointille, les cadènes et leur liaison à la structure du bateau:

- 1) par une méthode simplifiée où;
- 2) par une méthode développée.

Ces méthodes sont définies étape par étape au [Tableau 2](#).

La méthode développée permet également de connaître les charges dans le gréement nécessaires pour évaluer les charges globales dans la structure des multicoques dans l'ISO 12215-7:2020.

### 5.2 La méthode simplifiée

L'Article 14 requiert que le fabricant du mât/gréement indique les charges de conception sur le pied de mât/épointille et sur chaque élément du gréement, les dimensions des embouts, etc., évaluées conformément au 7.1.3. Si cette information n'est pas disponible, la «Méthode simplifiée» s'applique à l'aide des Annexes de «Pratique établie»: l'Annexe C pour la méthode «De base» ou «Améliorée» pour le pied de mât/épointille, ou l'Annexe D pour les cadènes ou leur liaison.

### 5.3 La méthode développée

Cette méthode implique la détermination complète des charges de conception sur le pied de mât/épontille et sur chaque élément du gréement, les dimensions des embouts évalués conformément à l'Article 7. L'évaluation du ou des pieds de mât, cadènes et de leur liaison au bateau doit ensuite être vérifiée soit par les méthodes de «Pratique établie» des Annexes C et D, soit par toute méthode d'ingénierie pertinente, y compris la méthode des éléments finis (FEM).

NOTE Le dimensionnement effectif du mât et du gréement étant un problème complexe de flexion et de flambage du mât, où le réglage de l'allongement du gréement est primordial, il est volontairement exclu du champ d'application de ce document, même si les valeurs des charges définies sont des informations utiles.

### 5.4 Les étapes des méthodes et les articles correspondants de ce document

Le Tableau 2 résume les étapes à suivre pour les deux méthodes et donne les Articles correspondants de ce document.

Tableau 2 — Méthodes d'évaluation

Pas	Méthodes	Article et Tableau
	<b>1 - MÉTHODE SIMPLIFIÉE pour pied de mât/épontille ou cadène</b>	<a href="#">5.2</a>
1.1	Détermination des contraintes de conception	<a href="#">Article 6</a> et <a href="#">Tableau 3</a>
1.2	Si aucune information n'est disponible de la part du fabricant/fournisseur du mât/gréement, les méthodes de «Pratique établie» de l'Annexe C - «De base» ou «Améliorée» permettent une détermination simple de la force de compression de conception $F_{DMC}$ et de l'échantillonnage du pied de mât/épontille et de leur liaison à la structure. Les Tableaux C.4 et C.5 donnent également des exemples de calcul d'épontille/varangue en fonction de la force de conception.	<a href="#">Annexe C</a>
1.3	Pour les cadènes et leur liaison utiliser la «Pratique établie» de l'Annexe D.	<a href="#">Annexe D</a>
1.4	Éléments structurels à évaluer - pied de mât ou cadène	<a href="#">Article 9</a>
1.5	Utilisation des Annexes pour la méthode simplifiée	<a href="#">Article 10</a>
1.6	Application du présent document et feuille d'application	<a href="#">Article 12</a> , <a href="#">Annexe A</a>
1.7	Informations à inclure dans le manuel du propriétaire	<a href="#">Article 13</a>
1.8	Informations devant être données au constructeur du bateau par le fabricant/fournisseur du mât/gréement	<a href="#">Article 14</a>
	<b>2 - MÉTHODE DÉVELOPPÉE pour les charges dans le gréement, le pied de mât/épontille ou les cadènes</b>	<a href="#">5.3</a>
	Calcul de toutes les charges dans le gréement	
2.1	Détermination des contraintes de conception	<a href="#">Article 6</a> et <a href="#">Tableau 3</a>
2.2	Méthode développée – Évaluations générales, moments de conception Détermination des moments/forces de conception selon la configuration $S_{Ci}$ : — formules pour la détermination des moments et forces au près; — formules pour la détermination des moments et forces au portant; — configuration de voilure, moments de gîte/de redressement et vitesse du vent apparent; — dimensions du gréement et valeurs par défaut des surfaces, et points d'application; — forces transversales sur les voiles.	<a href="#">Article 7</a> et:  <a href="#">7.2</a> et <a href="#">Tableau 5</a> <a href="#">7.2</a> et <a href="#">Tableau 6</a> <a href="#">7.2</a> et <a href="#">Tableau 7</a>  <a href="#">7.3</a> et <a href="#">Tableau 8</a>  <a href="#">7.5</a> et <a href="#">Tableau 9</a>
2.3	Forces de conception dans les éléments du gréement: — forces dans l'étai, bas étai, chute de grand-voile et drisses; — forces dans le pataras ou bastaques ou équivalent.	<a href="#">Article 8</a> et: <a href="#">8.2</a> et <a href="#">Tableau 10</a> <a href="#">8.3</a> et <a href="#">Tableau 10</a>
2.4	Éléments structurels à évaluer, pied de mât ou cadène	<a href="#">Article 9</a>

