

---

---

**Industries du pétrole et du gaz naturel —  
Matériaux pour utilisation dans des  
environnements contenant de  
l'hydrogène sulfuré (H<sub>2</sub>S) dans la  
production de pétrole et de gaz**

Partie 1:

**Principes généraux pour le choix des  
matériaux résistant au craquage**

*Petroleum and natural gas industries — Materials for use in H<sub>2</sub>S-  
containing environments in oil and gas production  
Part 1: General principles for selection of cracking-resistant materials*



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

ISO 15156-1:2009

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ff4d1241-4b1c-4723-ac2b-1df94bd9b7f0/iso-15156-1-2009>



### DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2009

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

Version française parue en 2011

Publié en Suisse

**Sommaire**

Page

Avant-propos .....	iv
Introduction.....	v
1 <b>Domaine d'application</b> .....	1
2 <b>Références normatives</b> .....	2
3 <b>Termes et définitions</b> .....	3
4 <b>Termes abrégés</b> .....	6
5 <b>Principes généraux</b> .....	6
6 <b>Évaluation et définition des conditions de service en vue de la sélection des matériaux</b> .....	7
7 <b>Sélection des matériaux, résistants à la SSC/à la SCC, en présence de sulfures, à partir des listes et tableaux existants</b> .....	8
8 <b>Qualification de matériaux pour service H<sub>2</sub>S</b> .....	8
9 <b>Rapport de la méthode de sélection ou de qualification</b> .....	10
Bibliographie.....	12

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

[ISO 15156-1:2009](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ff4d1241-4b1c-4723-ac2b-1df94bd9b7f0/iso-15156-1-2009)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ff4d1241-4b1c-4723-ac2b-1df94bd9b7f0/iso-15156-1-2009>

## 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 15156-1 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 67, *Matériel, équipement et structures en mer pour les industries pétrolière, pétrochimique et du gaz naturel*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 15156-1:2001), dont elle constitue une révision mineure, en particulier par rapport aux éléments suivants:

- l'insertion de modifications dans le Tableau 1 en accord avec la version présentée dans l'ISO 15156-2 et l'ISO 15156-3,
- l'insertion de modifications à l'Article 5 pour mieux expliquer les rôles des utilisateurs dans le cadre de la sélection, de la fourniture et de l'utilisation des matériaux,
- le remplacement de l'expression «matériau pré-qualifié».

L'ISO 15156 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Industries du pétrole et du gaz naturel — Matériaux pour utilisation dans des environnements contenant de l'hydrogène sulfuré (H<sub>2</sub>S) dans la production de pétrole et de gaz*:

- *Partie 1: Principes généraux pour le choix des matériaux résistant au craquage*
- *Partie 2: Aciers au carbone et aciers faiblement alliés résistants à la fissuration, et utilisation de fontes*
- *Partie 3: ARC (alliages résistants à la corrosion) et autres alliages résistants à la fissuration*

## Introduction

Les conséquences de la rupture soudaine des composants métalliques des champs de pétrole et de gaz naturel, associée à leur exposition à des fluides de production contenant de l'hydrogène sulfuré (H<sub>2</sub>S), ont conduit à l'élaboration de la première édition de la NACE MR0175. Cette norme a été publiée en 1975 par la National Association of Corrosion Engineers (Association Nationale des Ingénieurs en Prévention de la Corrosion), connue désormais sous l'appellation NACE International.

La première édition ainsi que les éditions suivantes de la NACE MR0175 ont établi des limites de pression partielle de H<sub>2</sub>S au-delà desquelles des mesures contre la rupture différée par H<sub>2</sub>S (SSC: *sulfide stress cracking*) ont toujours été jugées nécessaires. Elles ont également fourni des lignes directrices concernant la sélection et la spécification de matériaux résistants à ce type de fissuration lors du dépassement des seuils de H<sub>2</sub>S. Des éditions plus récentes de la NACE MR0175 ont également spécifié des limites de résistance pour certains matériaux métalliques résistants à la corrosion, en termes de composition et de pH de milieu, de température et de pressions partielles de H<sub>2</sub>S.

La Fédération Européenne de la Corrosion (EFC, *European Federation of Corrosion*) a publié séparément la Publication EFC 16 en 1995 et la Publication EFC 17 en 1996. Ces documents sont généralement complémentaires de ceux de la NACE, bien que différents dans leur objet et leur contenu.

