

Première édition
2016-08-01

Version corrigée
2016-09-15

**Appareils de levage à charge
suspendue — Principes pour une
conception résistante à la sismicité**

Cranes — Principles for seismically resistant design

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

[ISO 11031:2016](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4b185279-d599-4e55-ab89-8e1257954cc3/iso-11031-2016)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4b185279-d599-4e55-ab89-8e1257954cc3/iso-11031-2016>



Numéro de référence
ISO 11031:2016(F)

© ISO 2016

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 11031:2016

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4b185279-d599-4e55-ab89-8e1257954cc3/iso-11031-2016>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2016, Publié en Suisse

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Ch. de Blandonnet 8 • CP 401
CH-1214 Vernier, Geneva, Switzerland
Tel. +41 22 749 01 11
Fax +41 22 749 09 47
copyright@iso.org
www.iso.org

Sommaire

Page

| | |
|---|-----------|
| Avant-propos | iv |
| Introduction | v |
| 1 Domaine d'application | 1 |
| 2 Références normatives | 1 |
| 3 Symboles | 1 |
| 4 Méthodes de conception sismique | 2 |
| 5 Conception sismique selon la méthode du coefficient sismique modifié | 3 |
| 5.1 Généralités..... | 3 |
| 5.2 Détermination du coefficient sismique horizontal de calcul, K_H | 3 |
| 5.2.1 Généralités..... | 3 |
| 5.2.2 Détermination de l'accélération normalisée de base A_{bg} | 4 |
| 5.2.3 Détermination du coefficient de l'amplification due au sous-sol, β_2 | 4 |
| 5.2.4 Détermination du coefficient de réponse en accélération, β_3 | 5 |
| 5.3 Détermination du coefficient sismique vertical de calcul K_V | 9 |
| 5.4 Détermination des charges sismiques de calcul..... | 9 |
| 5.4.1 Calcul des accélérations sismiques..... | 9 |
| 5.4.2 Calcul des efforts sismiques..... | 10 |
| 6 Conception sismique basée sur la méthode du spectre de réponse maximale | 10 |
| 6.1 Généralités..... | 10 |
| 6.2 Procédure de calcul de la réponse sismique globale (TSR)..... | 11 |
| 7 Combinaisons des effets sismiques et non-sismiques | 12 |
| 7.1 Généralités..... | 12 |
| 7.2 Vérification de la résistance statique: combinaisons de charges selon l'ISO 8686-1..... | 13 |
| 7.3 Vérification de la résistance statique: combinaisons de charges selon la méthode SRSS..... | 13 |
| 7.4 Vérification de la stabilité globale..... | 13 |
| 7.5 Vérification d'aptitude des charpentes d'appareil de levage..... | 14 |
| Annexe A (informative) Logigramme de conception sismique | 15 |
| Annexe B (informative) Accélération de calcul et zones sismiques | 16 |
| Annexe C (informative) Informations relatives à la méthode du spectre de réponse maximale | 33 |
| Annexe D (informative) Méthode de la réponse temporelle et comparaison des diverses méthodes sismiques disponibles | 36 |
| Annexe E (informative) Relation entre l'accélération de base et les échelles de Mercalli et de Richter | 39 |
| Annexe F (informative) Intensité sismique verticale | 40 |
| Bibliographie | 41 |

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).

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. 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).

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 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.html

Le comité chargé de l'élaboration du présent document est l'ISO/TC 96, *Appareils de levage à charge suspendue*, sous-comité SC 10, *Conception, principes et exigences*.

La présente version corrigée de l'ISO 11031:2016 inclut les corrections suivantes:

- dans la [Formule \(9\)](#), “ a_H ” a été changé en “ a_V ” pour signifier *verticale*, pas horizontale, accélération sismique;
- en [6.2](#), dans l'étape qui décrit l'utilisation des accélérations finales du spectre de conception et des facteurs de participation en tant que données de départ pour le calcul de la réponse pour les modes sélectionnés, les directions d'axe ont été mises en italique, en tant que X, Y et Z, et une référence croisée manquante au [Tableau C.1](#) a été réinsérée.