Tableau 2 (suite)

Pas	Méthodes	Article et Tableau
2.6	Application de la méthode développée	<a href="#">Article 11</a>
2.7	Application de ce document et déclaration d'application	<a href="#">Article 12, Annexe A</a>
2.8	Informations dans le manuel du propriétaire	<a href="#">Article 13</a>
2.9	Information pour le fabricant du bateau	<a href="#">Article 14</a>

## 6 Méthode simplifiée et développée — Contraintes de conception

### 6.1 Dispositions générales

Les contraintes de conception définies au [Tableau 3](#) doivent être utilisées.

NOTE Elles sont similaires à celles utilisées dans l'ISO 12215-9:2012, excepté que le facteur dynamique pour le gréement  $k_{DSR}$  augmente les charges pour les bateaux légers et qui ont en conséquence un «comportement dynamique», voir le point 1 du [Tableau 10](#).

Ce document différencie deux types de cas de chargement: les chargements «Normaux» et «Exceptionnels», voir le [7.1](#), ce qui signifie deux contraintes de conceptions différentes.

Les contraintes sont obtenues en multipliant, le cas échéant, voir les [Tableaux 2](#) et [3](#), la contrainte effective  $\sigma_{act}$ ,  $\tau_{act}$ , etc. par  $k_{DSR}$ , et elles ne doivent pas être supérieures aux contraintes de conception  $\sigma_d$ ,  $\tau_d$  etc.

Les contraintes «limites»  $\sigma_{LIM}$  ou  $\tau_{LIM}$  (standard.itech.ai) sont données au [Tableau 3](#) et correspondent aux états de contrainte suivants:

- pour les métaux, l'indice ci-dessous à une seule lettre pour les contraintes signifie: y pour la limite élastique (yield) ou u pour la rupture (ultimate), et la seconde lettre d'un indice double signifie: w à l'état soudé (welded) dans la zone affectée par la chaleur de soudure (HAZ) (voir également la note de bas de tableau du [Tableau 3](#));
- pour le stratifié et le bois le second indice u signifie la contrainte à la rupture et le premier indice respectivement t pour la traction, c pour la compression, et f pour la flexion ou le matage.

Les sources des valeurs de ces contraintes, c'est-à-dire,  $\sigma_y$ ,  $\sigma_u$  ou  $\tau_u$  pour les métaux non soudés, ou bien  $\sigma_{yw}$ ,  $\sigma_{uw}$  ou  $\tau_{uw}$  pour les métaux soudés dans la zone affectée par la chaleur de soudure ou  $\sigma_{tu}$ ,  $\sigma_{cu}$ ,  $\sigma_{fu}$ ,  $\sigma_{bu}$  ou  $\tau_u$  pour le bois ou le stratifié doivent être:

- soit les valeurs «par défaut» conformément aux [Annexes B](#) ou [D](#) ou des valeurs écrites fournies par le fabricant/fournisseur du gréement;
- pour les autres métaux que ceux utilisés dans le gréement, conformément à l'[Annexe B](#) pour les métaux figurant dans la liste, ou des valeurs documentées pour les autres métaux, provenant d'une norme reconnue, ou provenant d'essais effectués conformément à une norme reconnue;
- pour les stratifiés ou le bois/contreplaqué conformément aux [Annexes C](#) ou [F](#) de l'ISO 12215-5:2019.

