NORME INTERNATIONALE

**ISO 19901-2**

Deuxième édition
2017-11

# Industries du pétrole et du gaz naturel — Exigences spécifiques relatives aux structures en mer —

## Partie 2: Procédures de conception et critères sismiques

*Petroleum and natural gas industries — Specific requirements for offshore structures —*

*Part 2: Seismic design procedures and criteria*

Numéro de référence
ISO 19901-2:2017(F)

© ISO 2017



## DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2017, 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 Termes et définitions** ..... **2**
**4 Symboles et abréviations** ..... **5**
4.1 Symboles ..... 5
4.2 Abréviations ..... 7
**5 Aléas associés aux séismes** ..... **7**
**6 Principes et méthodologie de conception parasismique** ..... **8**
6.1 Principes de conception ..... 8
6.2 Procédures de conception parasismique ..... 8
6.2.1 Généralités ..... 8
6.2.2 Conception parasismique de niveau extrême ..... 9
6.2.3 Conception parasismique de niveau anormal ..... 11
6.3 Données d'accélération spectrale ..... 11
6.4 Catégorie de risque sismique ..... 12
6.5 Exigences de conception parasismique ..... 13
6.6 Reconnaissance de site ..... 13
**7 Procédure d'action sismique simplifiée** ..... **14**
7.1 Classification des sols et forme spectrale ..... 14
7.2 Procédure d'action sismique ..... 18
**8 Procédure d'action sismique détaillée** ..... **19**
8.1 Évaluation de l'aléa sismique spécifique au site ..... 19
8.2 Analyse probabiliste de l'aléa sismique ..... 19
8.3 Analyse déterministe de l'aléa sismique ..... 20
8.4 Procédure d'action sismique ..... 22
8.5 Analyses de la réponse locale du site ..... 25
**9 Exigences de performance** ..... **25**
9.1 Performance ELE ..... 25
9.2 Performance ALE ..... 26
**Annexe A** (informative) **Informations supplémentaires et préconisations** ..... **27**
**Annexe B** (informative) **Accélérations spectrales de la procédure d'action simplifiée** ..... **38**
**Annexe C** (informative) **Informations régionales** ..... **49**
**Bibliographie** ..... **53**

© ISO 2017 – Tous droits réservés

# 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 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).

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/avant-propos.

Le comité chargé de l'élaboration du présent document est l'ISO/TC 67, *Matériel, équipement et structures en mer pour les industries pétrolière, pétrochimique et du gaz naturel*, sous-comité SC 7, *Structures en mer*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 19901-2:2004), qui a fait l'objet d'une révision technique.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 19901 se trouve sur le site Web de l'ISO.


© ISO 2017 – Tous droits réservés

# Introduction

La série de Normes internationales applicables aux différents types de structures en mer, ISO 19900 à ISO 19906, constitue une base commune d'exigences relatives à la conception et d'évaluations de toutes les structures en mer utilisées par les industries du pétrole et du gaz naturel dans le monde entier. À travers leur application, l'intention est de parvenir à des niveaux de fiabilité appropriés pour les structures en mer habitées et non habitées, quels que soient le type de structure et la nature ou la combinaison des matériaux utilisés.

Il est important de reconnaître que l'intégrité structurelle est un concept global comprenant des modèles pour décrire des actions, des analyses structurelles, des règles de conception ou d'évaluation, des éléments de sécurité, une qualité d'exécution, des procédures de contrôle de la qualité et des exigences nationales, tous ces éléments étant mutuellement dépendants. La modification isolée d'un aspect de conception ou d'évaluation peut perturber l'équilibre de la fiabilité inhérent au concept global ou au système structurel. Les implications relatives aux modifications doivent ainsi être considérées en relation avec la fiabilité d'ensemble de tous les systèmes structuraux en mer.

La série des Normes internationales applicables aux différents types de structure en mer a pour intention de laisser une grande latitude dans le choix des configurations structurelles, des matériaux et des techniques, sans nuire à l'innovation. Une solide capacité de jugement en termes d'ingénierie est donc nécessaire pour l'utilisation de ces Normes internationales.

Le concept global d'intégrité structurelle est décrit ci-dessus. Certains facteurs supplémentaires doivent être pris en compte pour la conception parasismique. Ceux-ci comprennent la magnitude et la probabilité des événements sismiques, l'utilisation et l'importance de la structure en mer, la robustesse de la structure considérée et les dommages admissibles causés par des actions sismiques ayant différentes probabilités d'occurrence. Toutes ces informations, ainsi que toute autre information pertinente, doivent être considérées dans le cadre de la fiabilité globale de la structure.