En 2003, la publication des trois parties de l'ISO 15156 et de la NACE MR0175/ISO 15156 a été effectuée pour la première fois. Ces documents identiques sur le plan technique ont utilisé les sources susmentionnées pour spécifier des exigences et des recommandations concernant la qualification et la sélection de matériaux destinés à être utilisés dans des milieux aqueux contenant de l'hydrogène sulfuré (H<sub>2</sub>S) en production de pétrole et de gaz naturel. Ils sont complétés par les méthodes d'essai de la NACE TM0177 et la NACE TM0284.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f4d1241-4b1c-4723-ac2b-11f101045156-15156-1:2009>

La révision de la présente partie de l'ISO 15156 implique une consolidation de toutes les modifications apportées qui ont été approuvées et publiées dans le Rectificatif technique 1, ISO 15156-1:2001/Cor.1:2005 et dans la Circulaire technique 1, ISO 15156-1:2001/Cir.1:2007(E), publiée par le Secrétariat de l'Agence de Maintenance de l'ISO 15156, au DIN, Berlin.

Les modifications ont été élaborées et approuvées par le vote des groupes représentatifs issus de l'industrie de production de pétrole et de gaz. La grande majorité de ces modifications sont issues des questions soulevées par les utilisateurs des documents. Une description du processus ayant permis l'approbation de ces modifications est disponible sur le site Web de maintenance de l'ISO 15156 [www.iso.org/iso15156maintenance](http://www.iso.org/iso15156maintenance).

Lorsque les experts de l'industrie de production de pétrole et de gaz les estiment nécessaires, les futures modifications provisoires devant être apportées à la présente partie de l'ISO 15156 seront traitées de la même manière et impliqueront des mises à jour provisoires de la présente partie de l'ISO 15156 qui se présenteront sous la forme de Rectificatifs techniques ou de Circulaires techniques. Il convient que les utilisateurs de la présente Norme soient conscients que de tels documents peuvent exister et qu'ils peuvent avoir un impact sur la validité des références datées citées dans la présente partie de l'ISO 15156.

L'Agence de Maintenance de l'ISO 15156, au DIN, a été créée après son approbation par le Bureau de Gestion Technique de l'ISO communiquée dans le document 34/2007. Ce document décrit la création de l'Agence, qui comprend des experts de la NACE, de l'EFC et de l'ISO TC 67/GT 7 ainsi que le processus d'approbation des amendements. Il est disponible sur le site Web de maintenance de l'ISO 15156 et du Secrétariat de l'ISO/TC 67. Le site Web permet également un accès aux documents concernés qui fournissent plus de détails sur les activités de maintenance de l'ISO 15156.

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

ISO 15156-1:2009

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ff4d1241-4b1c-4723-ac2b-1df94bd9b7f0/iso-15156-1-2009>

# Industries du pétrole et du gaz naturel — Matériaux pour utilisation dans des environnements contenant de l'hydrogène sulfuré (H<sub>2</sub>S) dans la production de pétrole et de gaz

## Partie 1:

## Principes généraux pour le choix des matériaux résistant au craquage

**AVERTISSEMENT** — Les matériaux métalliques sélectionnés en utilisant l'ISO 15156 résistent à la fissuration dans les conditions de service définies pour les milieux contenant de l'hydrogène sulfuré (H<sub>2</sub>S) en production de pétrole et de gaz, mais ils ne sont pas nécessairement insensibles à la fissuration en toutes conditions de service. Il est de la responsabilité de l'utilisateur des équipements de sélectionner des matériaux convenant au service voulu.

### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 15156 décrit les principes d'ordre général, spécifie des exigences et donne des recommandations concernant la sélection et la qualification de matériaux métalliques destinés à être exposés à des milieux contenant de l'hydrogène sulfuré (H<sub>2</sub>S), dans les équipements utilisés en production de pétrole et de gaz ainsi que dans les installations de traitement du gaz naturel, lorsqu'une rupture d'un équipement peut présenter un risque pour la santé et la sécurité du public et du personnel ou pour l'environnement. La présente partie de l'ISO 15156 peut aussi aider à prévenir les endommagements coûteux des équipements eux-mêmes dus à la corrosion. Elle complète, sans toutefois s'y substituer, les exigences concernant les matériaux dans les codes de construction, normes ou autres réglementations appropriés.

