

---

---

**Essais non destructifs — Méthodes par rayonnements pour la tomographie informatisée —**

**Partie 4:  
Qualification**

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
*Non-destructive testing — Radiation methods for computed tomography —*  
**(standards.iteh.ai)**  
*Part 4: Qualification*

ISO 15708-4:2017

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/821b5a47-6c2d-482a-b31d-4994b37e67e3/iso-15708-4-2017>



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

ISO 15708-4:2017

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/821b5a47-6c2d-482a-b31d-4994b37e67e3/iso-15708-4-2017>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2017

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  
Fax: +41 22 749 09 47  
E-mail: [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)  
Web: [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

<b>Avant-propos</b> .....	<b>iv</b>
<b>1 Domaine d'application</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Références normatives</b> .....	<b>1</b>
<b>3 Termes et définitions</b> .....	<b>1</b>
<b>4 Qualification de l'examen</b> .....	<b>1</b>
4.1 Généralités.....	1
4.2 Qualification de l'inspection de défaut.....	2
4.2.1 Généralités.....	2
4.2.2 Caractéristique de qualité.....	2
4.2.3 Détectabilité des caractéristiques/système d'essai/paramétrage du système.....	2
4.2.4 Vérification d'adaptation.....	3
4.2.5 Contrôle de cohérence.....	4
4.2.6 Documentation.....	4
4.3 Qualification de l'examen dimensionnel.....	4
4.3.1 Généralités.....	4
4.3.2 Essai et tâche de mesure.....	4
4.3.3 Essai dimensionnel/système d'essai/paramétrage du système.....	4
4.3.4 Degré d'exactitude.....	5
4.3.5 Contrôle de cohérence.....	6
4.3.6 Documentation.....	6
<b>5 Qualification du système TI</b> .....	<b>6</b>
5.1 Généralités.....	6
5.2 Essai intégral de l'ensemble du système.....	6
5.3 Vérification des composants du système.....	7
5.3.1 Généralités.....	7
5.3.2 Système de manipulation.....	7
5.3.3 Échelle de l'image.....	7
5.3.4 Perpendicularité de l'axe du faisceau.....	7
5.3.5 Foyer d'émission du tube.....	7
5.3.6 Stabilité du tube.....	7
5.3.7 Détecteur.....	7
5.3.8 Reconstruction.....	7
5.3.9 Visualisation.....	7
5.4 Documentation.....	8
<b>6 Exemple de méthodes d'évaluation de la résolution du système TI</b> .....	<b>8</b>
6.1 Préambule.....	8
6.2 Paramètres d'acquisition.....	8
6.3 Recommandations pour la création d'objets de référence.....	9
6.4 Méthode de mesure de résolution en densité.....	9
6.4.1 Généralités.....	9
6.4.2 Objet de référence à haute énergie.....	9
6.4.3 Objet de référence à faible énergie.....	10
6.4.4 Mesures expérimentales.....	10
<b>Bibliographie</b> .....	<b>12</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.html](http://www.iso.org/iso/fr/avant-propos.html).

Le présent document a été élaboré par le Comité européen de normalisation (CEN) (en tant qu'EN 16016-4) et a été adopté, suivant une procédure par voie express, par le comité technique ISO/TC 135, *Essais non destructifs*, SC 5, *Contrôle par radiographie*, parallèlement à son approbation par les comités membres de l'ISO.

Elle prend en compte les avancées réalisées en matière de tomographie informatisée (TI) et de puissance de calcul au cours des dix dernières années.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 15708 peut être consultée sur le site de l'ISO.

# Essais non destructifs — Méthodes par rayonnements pour la tomographie informatisée —

## Partie 4: Qualification

### 1 Domaine d'application

Le présent document décrit des lignes directrices pour qualifier la performance d'un système TI par rapport à différentes tâches d'examen.

Il est applicable à l'imagerie industrielle (c'est-à-dire aux applications non médicales) et donne un ensemble cohérent de définitions des paramètres de performance de la TI, y compris la façon dont ces paramètres sont reliés aux spécifications du système TI.

Le présent document traite de la tomographie axiale informatisée et exclut les autres types de tomographie, tels que la tomographie par translation et la tomosynthèse.

### 2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils 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 références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 15708-2, *Essais non destructifs — Méthodes par rayonnements pour la tomographie informatisée — Partie 2: Principes, équipements et échantillons*

### 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés de l'ISO 15708-1 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 <http://www.iso.org/obp>

### 4 Qualification de l'examen

#### 4.1 Généralités

La TI est utilisée dans l'industrie à la fois pour l'inspection de défaut et les essais et les mesures de dimension. Du fait que la TI ne fournit pas directement de mesure des grandeurs souhaitées telles que la taille des pores ou l'épaisseur de paroi, ces grandeurs doivent être calculées à partir de données d'atténuation linéique des rayons X représentées par les valeurs de gris TI. La détectabilité des caractéristiques et le degré d'exactitude requis dépendent de la tâche d'examen, de la spécification de l'équipement d'essai disponible et des méthodes d'analyse et d'évaluation utilisées. Lorsque la détermination de ces grandeurs est requise, un essai particulier de qualification du système TI spécifique à la tâche est nécessaire. Les mesures de qualification sont décrites aux [paragraphe 4.2](#)

et 4.3. Il convient que la qualification soit effectuée par du personnel formé. Le personnel formé doit être en mesure de prouver qu'il a suivi une formation et obtenu une qualification en radiographie ou radioscopie industrielle numérique.