Les conditions sismiques varient fortement en fonction de la situation géographique et les critères de conception dépendent principalement des observations d'événements sismiques historiques, ainsi que du contexte sismotectonique. Dans bien des cas, des études d'évaluation de l'aléa sismique spécifiques au site seront requises pour réaliser la conception ou l'évaluation d'une structure.

L'objectif du présent document est de fournir des procédures générales de conception parasismique pour différents types de structures en mer et un cadre pour la détermination des critères de sismicité. D'autres exigences sont énoncées dans les exigences générales de la norme ISO 19900 et dans les normes spécifiques relatives aux structures: ISO 19902, ISO 19903, ISO 19904 et ISO 19906. La prise en compte des événements sismiques dans l'évaluation des unités mobiles en mer est traitée dans l'ISO 19905.

L'Annexe A fournit un contexte et des préconisations concernant l'utilisation du présent document. La numérotation des paragraphes de l'Annexe A est identique à celle du texte normatif afin de faciliter le repérage.

L'Annexe B fournit des informations régionales sur les accélérations sismiques prévues pour les zones en mer.

© ISO 2017 – Tous droits réservés

# Industries du pétrole et du gaz naturel — Exigences spécifiques relatives aux structures en mer —

## Partie 2:
## Procédures de conception et critères sismiques

### 1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les exigences relatives à la définition des procédures et critères de conception parasismique pour les structures en mer; les préconisations concernant les exigences sont indiquées dans l'Annexe A. Les exigences portent sur les structures en mer fixes en acier et en béton. Les effets d'événements sismiques sur les structures flottantes et partiellement flottantes sont brièvement décrits. L'évaluation, spécifique au site, des plates-formes auto-élévatrices en situation surélevée est uniquement traitée dans le présent document dans la mesure où les exigences sont applicables.

Seuls les mouvements du sol induits par des séismes sont traités en détail. D'autres risques géologiques tels que la liquéfaction, l'instabilité des pentes, les failles, les tsunamis, les volcans de boue et les ondes de choc sont également mentionnés et brièvement décrits.

Les exigences sont destinées à réduire les risques encourus par les personnes, l'environnement et les installations au niveau de risque le plus bas qui soit raisonnablement réalisable. Cette intention est atteinte à l'aide:

a) de procédures de conception parasismique qui dépendent du niveau d'exposition de la structure en mer et de l'intensité prévue des événements sismiques;

b) d'un contrôle de conception parasismique à deux niveaux, dans lequel la structure est conçue selon l'état limite ultime (ULS) en termes de résistance et de rigidité avant d'être confrontée à des événements environnementaux anormaux ou à l'état limite anormal (ALS), afin de garantir qu'elle satisfait aux exigences de résistance de réserve et de dissipation d'énergie.

Les procédures et exigences s'appliquant à la réalisation d'une analyse probabiliste de l'aléa sismique (PSHA), spécifique au site, sont exposées pour les structures en mer installées dans des zones à forte activité sismique et/ou fortement exposées. Cependant, ces procédures de l'étude PSHA ne sont pas expliquées de manière approfondie.

Lorsqu'une approche de conception simplifiée est admise, des cartes internationales, incluses dans l'Annexe B, indiquent l'intensité des secousses en mer pour une période de retour de 1 000 ans. Dans de tels cas, ces cartes peuvent être utilisées avec des facteurs d'échelle correspondants afin de déterminer les actions sismiques appropriées pour la conception d'une structure.

Pour la conception des structures en mer fixes en acier, d'autres exigences spécifiques et des valeurs recommandées des paramètres de conception (par exemple facteurs d'action partiels et de résistance) sont indiquées dans l'ISO 19902, tandis que celles relatives aux structures en mer fixes en béton sont énoncées dans l'ISO 19903. L'ISO 19904 intègre des exigences parasismiques relatives aux structures flottantes, l'ISO 19905 (toutes les parties) des exigences relatives à l'évaluation spécifique au site de plates-formes auto-élévatrices et autres MOU, l'ISO 19906 des exigences relatives aux structures arctiques et l'ISO 19901-3 des exigences relatives aux superstructures.

### 2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les

© ISO 2017 – Tous droits réservés

références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 19900, *Industries du pétrole et du gaz naturel — Exigences générales pour les structures en mer*

ISO 19901-8, *Industries du pétrole et du gaz naturel — Exigences spécifiques relatives aux structures en mer — Partie 8: Investigations des sols en mer*

ISO 19902, *Industries du pétrole et du gaz naturel — Structures en mer fixes en acier*

ISO 19903, *Industries du pétrole et du gaz naturel — Structures en mer en béton*

## 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 19900 ainsi que les 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:

— IEC Electropedia: disponible à l'adresse http://www.electropedia.org/

— ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse https://www.iso.org/obp

**3.1**
**séisme de niveau anormal**
**ALE**
séisme intense de sévérité anormale avec une très faible probabilité d'occurrence au cours de la durée de vie de la structure

Note 1 à l'article: L'événement ALE est comparable aux événements anormaux dans la conception de structures fixes qui sont décrits dans l'ISO 19902 et l'ISO 19903.

