

NORME INTERNATIONALE

ISO 15708-3

Première édition
2017-02

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

Partie 3: Fonctionnement et interprétation

Non-destructive testing — Radiation methods for computed tomography —

Part 3: Operation and interpretation

get full document from standards.iteh.ai



Numéro de référence
ISO 15708-3:2017(F)

© ISO 2017

Sample Document

get full document from standards.iteh.ai



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
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Mode opératoire de fonctionnement	1
4.1 Généralités	1
4.2 Définition du système TI	2
4.2.1 Généralités	2
4.2.2 Géométrie	2
4.2.3 Source de rayons X	3
4.2.4 Détecteur	3
4.3 Paramètres de reconstruction	3
4.4 Visualisation	3
4.5 Analyse et interprétation des images TI	4
4.5.1 Généralités	4
4.5.2 Inspection de caractéristique/défaut	4
4.5.3 Inspection dimensionnelle	4
5 Exigences requises pour obtenir des résultats acceptables	7
5.1 Paramètres de qualité d'image	7
5.1.1 Contraste	7
5.1.2 Bruit	8
5.1.3 Rapport signal sur bruit	9
5.1.4 Rapport contraste sur bruit	9
5.1.5 Résolution spatiale	10
5.2 Adéquation de l'essai	11
5.3 Interprétation et critères d'acceptation d'examen TI	11
5.4 Enregistrements et rapports	11
5.5 Artefacts	12
5.5.1 Généralités	12
5.5.2 Artefacts de durcissement de faisceau	12
5.5.3 Artefacts de bord	13
5.5.4 Rayonnement diffusé	14
5.5.5 Instabilités	14
5.5.6 Artefacts en anneau	15
5.5.7 Artefacts d'erreur de centre de rotation	15
5.5.8 Artefacts de mouvement	16
5.5.9 Artefacts dus à un nombre insuffisant de projections	16
5.5.10 Artefacts de faisceau conique	17
Annexe A (informative) Mesure de la résolution spatiale au moyen de jauges à paires de lignes	18
Bibliographie	21

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/patents).

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/avant-propos.html

Le présent document a été élaboré par le Comité européen de normalisation (CEN) (en tant qu'EN 16016-3) 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.

Cette première édition de l'ISO 15708-3 annule et remplace l'ISO 15708-2:2002, dont elle constitue une révision technique. 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 3: Fonctionnement et interprétation

1 Domaine d'application

Le présent document fournit une présentation générale du fonctionnement d'un système de tomographie informatisée (TI) et de l'interprétation des résultats afin de donner à l'utilisateur des informations techniques pour sélectionner les paramètres adaptés.

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 15708-1:2017, *Essais non destructifs — Méthodes par rayonnements pour la tomographie informatisée — Partie 1: Terminologie*

ISO 15708-2:2017, *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 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 Mode opératoire de fonctionnement

4.1 Généralités

Pour les modes opératoires d'examen de tomographie informatisée (TI) avec un objectif ciblé, les tâches d'inspection et de mesure concernant la taille et le type de caractéristiques/défauts à vérifier sont définies à l'avance; par exemple par la spécification de niveaux appropriés d'acceptation et d'écarts de géométrie. Dans ce qui suit, les étapes d'un processus d'une application TI sont décrites et des informations sur sa mise en œuvre sont fournies.

4.2 Définition du système TI

4.2.1 Généralités

La définition du système TI doit être orientée vers les exigences de la tâche d'inspection donnée. La résolution spatiale (tenant compte de la dimension du foyer du tube), la résolution en contraste, la taille de voxel et la qualité d'image TI requises sont calculées à partir de ces exigences. La qualité de l'image TI est déterminée par différents paramètres qui, dans certains cas, se compensent les uns les autres.

Dans ce qui suit, les paramètres du système sont décrits et des informations sont fournies sur la définition d'un système TI pour un examen donné. En raison des interactions des différents paramètres du système, il peut être nécessaire de répéter les étapes de définition plusieurs fois afin d'acquérir des données optimales.

L'énergie optimale est celle qui donne le meilleur rapport signal/bruit et non nécessairement celle qui donne la radiographie la plus nette (la dépendance de l'efficacité du détecteur avec l'énergie doit être prise en compte). Toutefois, afin de différencier des matériaux de composition chimique différente, il peut être nécessaire d'ajuster la tension d'accélération pour maximiser la différence entre leurs coefficients d'atténuation linéique.

4.2.2 Géométrie

Il convient de spécifier les distances source-détecteur et source-objet et donc également l'angle du faisceau. Afin d'obtenir des résolutions élevées, la projection peut être agrandie sur le détecteur. Le grandissement est égal au rapport de la distance source-détecteur sur la distance source-objet. Le fait d'augmenter la distance source-détecteur conduit à une intensité réduite au niveau du détecteur et donc à un rapport signal/bruit réduit. De la même façon, l'utilisation d'un détecteur présentant une meilleure résolution peut entraîner une réduction du rapport signal/bruit du fait de l'intensité par pixel réduite. En général, pour cette raison, il est préférable de minimiser la distance source-objet pour augmenter le grandissement.