Introduction

Une protection économiquement acceptable contre les effets d'un séisme est habituellement fondée sur deux états limites de calcul qui spécifient la réponse requise de l'appareil de levage à un séisme modéré et à un séisme violent et qui sont exprimés en termes d'état limite de service et d'état limite ultime.

- L'état limite de service (ELS) établit qu'il convient que l'appareil de levage à charge suspendue supporte les mouvements du sol dus à un séisme modéré, susceptibles de survenir sur le site pendant sa durée de vie. Les contraintes résultantes resteront dans les limites acceptées.
- L'état limite ultime (ELU) établit qu'il convient que l'appareil de levage à charge suspendue ne s'effondre pas ou ne subisse pas des formes similaires de défaillance de la charpente dues aux mouvements du sol d'un séisme violent, que la charge suspendue ou toute autre partie de l'appareil de levage ne tombe pas et que la sécurité du public, des opérateurs et des travailleurs soient sauvegardés. L'appareil de levage n'est pas supposé rester opérationnel après le séisme. Néanmoins, en cas de défaillance dans le flux d'effort principal, il est encore possible d'affaler la charge au sol après le séisme.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 11031:2016](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4b185279-d599-4e55-ab89-8e1257954cc3/iso-11031-2016)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4b185279-d599-4e55-ab89-8e1257954cc3/iso-11031-2016>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 11031:2016

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4b185279-d599-4e55-ab89-8e1257954cc3/iso-11031-2016>

Appareils de levage à charge suspendue — Principes pour une conception résistante à la sismicité

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale établit des méthodes générales de calcul des charges sismiques destinées à être utilisées telles que définies dans la série des ISO 8686 et pour la vérification d'aptitude telle que définie dans l'ISO 20332, pour la structure et les composants mécaniques des appareils de levage que définie dans l'ISO 4306.

La présente Norme internationale évalue le comportement de réponse dynamique d'un appareil de levage à charge suspendue soumis à une excitation sismique, comme fonction des caractéristiques dynamiques de l'appareil de levage à charge suspendue et de sa structure porteuse.

L'évaluation prend en considération les effets dynamiques dus aux conditions sismiques régionales ainsi que celles dues aux conditions locales à la surface du sol, à l'emplacement d'un appareil de levage.

En outre, l'évaluation tient également compte des conditions opérationnelles de l'appareil de levage à charge suspendue, ainsi que des risques résultant des dommages sismiques.

La présente Norme internationale est limitée à l'état limite de service (ELS), maintenant les contraintes dans le domaine élastique conformément à l'ISO 20332.

La présente édition ne couvre pas la vérification d'aptitude qui inclut des déformations plastiques. Lorsqu'elles sont autorisées par un accord entre le fournisseur d'appareil de levage à charge suspendue et le client, d'autres normes ou documents pertinents les prenant en compte peuvent être utilisés.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4b185279-d599-4e55-ab89-8e1257954cc3/iso-11031-2016>

2 Références normatives

Les documents suivants, entièrement ou en partie, sont référencés de façon normative dans le présent document et sont indispensables à son application. 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 4306 (toutes les parties), *Appareils de levage à charge suspendue — Vocabulaire*

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

ISO 20332, *Appareils de levage à charge suspendue — Vérification d'aptitude des charpentes en acier*

3 Symboles

Les principaux symboles utilisés dans la présente Norme internationale sont donnés dans le [Tableau 1](#).

Tableau 1 — Principaux symboles

| Symbole | Description |
|------------------|--|
| K_H | Coefficient sismique horizontal de calcul |
| K_V | Coefficient sismique vertical de calcul |
| A_{bg} | Accélération normalisée de base |
| A_{sg} | Accélération normalisée à la surface du sol |
| f_{con} | Facteur de conversion |
| f_{rec} | Facteur de récurrence |
| β_2 | Coefficient de l'amplification due au sous-sol |
| β_3 | Coefficient de réponse en accélération |
| β_3^* | Coefficient de base de réponse en accélération β_3 de l'appareil de levage à charge suspendue dont le taux d'amortissement est de 0,025 et qui est donné par la Figure 2 |
| γ_n | Coefficient de risque |
| η | Coefficient de correction d'amortissement |
| δ | Coefficient d'amplification de la réponse |
| ζ | Taux d'amortissement |
| c | Facteur d'influence verticale |
| F_H | Effort sismique horizontal de calcul |
| F_V | Effort sismique vertical de calcul |
| F_{RH}, F_{RV} | Efforts sismiques (horizontal et vertical) sur une charge suspendue |

4 Méthodes de conception sismique

Il y a trois principales méthodes d'analyse de réponse sismique utilisées dans la conception sismique:

- la méthode du coefficient sismique modifié,
- la méthode du spectre de réponse maximale,
- la méthode de la réponse temporelle.