La présente partie de l'ISO 15156 traite de tous les mécanismes de fissuration pouvant être induits par l'hydrogène sulfuré, à savoir la rupture différée par H<sub>2</sub>S, la corrosion fissurante sous contrainte, la décohésion interne et la fissuration en gradins, la décohésion interne sous contrainte, la fissuration des zones de plus faible dureté et la rupture différée par l'hydrogène induite par couplage galvanique.

Le Tableau 1 donne une liste non exhaustive d'équipements relevant du domaine d'application de la présente partie de l'ISO 15156 et comprenant une liste d'équipements pouvant en être exclus.

La présente partie de l'ISO 15156 s'applique à la qualification et à la sélection des matériaux pour les équipements conçus et construits sur la base des critères de calcul élastiques traditionnels.

L'application de la présente partie de l'ISO 15156 ne convient pas nécessairement aux processus et équipements de raffinage ou en aval.

Tableau 1 — Liste des équipements

L'ISO 15156-1 s'applique aux matériaux utilisés avec les équipements suivants	Exclusions autorisées
Équipements de forage, de construction des puits et d'entretien des puits	Équipements exposés uniquement à des fluides de forage de composition contrôlée <sup>a</sup> Tréfans Lames de cisaille de bloc d'obturation de puits (BOP) <sup>b</sup> Systèmes de tubes prolongateurs de forage Colonnes de travail Câble de travail métallique et équipement de travail au câble <sup>c</sup> Tubes de cuvelage extérieurs et intermédiaires
Puits, y compris les équipements de subsurface, les équipements à poussée de gaz ( <i>gas lift</i> ), les têtes de puits et arbres de Noël	Pompes à tiges de pompage et tiges de pompage <sup>d</sup> Pompes submersibles électriques Autre équipement de levage artificiel Coins
Conduites, lignes de collecte, installations de terrain et unités de traitement sur le terrain	Installations de stockage et de manutention du pétrole brut fonctionnant à une pression absolue totale inférieure à 0,45 MPa (65 psi)
Matériel de traitement des eaux	Installations de traitement des eaux fonctionnant à une pression absolue totale inférieure à 0,45 MPa (65 psi) Matériel d'injection d'eau et de rejet d'eau
Installations de traitement du gaz naturel	ISO 15156-1:2009
Conduites de transport de liquides, gaz et fluides polyphasiques	Conduites de gaz conditionné pour un usage général commercial et domestique
Pour tous les équipements ci-dessus	Composants chargés uniquement par compression
<sup>a</sup> Voir l'ISO 15156-2:2009, A.2.3.2.3 pour plus d'informations. <sup>b</sup> Voir l'ISO 15156-2:2009, A.2.3.2.1 pour plus d'informations. <sup>c</sup> Les lubrificateurs des câbles de travail et les dispositifs de liaison des lubrificateurs ne sont pas des exclusions autorisées. <sup>d</sup> Pour les pompes à tiges de pompage et les tiges de pompage, se référer à la NACE MR0176.	

## 2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables à 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 (y compris les éventuels amendements) s'applique.

ISO 15156-2:2009, *Industries du pétrole et du gaz naturel — Matériaux pour utilisation dans des environnements contenant de l'hydrogène sulfuré (H<sub>2</sub>S) dans la production de pétrole et de gaz — Partie 2: Aciers au carbone et aciers faiblement alliés résistants à la fissuration, et utilisation de fontes*

ISO 15156-3:2009, *Industries du pétrole et du gaz naturel — Matériaux pour utilisation dans des environnements contenant de l'hydrogène sulfuré (H<sub>2</sub>S) dans la production de pétrole et de gaz — Partie 3: ARC (alliages résistants à la corrosion) et autres alliages résistants à la fissuration*



### 3 Termes et définitions

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

#### 3.1

##### **bloc d'obturation de puits**

##### **BOP**

dispositif mécanique capable de confiner la pression, utilisé pour contrôler les fluides de puits et les fluides de forage lors des opérations de forage