Tableau 3 — Contrainte de conception et facteurs d'ajustement

1 - Contraintes de conception		
$\sigma_d$ ou $\tau_d$	$\sigma_d = \sigma_{LIM} \times k_{MAT} \times k_{LC} \times k_{DCR}$ , ou $\tau_d = \tau_{LIM} \times k_{MAT} \times k_{LC} \times k_{DCR}$ à la limite élastique, à la rupture ou au mâtage, selon le cas, voir le 6.1 où les facteurs d'ajustement sont définis ci-dessous	
2 - Contraintes limites		
Contrainte limite	Matériau / désignation	Valeur
$\sigma_{LIM}$ ou $\tau_{LIM}$	Métaux, non soudés ou loin des zones affectées par la chaleur de soudure <sup>a,b,c</sup>	$\sigma_{LIM} = \min(\sigma_y; 0,5 \sigma_u)$ ou $\tau_{LIM} = \min(\tau_y; 0,5 \tau_u)$
	Métaux, dans les zones affectées par la chaleur de soudure <sup>a,b,c</sup>	$\sigma_{LIM} = \min(\sigma_{yw}; 0,5 \sigma_{uw})$ ou $\tau_{LIM} = \min(\tau_{yw}; 0,5 \tau_{uw})$
	Bois ou stratifié selon le type de contrainte appliquée	$(\sigma_{uc}, \sigma_{ut}, \sigma_{uf}$ et $\tau_u)$ <sup>c</sup> selon le cas
3 -Facteur de contrainte correspondant au matériau $k_{MAT}$		
$k_{MAT}$	Métaux dont l'allongement à la rupture $\epsilon_R \geq 7\%$	$k_{MAT} = 0,75$
	Métaux dont l'allongement à la rupture $\epsilon_R < 7\%$	$k_{MAT} = \min(0,0625 \epsilon_R + 0,3125; 0,75)$ <sup>d</sup>
	Bois et stratifié	$k_{MAT} = 0,33$
<p><sup>a</sup> Généralement, les zones affectées par la chaleur de soudure sont considérées à moins de 50 mm des soudures.</p> <p><sup>b</sup> Pour les métaux, <math>\tau = 0,58 \sigma</math> souvent arrondi à 0,6 comme dans l'EN 1993.</p> <p><sup>c</sup> La contrainte de mâtage dépend du type de matériau et des dimensions. Le point 4 des Tableaux D.6 ou D.7 donne des valeurs recommandées. (Voir les Références [13] et [15]) de la Bibliographie.</p> <p><sup>d</sup> La formule donne 0,75 pour <math>\epsilon_R \geq 7\%</math> (par exemple pour les principaux métaux de construction et la fonte ductile) et 0,375 pour <math>\epsilon_R &lt; 7\%</math> pour la fonte à graphite lamellaire, avec interpolation linéaire entre ces valeurs.</p> <p><sup>e</sup> Les contraintes de conception correspondent aux cas de chargement «normal» ou «exceptionnel» du Tableau 7, les contraintes «exceptionnelles» sont 120 % des contraintes «normales», c'est-à-dire que le facteur de sécurité est 83 % de celui des contraintes normales. Les charges de conception «normales» pour le pied de mât/épontille ou cadènes sont à 120 % de celles du mât/gréement, et les valeurs de celles pour la liaison du pied de mât/épontille ou cadènes avec le reste de la structure sont encore à 120 % de celles du pied de mât/cadènes donc 144 % de celles sur le mât/gréement. <math>k_{LC}</math> varie comme l'inverse de ces rapports (voir le Tableau 4 pour plus d'explications)</p> <p><sup>f</sup> Les valeurs pour les cadènes sanglées d'UD sont basses pour prendre en compte les augmentations de contrainte dans l'enroulement de l'UD autour de la bague entourant l'axe, mais cela n'est pas nécessaire pour la copolymérisation/collage de l'ensemble de la cadène à condition que la contrainte de cisaillement admissible ait une valeur correcte, voir le D.6.</p> <p>NOTE Les contraintes de conception du Tableau 3 et les facteurs de sécurité (<math>S_{Fu}</math> ou <math>S_{Fy}</math>) du Tableau 4 et les charges dans le gréement et les éléments du mât sont entre crochets, à titre indicatif seulement, car elles ne sont pas couvertes par le présent document. Le facteur de sécurité à la rupture est indiqué (2,4) pour le gréement métallique, mais il varie fréquemment entre 2 et 3,5 pour les monocoques, en fonction de la pratique du constructeur/concepteur et du type de bateau course/croisière. Pour les multicoques légers, il peut descendre à 1,5 pour ceux qui «soulèvent une coque» car cette situation est peu fréquente (exceptionnelle), sauf pour les multicoques de sport. En outre, le gréement est souvent beaucoup plus résistant que prévu pour limiter l'élongation du gréement pour des raisons de stabilité du mât, en particulier pour les systèmes de gréement non métallique.</p>		