Avec la *méthode du coefficient sismique modifié*, les efforts sismiques quasi statiques appliqués sont calculés comme étant les produits des coefficients sismiques par les masses de l'appareil de levage. L'évaluation des coefficients sismiques tient compte de l'emplacement géographique de l'appareil de levage, de ses caractéristiques sismiques, des caractéristiques dynamiques de base de l'appareil de levage, à savoir la fréquence ou la période propre et des caractéristiques d'amortissement, selon trois directions principales orthogonales de l'appareil de levage (une verticale et deux horizontales).

Cette méthode constitue la base de la présente Norme internationale du fait de sa simplicité (voir [Article 5](#)) et sa procédure est exécutée comme faisant partie du processus itératif de conception décrit dans le logigramme de l'[Annexe A](#).

La *méthode du spectre de réponse maximale* (voir [Article 6](#)) est une méthode alternative d'analyse de réponse sismique utilisée lorsque:

- une réponse sismique de l'appareil de levage plus précise que celle déterminée par la méthode du coefficient sismique modifié est requise,
- le coût des ressources nécessaires en calcul numérique est économiquement acceptable.

Son application est limitée aux systèmes linéaires et aux systèmes dont les éventuelles non-linéarités peuvent être négligées.

La méthode du spectre de réponse maximale calcule en premier lieu les fréquences ou périodes propres ainsi que les formes modales associées de l'appareil de levage. Les efforts sismiques et la réponse de

l'appareil de levage sont ensuite calculés pour les modes de vibrations sélectionnés de la charpente de l'appareil de levage, à partir des accélérations de réponse maximales (choisies à partir des spectres de réponse maximale qui prennent également en compte les caractéristiques sismiques au niveau de l'emplacement géographique de l'appareil et les caractéristiques d'amortissement de la charpente de l'appareil) associées aux formes modales calculées, aux fréquences et à la répartition de masse de l'appareil de levage.

La *méthode de la réponse temporelle* est la troisième méthode possible pour l'analyse de réponse sismique. Elle n'est employée que si:

- une réponse sismique précise de l'appareil de levage est acceptable (voir [Annexe D](#)),
- des éventuelles non-linéarités (dues au comportement du matériau telles que des déformations plastiques et des contraintes ou des non-linéarités de comportement dynamique telles que des jeux, des frottements, des galets décollant de leurs rails ou des câbles détendus, etc...) doivent être prises en considération,
- le coût associé aux exigences de grande capacité de calcul est acceptable.

La méthode de la réponse temporelle évalue la réponse sismique en résolvant les formules de mouvements par intégration numérique pas à pas dans le temps, pour la charpente de l'appareil de levage et pour l'excitation sismique considérées, sélectionnées pour représenter la condition sismique à l'emplacement géographique de l'appareil de levage.

5 Conception sismique selon la méthode du coefficient sismique modifié

5.1 Généralités

Dans cette méthode, les efforts et accélérations sismiques agissant sur l'appareil de levage sont calculés en utilisant les coefficients sismiques horizontal et vertical K_H et K_V . Pour les appareils de levage exposés à des risques accrus, le coefficient de risque, γ_n , doit être appliqué avec une valeur supérieure à un, conformément à [l'Article 7](#).