## 4.2 Qualification de l'inspection de défaut

### 4.2.1 Généralités

Dans le cadre d'une qualification d'essai, il convient de vérifier l'adaptation de la technique d'examen TI à la mesure d'une grandeur selon la précision requise. Les étapes décrites ci-après sont typiques des techniques permettant de vérifier avec succès l'adaptation de la TI à des applications industrielles.

### 4.2.2 Caractéristique de qualité

Les grandeurs typiques qui doivent être mesurées sont les dimensions des pores, des cavités, des fissures, des inclusions, des contaminants, ainsi que les études de la distribution des matériaux et la position de montage et d'installation des composants. Du fait que l'échantillon inspecté et le type, la position et la taille des caractéristiques qui doivent être détectés déterminent les propriétés du système TI qu'il faut utiliser, il convient de connaître certaines informations, telles que celles qui suivent:

- a) objet inspecté:
  - 1) dimensions;
  - 2) poids;
  - 3) matériaux;
  - 4) épaisseur de matériau à traverser par les rayons X;
- b) caractéristique à inspecter:
  - 1) type;
  - 2) position;
  - 3) taille;
  - 4) distribution, fréquence;
- c) détectabilité des caractéristiques:
  - 1) défaut limite;
  - 2) caractéristique limite.

Étant donné que la détectabilité des caractéristiques influe fortement sur la spécification et par conséquent le coût d'un système TI, une attention particulière doit être portée à la définition de la sensibilité des essais requis. Si, en raison d'informations manquantes, aucune valeur limite n'est définie pour les caractéristiques, il est recommandé d'utiliser la meilleure sensibilité possible pour la méthode et le système TI spécifiques et de vérifier la détectabilité des caractéristiques obtenue en utilisant, par exemple, des essais destructifs.

### 4.2.3 Détectabilité des caractéristiques/système d'essai/paramétrage du système

L'utilisation du système TI et le choix des paramètres du système sont déterminés par les exigences de détectabilité des caractéristiques. Les variables typiques sont:

- a) la résolution spatiale:
  - 1) la résolution spatiale totale de l'image TI;

- 2) la géométrie de balayage;
  - 3) la résolution spatiale du détecteur;
  - 4) la dimension du foyer de la source de rayonnement;
- b) la résolution en contraste:
- 1) la résolution en contraste totale de l'image TI;
  - 2) les paramètres du détecteur;
  - 3) la tension du tube;
  - 4) le courant du tube;
- c) la reconstruction/visualisation:
- 1) le nombre de projections;
  - 2) la plage dynamique de valeurs de gris TI de la reconstruction ou de la visualisation;
  - 3) la taille des images TI sur les axes X, Y et Z.

La configuration du système TI et les paramètres de qualité d'image sont décrits en ISO 15708-2:2016, 4.1 et 5.1.

#### 4.2.4 Vérification d'adaptation

iTeH STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

##### 4.2.4.1 Généralités

Une évaluation fiable de la sensibilité de détection des défauts et de la détectabilité des défauts du système TI dans un essai doit être réalisée en établissant le degré d'exactitude de l'essai requis (tolérance, degré de fluctuation). Plusieurs autres modes opératoires sont décrits ci-après.

##### 4.2.4.2 Échantillons de référence présentant des défauts naturels

Si un échantillon de référence présentant un défaut connu est disponible, l'examen de cet échantillon est effectué et la détectabilité est évaluée après réalisation de l'essai.

Si un échantillon de référence présentant des défauts non quantifiés est disponible, l'examen de cet échantillon est effectué et la détectabilité des défauts est évaluée au moyen d'une contre-vérification en utilisant, par exemple, un essai destructif après réalisation du balayage TI.

##### 4.2.4.3 Échantillon de référence présentant un défaut artificiel

Si la caractéristique à soumettre à essai peut être simulée au moyen d'un défaut artificiel, par exemple un trou, la vérification de la détectabilité des défauts peut être effectuée de la même manière que dans la section précédente.

##### 4.2.4.4 Échantillon de référence sans spécifications

Si aucune spécification n'indique le statut de l'échantillon de référence et si une contre-vérification est impossible, l'essai est mis en œuvre en utilisant la sensibilité du système. Les structures de l'échantillon, telles que les épaisseurs de paroi et les mesures de dimensions externes, peuvent être utilisées pour estimer la détectabilité des défauts. Dans un autre cas, des échantillons de référence, tels que des fils ou des sphères de dimensions connues, peuvent être utilisés.