Tableau 3 (suite)

4 – Valeurs du facteur de cas de chargement $k_{LC}$ <sup>e</sup>				
		Type de chargement:	normal	exceptionnel
			Mât/gréement	Métal
	Gréement	Fibre pure	(1,30)	(1,56)
	Mât/gréement	Stratifié ou bois	(1,20)	(1,44)
$k_{LC}$	Pied de mât/épontille, cadène	Métal	1,10	1,32
	Pied de mât/épontille, cadène	Stratifié, bois	1,05	1,26
	Cadènes sanglées en stratifié	(sangles UD seulement) <sup>f</sup>	0,35	0,42
	Liaison des éléments ci-dessus à la structure	Métal	0,92	1,10
	Liaison des éléments ci-dessus à la structure	Stratifié, bois (boulons, vis, etc.)	0,88	1,05
	Liaison des éléments ci-dessus à la structure	Stratifié, collé, copolymérisé <sup>f</sup>	0,83	1,00
5 – Facteur de catégorie de conception $k_{DCR}$				
$k_{DCR}$	Bateau de catégories de conception A et B		1,00	
	Bateau de catégories de conception C et D		1,25	
<p><sup>a</sup> Généralement, les zones affectées par la chaleur de soudure sont considérées à moins de 50 mm des soudures.</p> <p><sup>b</sup> Pour les métaux, <math>\tau = 0,58 \sigma</math> souvent arrondi à 0,6 comme dans l'EN 1993.</p> <p><sup>c</sup> La contrainte de mâtage dépend du type de matériau et des dimensions. Le point 4 des Tableaux D.6 ou D.7 donne des valeurs recommandées. (Voir les Références [13] et [15]) de la Bibliographie.</p> <p><sup>d</sup> La formule donne 0,75 pour <math>\epsilon_R \geq 7 \%</math> (par exemple pour les principaux métaux de construction et la fonte ductile) et 0,375 pour <math>\epsilon_R &lt; 7 \%</math> pour la fonte à graphite lamellaire, avec interpolation linéaire entre ces valeurs.</p> <p><sup>e</sup> Les contraintes de conception correspondent aux cas de chargement «normal» ou «exceptionnel» du Tableau 7, les contraintes «exceptionnelles» sont 120 % des contraintes «normales», c'est-à-dire que le facteur de sécurité est 83 % de celui des contraintes normales. Les charges de conception «normales» pour le pied de mât/épontille ou cadènes sont à 120 % de celles du mât/gréement, et les valeurs de celles pour la liaison du pied de mât/épontille ou cadènes avec le reste de la structure sont encore à 120 % de celles du pied de mât/cadènes donc 144 % de celles sur le mât/gréement. <math>k_{LC}</math> varie comme l'inverse de ces rapports (voir le Tableau 4 pour plus d'explications)</p> <p><sup>f</sup> Les valeurs pour les cadènes sanglées d'UD sont basses pour prendre en compte les augmentations de contrainte dans l'enroulement de l'UD autour de la bague entourant l'axe, mais cela n'est pas nécessaire pour la copolymérisation/collage de l'ensemble de la cadène à condition que la contrainte de cisaillement admissible ait une valeur correcte, voir le D.6.</p> <p>NOTE Les contraintes de conception du Tableau 3 et les facteurs de sécurité (<math>S_{Fu}</math> ou <math>S_{Fv}</math>) du Tableau 4 et les charges dans le gréement et les éléments du mât sont entre crochets, à titre indicatif seulement, car elles ne sont pas couvertes par le présent document. Le facteur de sécurité à la rupture est indiqué (2,4) pour le gréement métallique, mais il varie fréquemment entre 2 et 3,5 pour les monocoques, en fonction de la pratique du constructeur/concepteur et du type de bateau course/croisière. Pour les multicoques légers, il peut descendre à 1,5 pour ceux qui «soulèvent une coque» car cette situation est peu fréquente (exceptionnelle), sauf pour les multicoques de sport. En outre, le gréement est souvent beaucoup plus résistant que prévu pour limiter l'élongation du gréement pour des raisons de stabilité du mât, en particulier pour les systèmes de gréement non métallique.</p>				