5.2 Détermination du coefficient sismique horizontal de calcul, K_H

5.2.1 Généralités

Le coefficient sismique horizontal de calcul K_H doit être calculé de la manière suivante:

$$K_H = A_{bg} \times \beta_2 \times \beta_3 \times f_{con} = A_{sg} \times \beta_3 \times f_{con} \quad (1)$$

où

A_{bg} est l'accélération normalisée de base (voir [5.2.2](#));

A_{sg} est l'accélération normalisée à la surface du sol;

β_2 est le coefficient de l'amplification due au sous-sol (voir [5.2.3](#));

β_3 est le coefficient de réponse en accélération (voir [5.2.4](#)).

f_{con} est le coefficient de conversion $f_{con} = 0,16$ pour une période de retour de 475 ans (voir [5.2.2](#)) convertie à 72 ans, appropriée pour l'état limite de service (ELS) d'un appareil de levage résistant à la sismicité

Il est considéré que la direction des accélérations normalisées, A_{bg} et A_{sg} , est arbitraire sauf si des considérations sismologiques établissent le contraire. Lorsque la direction est arbitraire, elle doit être appliquée de manière à produire l'effet maximal.

5.2.2 Détermination de l'accélération normalisée de base A_{bg}

L'accélération normalisée de base A_{bg} est calculée à l'aide de la [Formule \(2\)](#) ci-dessous:

$$A_{bg} = a_g / g \times f_{rec} \quad (2)$$

où

a_g est l'accélération de base horizontale maximale, en m/s^2 (voir [Annexe B](#));

g est l'accélération due à la pesanteur, en m/s^2 ;

f_{rec} est un facteur dépendant de l'intervalle de récurrence R ; pour la conception de l'appareil de levage, en général, un séisme de conception susceptible de se produire une fois par intervalle de 100 à 475 ans (de $R = 100$ jusqu'à $R = 475$) peut être sélectionné:

$f_{rec} = 1,0$ pour $R = 475$; il s'agit de la valeur par défaut,

$f_{rec} = 0,5$ pour $R = 100$; utilisé uniquement pour les appareils de levage voués à une utilisation temporaire sur différents sites.

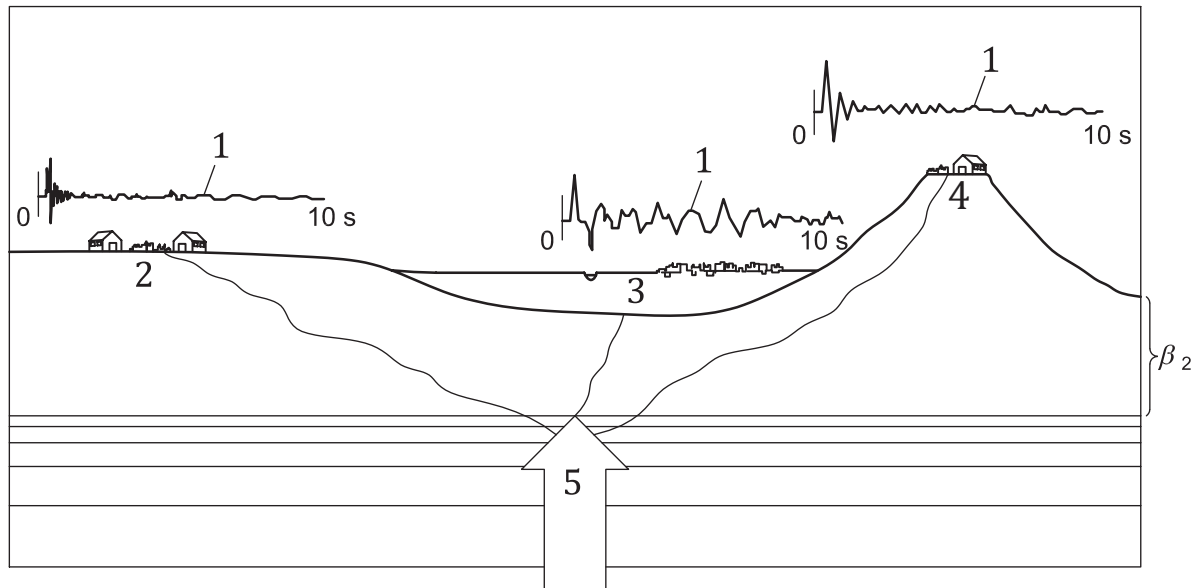
Voir l'[Annexe B](#) pour des valeurs suggérées de A_{bg} et A_{sg} pour différents pays, tenant compte de l'historique des dommages sismiques régionaux et de l'activité sismique régionale.

Les accélérations A_{bg} et A_{sg} présentées en [B.1](#) sont basées sur une période de retour de 475 ans ($f_{rec} = 1,0$).