#### 3.2

##### **braser**

assembler des métaux par insertion entre ces métaux d'une mince couche fondue (d'épaisseur capillaire) d'un métal d'apport non ferreux et de point de fusion inférieur

#### 3.3

##### **acier au carbone**

alliage de carbone et de fer contenant un pourcentage maximal de 2 % de fraction massique de carbone et de 1,65 % de fraction massique de manganèse ainsi que des quantités résiduelles d'autres éléments, à l'exception de ceux ajoutés délibérément en quantités spécifiques pour désoxydation (généralement du silicium et/ou de l'aluminium)

NOTE Les aciers au carbone utilisés dans l'industrie du pétrole contiennent généralement moins de 0,8 % de fraction massique de carbone.

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

#### 3.4

##### **arbre de Noël**

équipement au niveau de la tête de puits permettant de contrôler la production ou l'injection de fluide

[ISO 15156-1:2009](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ff4d1241-4b1c-4723-ac2b-1df94bd9b7f0/iso-15156-1-2009)

#### 3.5

##### **écrouir**

déformer de manière plastique un métal dans des conditions de température et de vitesse de déformation entraînant un durcissement par déformation, s'effectuant généralement, mais pas obligatoirement, à température ambiante

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ff4d1241-4b1c-4723-ac2b-1df94bd9b7f0/iso-15156-1-2009>

#### 3.6

##### **alliage résistant à la corrosion**

##### **ARC**

alliage utilisé pour sa résistance à la corrosion, générale et localisée, dans des milieux pétroliers corrodant les aciers au carbone

#### 3.7

##### **ferrite**

phase cristalline cubique centrée d'alliages ferreux

#### 3.8

##### **acier ferritique**

acier dont la microstructure à température ambiante se compose essentiellement de ferrite

#### 3.9

##### **dureté**

résistance d'un métal à la déformation plastique, généralement mesurée à l'aide d'une empreinte

**3.10**  
**zone affectée thermiquement**  
**ZAT**

partie du métal de base non fondue lors du brasage, du découpage ou du soudage mais dont la microstructure et les propriétés sont modifiées par la chaleur due à ces différents procédés

**3.11**  
**traitement thermique**

opérations de chauffage et de refroidissement d'un métal ou d'un alliage solide de manière à obtenir les propriétés souhaitées

NOTE Le chauffage dans le seul but d'une déformation à chaud n'est pas considéré comme un traitement thermique.

**3.12**  
**décohésion interne**  
**HIC**

fissuration plane des aciers au carbone et des aciers faiblement alliés lors de la diffusion de l'hydrogène dit «atomique» en solution dans l'acier, puis de sa combinaison pour former de l'hydrogène moléculaire sur des sites de piégeage

NOTE La fissuration est due à la pressurisation des pièges par l'hydrogène. La formation de décohésions internes ne requiert l'application d'aucune contrainte extérieure. Les pièges pouvant engendrer une décohésion interne se rencontrent généralement dans les aciers présentant des niveaux d'impureté élevés et une densité élevée d'inclusions et/ou régions planes de microstructure anormale (par exemple structure en bandes), dues à la ségrégation des impuretés et éléments d'alliage dans l'acier. Cette forme de fragilisation par l'hydrogène n'a aucun rapport avec le soudage.

iTeh STANDARD PREVIEW

**3.13**  
**rupture différée par l'hydrogène**  
**HSC**

(standards.iteh.ai)

fissuration due à la présence d'hydrogène dans un métal et à une contrainte de traction (résiduelle et/ou appliquée)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ff4d1241-4b1c-4723-ac2b-1d94bd9b7f0/iso-15156-1-2009>

NOTE La rupture différée par l'hydrogène définit la fissuration des métaux non sensibles à la rupture différée par H<sub>2</sub>S (SSC), mais qui peuvent être fragilisés par l'hydrogène lorsqu'ils sont couplés galvaniquement en tant que cathode à un autre métal se corrodant en tant qu'anode. Le terme de «rupture différée par l'hydrogène induite par couplage galvanique» est alors utilisé pour ce mécanisme de fissuration.