NOTE La réduction de  $k_{LC}$  (ou l'augmentation des facteurs de sécurité  $S_F$ ) depuis la charge dans le gréement jusqu'au pied de mât/cadène, puis vers leur liaison à la structure, garantissent que la liaison entre le mât/cadène sera plus résistante que la compression dans le mât/traction dans le gréement (c'est-à-dire que la cadène cassera après le gréement), en prenant en compte comme il se doit des incertitudes de calcul des contraintes effectives dans la liaison.

## 6.2 Contraintes de conception/facteurs de sécurité

Les contraintes limites applicables données à la première ligne du Tableau 3 sont multipliées par plusieurs facteurs tels que  $k_{DCR}$ , le facteur de catégorie de conception,  $k_{MAT}$  le facteur de matériau et  $k_{LC}$ , le facteur de cas de chargement. Comme de nombreux utilisateurs ou réglementations se réfèrent aux facteurs de sécurité  $S_{Fp}$  et à des fins de comparaison, le Tableau 4 transforme les exigences des Tableaux 2 et 3 en termes de facteurs de sécurité ou équivalent. En prenant  $R_v$  et  $R_u$  comme respectivement la limite élastique et la résistance à la rupture d'un élément de structure et  $F_{RIG}$  la charge dans un élément

du gréement, il donne respectivement dans les lignes pour le métal ou le stratifié le rapport  $R_y/F_{RIG}$ , ou  $R_u/F_{RIG}$  avec une considération spéciale pour le métal selon que  $\sigma_y > 0,5 \sigma_u$  ou  $\sigma_y \leq 0,5 \sigma_u$ .

Pour simplifier, le [Tableau 4](#) ne calcule dans la colonne 7 que le facteur de sécurité à la rupture  $S_{FU} = 1/(\sigma_d/\sigma_u)$ , et dans la colonne 8 le rapport  $S_{FU}/S_{FU\ RIG}$  pour les cas de charge «normaux», montrant la progression des facteurs de sécurité depuis le mât/gréement jusqu'à la liaison à la structure. Pour les cas de charge «exceptionnels», le facteur de sécurité est multiplié par 0,833 (c'est-à-dire divisé par 1,2).