NOTE 475 ans correspondent à la période de retour la plus reconnue, utilisée parmi les données sismiques disponibles.

5.2.3 Détermination du coefficient de l'amplification due au sous-sol, β_2

Le coefficient de l'amplification due au sous-sol reflète l'influence de la surface du sol sur l'intensité et les fréquences de l'excitation sismique. Le principe de cette influence est illustré à la [Figure 1](#).



Légende

- 1 effet sismique en surface (sismogrammes enregistrés), représenté par A_{sg} dans la présente Norme internationale
- 2 roche
- 3 sol meuble à moyennement dur
- 4 sol dur (tassé)
- 5 accélérations normalisées de base A_{bg} (en fonction du substratum rocheux sismique)

Figure 1 — Illustration du coefficient de l'amplification due au sous-sol (β_2)

ISO 11031:2016

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4b185279-d599-4e55-ab89-861257954cc5/iso-11031-2016>

Dans le [Tableau 2](#), les catégories de sous-sol sont classées en fonction de $v_{s,30}$, qui est la vitesse moyenne des ondes de cisaillement dans la couche supérieure du sol profonde de 30 m. Les valeurs de β_2 doivent être sélectionnées à partir de ce tableau, pour la catégorie de sous-sol à l'emplacement de l'appareil de levage.

Tableau 2 — Détermination et valeurs de β_2

| Catégorie | Sous-sol | Vitesse des ondes de cisaillement $v_{s,30}$ m/s | β_2 |
|-------------|---|--|-----------|
| Catégorie 0 | Roche | $v_{s,30} > 800$ | 1,0 |
| Catégorie 1 | Sol dur composé de couches de sols sablonneux durs où les types de sol situés au-dessus de la roche sont constitués de dépôts stables de sable, de gravier ou d'argile consolidée | $360 < v_{s,30} \leq 800$ | 1,4 |
| Catégorie 2 | Sol moyen, n'appartenant pas aux catégories 1 et 3 | $180 < v_{s,30} \leq 360$ | 1,6 |
| Catégorie 3 | Sol meuble à moyennement dur composé de couches de sols alluviaux ou de couches de sols boueux caractérisés par environ 30 m ou plus de dépôt meuble à moyennement dur | $v_{s,30} \leq 180$ | 2,0 |

5.2.4 Détermination du coefficient de réponse en accélération, β_3

5.2.4.1 Généralités

La valeur du coefficient de réponse en accélération, β_3 , doit être déterminée comme une fonction:

- des caractéristiques dynamiques de la structure porteuse de l'appareil de levage, le cas échéant,

- de la fréquence ou de la période du mode le plus significatif de l'appareil de levage dans la direction considérée,
- du taux d'amortissement de ce même mode, et
- de la catégorie de sous-sol à l'emplacement de l'appareil de levage.

Les modes les plus significatifs de l'appareil de levage sont sélectionnés à partir des périodes ou fréquences propres déterminées par mesurage ou par calcul, en utilisant les techniques de calcul numérique reconnues.

β_3 doit être défini de la manière suivante:

$$\beta_3 = \beta_3^* \times \eta \times \delta \quad (3)$$

où

β_3^* est le coefficient de base de réponse en accélération (voir [5.2.4.2](#));