**3.14**  
**acier faiblement allié**

acier dont la teneur totale en élément d'alliage ne dépasse pas 5 % de fraction massique environ mais est supérieure à celle définie pour l'acier au carbone

**3.15**  
**microstructure**

structure d'un métal observée par examen microscopique d'une éprouvette convenablement préparée

**3.16**  
**pression partielle**

pression qu'exercerait un constituant individuel d'un gaz s'il occupait seul, à la même température, tout le volume offert au mélange

NOTE Pour un mélange de gaz parfaits, la pression partielle de chaque constituant est égale à la pression totale multipliée par sa fraction molaire dans le mélange, sa fraction molaire étant égale à la fraction volumique du constituant.

**3.17**  
**contrainte résiduelle**

contrainte s'exerçant sur un composant non soumis à des forces extérieures ou à des gradients thermiques

**3.18****fissuration des zones de plus faible dureté****SZC**

forme de rupture différée par H<sub>2</sub>S (SSC) pouvant se produire lorsqu'un acier comporte une zone locale de faible dureté correspondant localement à un matériau de plus faible limite d'élasticité

NOTE Sous l'effet des contraintes en service, les zones de faible dureté peuvent subir et accumuler une déformation plastique locale, ce qui augmente la sensibilité à la rupture différée par H<sub>2</sub>S (SSC) d'un matériau qui, sans cela, aurait été résistant. Les zones de plus faible dureté sont généralement associées aux soudures des aciers au carbone.

**3.19****service H<sub>2</sub>S**

exposition à des milieux pétroliers contenant suffisamment d'hydrogène sulfuré (H<sub>2</sub>S) pour provoquer la fissuration des matériaux par les mécanismes traités dans la présente partie de l'ISO 15156

**3.20****fissuration en gradins****SWC**

fissuration qui relie les décohésions internes (HIC) présentes dans des plans adjacents d'un acier

NOTE L'expression «fissuration en gradins» décrit l'aspect de la fissure. La liaison entre les décohésions internes produisant la fissuration en gradins dépend de la déformation locale entre les fissures et de la fragilisation de l'acier environnant par l'hydrogène dissous. La présence de HIC/SWC est généralement associée aux produits plats en acier à faible résistance mécanique utilisés dans la fabrication des tubes et des appareils à pression.

**3.21****corrosion fissurante sous contrainte****SCC**

fissuration d'un métal impliquant des processus anodiques de corrosion localisée et une contrainte de traction (résiduelle et/ou appliquée), en présence d'eau et d'hydrogène sulfuré (H<sub>2</sub>S)

NOTE Les chlorures et/ou oxydants ainsi qu'une température élevée peuvent accroître la sensibilité des métaux à ce mécanisme d'attaque.

**3.22****décohésion interne sous contrainte****SOHIC**

empilement de petites décohésions internes (HIC) se développant approximativement perpendiculairement à la contrainte principale (résiduelle ou appliquée) et entraînant un faciès final en «échelle de perroquet», reliant les (parfois très petites) décohésions internes initiales

NOTE Ce mode de fissuration peut être défini comme une rupture différée par H<sub>2</sub>S (SSC) engendrée par une combinaison de contrainte externe et de déformation locale au niveau des HIC. La SOHIC est donc liée à la fois à la SSC et à la HIC/SWC. Ce type de fissuration a été observé dans le métal de base de tubes soudés longitudinalement et au niveau de la zone affectée thermiquement (ZAT) des soudures dans des appareils à pression. La SOHIC est en fait un phénomène relativement rare généralement associé aux aciers ferritiques à faible résistance mécanique utilisés pour la fabrication de tubes et d'appareils à pression.

**3.23****rupture différée par H<sub>2</sub>S****SSC**

fissuration d'un métal associée à la corrosion et à une contrainte de traction (résiduelle et/ou appliquée) en présence d'eau et d'hydrogène sulfuré (H<sub>2</sub>S)

NOTE La rupture différée par H<sub>2</sub>S est une rupture différée par l'hydrogène (HSC); elle implique la fragilisation du métal par l'hydrogène dit «atomique» produit par le processus de corrosion acide à la surface du métal. Le chargement en hydrogène est juste facilité par la présence de sulfures. L'hydrogène dit «atomique» peut diffuser dans tout le métal, réduire sa ductilité et accroître sa sensibilité à la fissuration. Les matériaux métalliques à haute résistance mécanique et les zones dures des soudures sont particulièrement sensibles à la rupture différée par H<sub>2</sub>S.