**ATTENTION** — Le [Tableau 4](#) indique les valeurs pour les catégories de conception A et B, avec  $k_{DCR} = 1$ , pour les catégories de conception C et D, avec  $k_{DCR} = 1,25$ , le facteur de sécurité est multiplié par  $1/1,25 = 0,8$ , c'est-à-dire réduit de 20 %.

Tableau 4 — Valeurs des différents facteurs de sécurité calculés à partir du [Tableau 3](#)

1	2	3	4	5	6	7	8
					$\sigma_d = \sigma_{LIM} \times k_{MAT} \times k_{LC} \times k_{DCR} / \sigma_u$		
Description du cas de chargement	$\sigma_{LIM}/\sigma_u^a$	$k_{MAT}$	$k_{DCR}$	$k_{LC}$ normal	$\sigma_d/\sigma_u$	$R_{u\ rig} / F_{rig}$ $1/(\sigma_d/\sigma_u)$	$R_{U\ ELEM} / R_{U\ RIG}$
Charge dans le mât ou le gréement - Métal	0,50	0,75	1,0	1,11	0,42	(2,40)	(1,00)
Charge dans le gréement - Fibre pure	1,00	0,33	1,0	1,30	0,43	(2,33)	(0,97)
Charge dans le mât - Stratifié	1,00	0,33	1,0	1,20	0,40	(2,53)	(1,05)
Cadène/pied de mât - AISI 316	0,42	0,75	1,0	1,10	0,35	2,87	1,19
Cadène/pied de mât - ALU 5086 H111	0,42	0,75	1,0	1,10	0,34	2,91	1,21
Cadène - Stratifié	1,00	0,33	1,0	1,05	0,35	2,89	1,20
Cadène sangle stratifié (Sangles UD seulement)	1,00	0,33	1,0	0,35	0,08	8,66	3,6
Liaison à la structure - Métal	0,42	0,75	1,0	0,92	0,29	3,48	1,45
Liaison à la structure Stratifié / bois contrainte directe	1,00	0,33	1,0	0,88	0,29	3,46	1,44
Liaison à la structure Stratifié copolymérisé/collé	1,00	0,33	1,0	0,83	0,27	3,65	1,52

<sup>a</sup> Exemples de calcul des valeurs dans la colonne 2: plat en AISI 316  $\sigma_{LIM}/\sigma_u = \min(220; 0,5 \times 520) / 520 = 0,5$ ; aluminium 5086 H 111 soudé ou pas  $\sigma_{LIM}/\sigma_u = \min(100; 0,5 \times 240) / 240 = 0,423$

## 7 Méthode développée — Évaluation générale, moment de conception

### 7.1 Dispositions générales

#### 7.1.1 Sujets généraux sur la conception du gréement

Ce document définit les charges de conception requises sur les éléments de gréement, mais pas leur résistance à la rupture effective ou leur allongement. En effet, les haubans et les étais sont souvent surdimensionnés en raison de considérations de raideur, pour éviter le flambement du mât et limiter la «chute» du mât sous le vent. Cela est particulièrement vrai pour les gréements non métalliques. Au contraire, le présent document définit les charges de conception de la liaison des éléments de gréement à leur fixation ou à leur fondation (pied de mât ou épontilles et cadènes de fixation de gréement). Les charges sur les éléments du gréement des multicoques (charges sur les haubans et gréement longitudinal, compression du mât, traction sur l'écoute de grand-voile) définies dans ce document sont également utiles pour évaluer les charges globales utilisées dans l'ISO 12215-7:2020.

L'équilibre entre les différentes charges sur les mâts et leur gréement (et donc leurs points d'attache) est d'une importance primordiale. Les valeurs considérées dans ce document sont les valeurs minimales correspondant à cet équilibre, qui nécessite un réglage correct du gréement et un «accordage» complet, voir le [7.1.3](#). Pour ces raisons certains professionnels utilisent des facteurs de sécurité plus importants