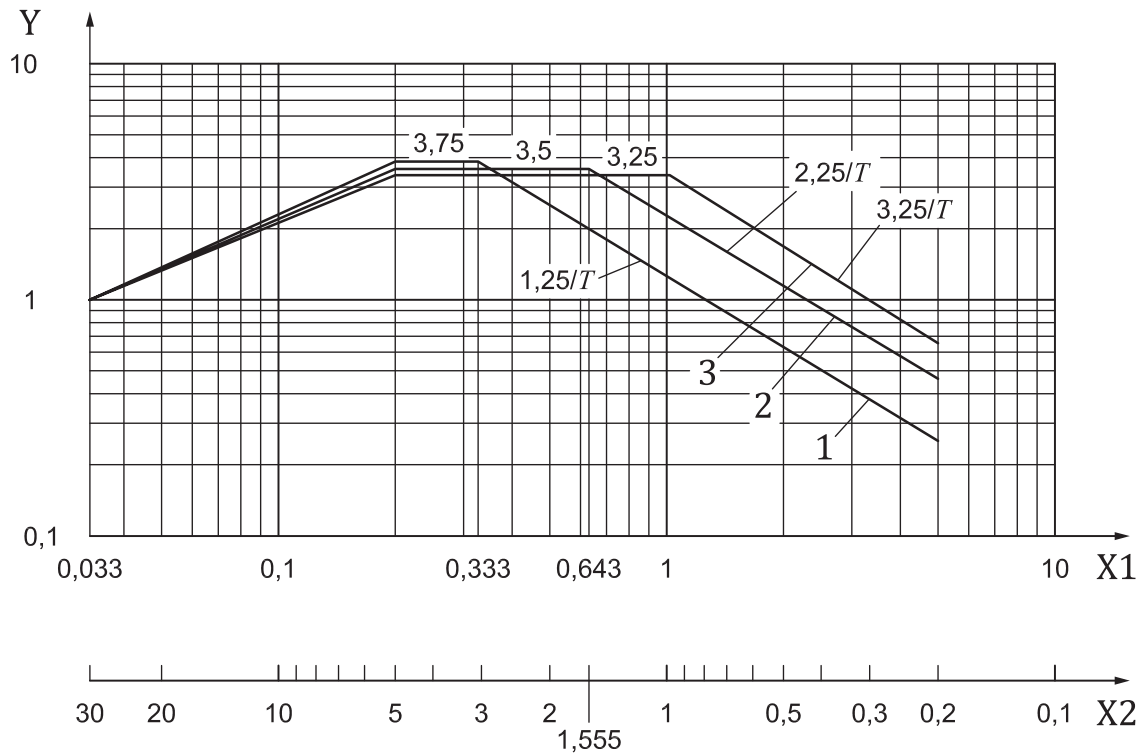
η est le coefficient de correction d'amortissement (voir [5.2.4.3](#));

δ est le rapport d'amplification de la réponse (voir [5.2.4.4](#)).

5.2.4.2 Coefficient de base de réponse en accélération β_3^*

β_3^* est le coefficient de base de réponse en accélération de la charpente d'un appareil de levage avec un taux d'amortissement de 0,025.

Ses valeurs dépendant de la période ou de la fréquence propre de l'appareil de levage et de la catégorie de sous-sol à l'emplacement de l'appareil de levage sont indiquées à la [Figure 2](#).



Légende

- 1 catégories de sous-sol 0 et 1
- 2 catégorie de sous-sol 2
- 3 catégorie de sous-sol 3

X1 Axe pour la période propre T_c [s] de la charpente de l'appareil de levage

X2 axe pour la fréquence propre f_c [Hz] de la charpente de l'appareil de levage

Y axe du coefficient de base de réponse en accélération β_3^*

Figure 2 — Facteur β_3^* (dépendant de la période ou de la fréquence propre de l'appareil de levage et de la catégorie de sous-sol à l'emplacement de l'appareil de levage)

5.2.4.3 Coefficient de correction d'amortissement, η

Le coefficient de correction d'amortissement η utilisé dans la [Formule \(3\)](#) doit être défini en fonction du taux d'amortissement ζ de la charpente de l'appareil de levage, comme indiqué dans le [Tableau 3](#).

Tableau 3 — Coefficient de correction d'amortissement, η

| Taux d'amortissement, ζ | 0,01 | 0,015 | 0,02 | 0,025 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,1 |
|-------------------------------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|
| η | 1,24 | 1,15 | 1,06 | 1,0 | 0,94 | 0,87 | 0,80 | 0,62 |

Les valeurs types du taux d'amortissement pour les charpentes, avec des éléments généralement soumis à une contrainte en-dessous de 50 % de leur limite d'élasticité, sont $\zeta = 0,025$ pour les constructions soudées, $\zeta = 0,04$ pour les constructions boulonnées et $\zeta = 0,03$ pour les constructions mixtes, soudées et boulonnées. Des taux d'amortissement plus importants peuvent être utilisés pour les mêmes types de constructions soumises à des contraintes au-dessus de 50 % de la limite d'élasticité du matériau.

Lorsqu'un mode de défaillance par flambage contrôle la conception, des niveaux plus hauts d'amortissement ne doivent pas être utilisés.