**3.2**
**atténuation**
déclin des ondes sismiques au cours de leur propagation depuis leur source jusqu'au site considéré

**3.3**
**combinaison directionnelle**
combinaison des valeurs de réponse issues de chacune des trois composantes orthogonales des mouvements du sol induits par des séismes

**3.4**
**voies et système d'évacuation**
système installé sur une structure en mer pour faciliter l'évacuation en cas d'urgence

EXEMPLE Passages, goulottes, échelles, canots de sauvetage et ponts d'envol des hélicoptères.

**3.5**
**séisme de niveau extrême**
**ELE**
séisme majeur avec une probabilité raisonnable d'occurrence au cours de la durée de vie de la structure

Note 1 à l'article: L'événement ELE est comparable aux événements environnementaux extrêmes dans la conception de structures fixes qui sont décrits dans l'ISO 19902 et l'ISO 19903.

**3.6**
**mouvement de faille**
mouvement se produisant au niveau d'une faille au cours d'un séisme


© ISO 2017 – Tous droits réservés

**3.7**
**mouvement sismique du sol**
accélérations, vitesses ou déplacements du sol générés par les ondes sismiques se propageant à partir de l'hypocentre des séismes

Note 1 à l'article: Les fondations d'une structure en mer fixe reposent dans ou sur le *sous-sol marin* (3.17); par conséquent, seuls les mouvements sismiques du sous-sol marin ont de l'importance. Le terme «mouvements sismiques du sol» est préféré à «mouvements sismiques du sous-sol marin» par souci de cohérence avec la terminologie utilisée dans le domaine de la conception parasismique pour les structures à terre.

Note 2 à l'article: Les mouvements sismiques du sol peuvent se produire à une profondeur spécifique ou sur une zone spécifique du sous-sol marin.

**3.8**
**liquéfaction**
fluidisation d'un sol en raison de l'augmentation des pressions interstitielles générée par l'action du séisme dans des conditions non drainées

**3.9**
**combinaison modale**
combinaison des valeurs de réponse associées à chaque mode dynamique d'une structure

**3.10**
**volcan de boue**
intrusion diapirique d'argile plastique provoquant des suintements d'eau et de gaz sous haute pression qui font remonter de la boue, des fragments de roche (et occasionnellement du pétrole) à la surface

Note 1 à l'article: Un volcan de boue se présente sur le fond marin sous la forme d'un cône de boue duquel s'échappe du gaz en continu ou de manière sporadique.

**3.11**
**analyse probabiliste de l'aléa sismique**
**PSHA**
cadre d'étude permettant l'identification, la quantification et la combinaison rationnelle des incertitudes relatives à l'intensité des séismes, leurs emplacements, leurs taux de récurrence et les variations dans les caractéristiques des *mouvements sismiques du sol* (3.7)

**3.12**
**probabilité de dépassement**
probabilité qu'une variable (ou un événement) dépasse un niveau de référence spécifié pour un temps d'exposition donné

EXEMPLE Les probabilités annuelles de dépassement d'une certaine magnitude d'accélération sismique du sol, de vitesse du sol ou de déplacement du sol sont des exemples de probabilité de dépassement au cours d'un temps d'exposition donné.

**3.13**
**réponse spectrale**
fonction représentant la réponse élastique maximale des oscillateurs à un seul degré de liberté avec un rapport d'amortissement spécifique en termes d'accélération absolue, de pseudo-vitesse ou de valeurs de déplacement relatives en fonction de la fréquence naturelle ou de la période des oscillateurs

**3.14**
**système de sécurité**
système installé sur une structure en mer, destiné à détecter, maîtriser et réduire au minimum les situations dangereuses

EXEMPLE Dispositifs de détection de gaz, d'arrêt d'urgence, de protection contre les incendies et leurs systèmes de commande.