Afin d'obtenir une intensité de faisceau élevée au niveau du détecteur, il convient de choisir une distance source-détecteur aussi courte que possible en tenant compte de la résolution requise, de sorte que le cône du faisceau éclaire encore entièrement le détecteur. Dans le cas de la TI 3D, il convient que l'angle total du faisceau conique (en général vertical) mesuré parallèlement à l'axe de rotation soit généralement inférieur à 15°, afin de réduire au minimum les distorsions du modèle 3D déterminées par la reconstruction (Feldkamp), mais cela dépend de l'échantillon. De plus, ces restrictions ne s'appliquent pas à l'angle du faisceau perpendiculaire (en général horizontal). Pour un grandissement géométrique plus élevé, l'objet doit être positionné aussi près que possible de la source, en tenant compte de la limite en matière de netteté imposée par la dimension du foyer d'émission. La rotation de l'objet doit correspondre à un angle minimal de 180° plus l'angle d'ouverture du faisceau de rayons X, l'augmentation du nombre de pas angulaires permettant d'améliorer la qualité des données. Pour cette raison, l'objet est en général tourné sur 360°. Idéalement, il convient que le nombre de pas angulaires soit au moins de $\pi/2 \times$ dimensions de la matrice (nombre impair de projections par rotation de 360°), où la dimension de la matrice est le nombre de voxels correspondant au diamètre ou la plus grande dimension de l'échantillon. Voir [5.5](#) pour de plus amples informations.

Il convient que le nombre de projections soit $> \pi \times$ dimensions de la matrice pour une meilleure qualité de reconstruction (nombre pair ou impair de projections pour 360°).

Afin d'obtenir des informations aussi complètes que possible sur l'échantillon, l'exigence pour une TI est que l'objet (ou la région d'intérêt de l'objet) soit entièrement représenté dans chaque projection sur le détecteur. Pour les grands composants qui dépassent le cône du faisceau, on utilise ce que l'on appelle une extension de plage de mesure. Cette extension de plage de mesure est obtenue en déplaçant latéralement soit l'objet soit le détecteur, et en enregistrant les données de projection sous forme de mesures séquentielles et enfin en les chaînant (en les regroupant). Dans certains cas, il est également possible d'imager seulement une partie de l'objet (TI de région d'intérêt), ce qui peut conduire à une qualité de données restreinte à cause des données manquantes (qu'on appelle troncatures).

Les écarts possibles de la géométrie d'enregistrement (décalage entre l'axe de rotation projeté et l'axe médian de l'image) doivent être corrigés afin d'obtenir une reconstruction aussi précise que possible. Il est possible de les éliminer par un réalignement minutieux du système ou une correction logicielle.

4.2.3 Source de rayons X

Au niveau de la source de rayons X, l'énergie de faisceau et le courant de tube maximaux doivent être définis de façon à garantir une pénétration suffisante de l'objet contrôlé et une puissance de tube présentant un foyer suffisamment petit. La tension nécessaire doit être déterminée par la longueur maximale du trajet dans le matériau irradié, conformément à 8.2 de l'ISO 15708-2:2017. Pour obtenir les meilleurs résultats de mesure, il convient d'utiliser un rapport d'atténuation d'environ 1:10. Cela signifie qu'il convient que le niveau de gris dans l'échantillon soit égal à environ 10 % du niveau de blanc (tous deux mesurés par rapport au niveau de noir). La gamme optimale peut être obtenue en utilisant des préfiltres. Il convient de remarquer que tout préfiltre réduit l'intensité. Les préfiltres présentent l'avantage supplémentaire de réduire le durcissement de faisceau, même si d'autres améliorations peuvent être faites par une correction logicielle.

4.2.4 Détecteur

Les paramètres suivants du détecteur doivent être définis de manière appropriée à l'échantillon soumis à l'essai:

- durée d'exposition (cadence d'acquisition);
- nombre d'intégrations par projection;
- gain et offset de numérisation;
- regroupement des pixels.

Au besoin, il convient d'appliquer des corrections d'offset, de gain et de pixels défectueux (qui peuvent dépendre des paramètres des rayons X).

La projection TI individuelle est déterminée par les propriétés du détecteur: sa résolution géométrique, sa sensibilité, sa dynamique et son bruit. Le gain et la durée d'exposition peuvent être ajustés ainsi que l'intensité du rayonnement de la source de sorte que l'intensité numérisée maximale ne dépasse pas 90 % du niveau de saturation.

Pour réduire le rayonnement diffusé, il est possible d'utiliser un filtre fin, une grille ou un réseau de lamelles devant le détecteur (filtrage intermédiaire).

Le temps d'acquisition idéal dépend de la qualité de l'image TI exigée et est souvent limité par le temps disponible pour l'examen.

4.3 Paramètres de reconstruction

La région volumétrique à reconstruire, la dimension de l'image TI (en termes de voxels), ainsi que sa gamme dynamique (dont il est recommandé qu'elle prenne en compte la gamme dynamique du détecteur), doivent être spécifiées. Afin d'obtenir une qualité d'image TI suffisante, il convient d'optimiser les paramètres pour les corrections ou l'algorithme de reconstruction.

La région volumétrique est définie par le nombre de voxels sur les axes X, Y et Z.

4.4 Visualisation

En utilisant la visualisation volumique, l'image TI peut être présentée sous la forme d'un objet 3D. Des valeurs de couleur et d'opacité quelconques peuvent être attribuées aux niveaux de gris individuels pour mettre en évidence ou cacher des matériaux présentant des atténuations de rayons X différentes. Le fait de zoomer, d'exécuter un défilement, de définir le contraste, la luminance, la couleur et l'éclairage, permet une présentation optimale de l'image TI. De plus, il est possible de placer des plans