#### 4.2.5 Contrôle de cohérence

L'acquisition TI nécessite plusieurs étapes très complexes dans lesquelles les sources d'erreur ne peuvent pas toujours être exclues. Après l'acquisition, les paramètres suivants peuvent être utilisés pour tracer les sources d'erreur possibles:

- reconstruction: taille, positions des coupes TI, artefacts possibles;
- échelle de l'image TI;
- sinogramme (valeur de gris TI et tracé de la courbe) ou séquence de projection TI (comparaison entre les projections, la qualité d'image des projections et les variations d'intensité);
- statut du système (messages d'état).

En cas d'erreurs, celles-ci doivent être corrigées ou leurs causes doivent être éliminées et l'essai répété.

#### 4.2.6 Documentation

Dans le rapport de qualification, les paramètres pertinents et les résultats des étapes de qualification doivent être décrits et présentés. Les images TI doivent être archivées pendant une période à convenir avec l'utilisateur final. Les paramètres d'essai doivent être archivés de sorte qu'un mode opératoire d'essai identique soit possible en cas d'objets examinés et de caractéristiques d'essai récurrentes.

### 4.3 Qualification de l'examen dimensionnel

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

#### 4.3.1 Généralités

L'examen TI fournit des informations sur la structure en 3D d'un échantillon à partir desquelles les données de surface et de géométrie peuvent être calculées. Du fait que ces données sont fondées sur des différences physiques d'atténuation des rayons X aux transitions de contour, de faibles différences entre les valeurs mesurées peuvent survenir par rapport aux modes opératoires de mesure tactiles ou optiques classiques. Dans les sections suivantes, les paramètres du balayage TI qui influencent les résultats, ainsi que les étapes de processus qui affectent leur exactitude vont être décrits.

#### 4.3.2 Essai et tâche de mesure

Les tâches de mesures dimensionnelles comprennent la mesure de dimensions simples dans l'objet exposé, les mesures d'épaisseur de paroi, l'extraction de surface, l'extraction de volume ou les comparaisons nominal-réel. La précision de mesure requise doit être définie pour chaque tâche et, au besoin, pour différentes parties de l'échantillon.

#### 4.3.3 Essai dimensionnel/système d'essai/paramétrage du système

Le degré d'exactitude pouvant être atteint dépend de l'objet inspecté, des limites de la physique des rayons X et du traitement postérieur des données. Une estimation initiale du degré d'exactitude d'une mesure de dimension par TI peut être effectuée avec les paramètres suivants:

- a) résolution spatiale au niveau de l'objet inspecté:
  - 1) dimensions;
  - 2) grandissement géométrique, taille de voxel;
  - 3) résolution spatiale du détecteur;



- 4) taille du foyer d'émission;
- b) pénétration des rayons X dans l'objet inspecté:
  - 1) matériau;
  - 2) épaisseur de paroi maximale à traverser par les rayons X;
  - 3) résolution en contraste;
- c) données du composant 3D extrait du volume TI:
  - 1) taille de voxel de l'image TI d'origine;
  - 2) étapes et qualité d'extraction;
  - 3) autres étapes et qualité de traitement;
  - 4) méthode de recalage.

Pour cette estimation, il convient de remarquer que les effets physiques des rayons X (tels que le rayonnement diffusé et le durcissement du faisceau), ainsi que les artefacts dus au détecteur et à la méthode de reconstruction peuvent conduire à une grande variation du degré d'exactitude dans différentes parties de l'échantillon. Pour un point de mesure d, il convient d'utiliser les paramètres locaux.

La tâche d'examen doit être rejetée si les exigences dépassent la capacité de la technologie des rayons X ou du système TI.

## iTeh STANDARD PREVIEW

### 4.3.4 Degré d'exactitude (standards.iteh.ai)

#### 4.3.4.1 Généralités

[ISO 15708-4:2017](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/821b5a47-6c2d-482a-b31d-4994b37e67e3/iso-15708-4-2017)

Les sections suivantes décrivent les modes opératoires qui, selon la tâche de mesure, permettent d'établir une évaluation du degré d'exactitude obtenu. Les méthodes décrites fournissent le degré d'exactitude global de l'ensemble de la chaîne de mesure.

#### 4.3.4.2 Échantillon de référence

La tâche de mesure utilise une pièce de référence qui est soumise à une technique de contre-mesure normalisée, par exemple tactile ou optique et, au besoin, à des méthodes de mesure destructives. En comparant les données de mesure, il est possible d'établir des évaluations du degré d'exactitude (qui peut varier dans les différentes parties de l'échantillon). Les degrés d'exactitude obtenus peuvent être transférés à des parties semblables pour les mêmes paramètres du système TI et des objets inspectés comparables.

Les tolérances type sont:

- a) les dimensions de référence;
- b) les informations sur les modes opératoires de contre-mesure;
- c) l'écart-type des erreurs de mesure pour un enregistrement de données de référence.

#### 4.3.4.3 Objet de référence

Si une contre-mesure complète est impossible, une mesure des géométries accessibles d'un échantillon avec des valeurs d'atténuation comparables à l'échantillon de référence peut être utilisée pour estimer le degré d'exactitude. L'utilisation d'objets de référence, tels que des sphères et des haltères, est également une option permettant d'estimer le degré d'exactitude.