© ISO 2017 – Tous droits réservés

**3.15**
**fond marin**
interface entre la mer et le *sous-sol marin* (3.17)

**3.16**
**glissement du sous-sol marin**
effondrement des pentes du *sous-sol marin* (3.17)

**3.17**
**sous-sol marin**
matériaux situés sous le *fond marin* (3.15) dans lesquels reposent les fondations de la structure

**3.18**
**catégorie de risque sismique**
**SRC**
catégorie définie à partir du niveau d'exposition et de l'intensité prévue des mouvements sismiques

**3.19**
**courbe d'aléa sismique**
courbe indiquant la *probabilité de dépassement* (3.12) annuelle en fonction d'une mesure de l'intensité sismique

Note 1 à l'article: Les mesures d'intensité sismique peuvent comprendre des paramètres tels que l'accélération maximale du sol, l'*accélération spectrale* (3.22) ou la *vitesse spectrale* (3.23).

**3.20**
**coefficient de capacité de réserve sismique**
coefficient indiquant l'aptitude de la structure à supporter les mouvements sismiques du sol au-delà du niveau de l'*ELE* (3.5)

Note 1 à l'article: Le coefficient de capacité de réserve sismique est une propriété spécifique à la structure qui est utilisée pour déterminer l'accélération ELE à partir de l'accélération *ALE* (3.1).

**3.21**
**analyse de la réponse du site**
analyse de la propagation des ondes permettant d'évaluer l'effet des conditions géologiques locales et des conditions de sol sur les *mouvements sismiques du sol* (3.7) au fur et à mesure que les ondes se propagent du fond vers la surface au niveau du site

**3.22**
**accélération spectrale**
réponse maximale de l'accélération absolue d'un oscillateur à un seul degré de liberté soumis à des *mouvements du sol* (3.7) induits par un séisme

**3.23**
**vitesse spectrale**
réponse maximale de la pseudo-vitesse d'un oscillateur à un seul degré de liberté soumis à des *mouvements du sol* (3.7) induits par un séisme

Note 1 à l'article: Le spectre de pseudo-vitesse est calculé en factorisant les spectres de déplacement ou d'accélération respectivement par la fréquence angulaire de l'oscillateur ou l'inverse de sa fréquence. Le pseudo-spectre est relatif ou absolu, selon le type de spectres de réponse factorisés.

**3.24**
**déplacement spectral**
réponse maximale du déplacement relatif d'un oscillateur à un seul degré de liberté soumis à des *mouvements du sol* (3.7) induits par un séisme


© ISO 2017 – Tous droits réservés

**3.25**
**méthode statique en poussée progressive**
**analyse statique en poussée progressive**
application et augmentation progressive d'un ensemble global d'actions statiques sur une structure, y compris des actions inertielles dynamiques équivalentes, jusqu'à l'apparition d'un mécanisme global de rupture

**3.26**
**tsunami**
vagues de mer de longue période dues à de rapides mouvements verticaux du *fond marin* (3.15)

Note 1 à l'article: Le mouvement vertical du fond marin est souvent associé à une rupture de faille pendant les séismes ou à des *glissements du sous-sol marin* (3.16).

# 4 Symboles et abréviations

## 4.1 Symboles

| | |
|---|---|
| $a_R$ | pente de la courbe d'aléa sismique |
| $C_a$ | coefficient de site, un facteur de correction appliqué à la partie accélération (périodes plus courtes) d'une réponse spectrale |
| $C_c$ | facteur de correction appliqué à l'accélération spectrale pour tenir compte des incertitudes non prises en compte dans une courbe d'aléa sismique |
| $C_r$ | coefficient de capacité de réserve sismique, voir les Formules (7) et (10) |
| $C_v$ | coefficient de site, un facteur de correction appliqué à la partie vitesse (périodes plus longues) d'une réponse spectrale |
| $s_u$ | résistance au cisaillement non drainé du sol |
| $\bar{s}_u$ | résistance au cisaillement non drainé moyenne du sol dans le sous-sol marin effectif |
| $D$ | facteur d'échelle pour l'amortissement |
| $G_{max}$ | module de cisaillement à faible amplitude du sol |
| $g$ | accélération due à la pesanteur |
| $M$ | magnitude d'un séisme mesurée par l'énergie libérée à sa source |
| $N_{ALE}$ | facteur d'échelle pour convertir le spectre d'accélération du site à 1 000 ans de période de retour en spectre d'accélération ALE du site |
| $p_a$ | pression atmosphérique |
| $P_{ALE}$ | probabilité annuelle de dépassement pour l'événement ALE |
| $P_e$ | probabilité de dépassement |
| $P_{ELE}$ | probabilité annuelle de dépassement pour l'événement ELE |
| $P_f$ | objectif de probabilité annuelle de défaillance |
| $q_c$ | résistance à la pénétration au cône du sable |
| $q_{cl}$ | résistance normalisée à la pénétration au cône du sable |

© ISO 2017 – Tous droits réservés