

---

---

**Essais non destructifs — Moyens utilisant  
les rayonnements — Tomographie  
informatisée —**

**Partie 2:  
Pratiques d'examen**

**iTeh STANDARD PREVIEW**

*Non-destructive testing — Radiation methods — Computed tomography —  
Part 2: Examination practices*

ISO 15708-2:2002

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/35b07df6-9732-416f-b366-a70cc0c609ac/iso-15708-2-2002>



**PDF – Exonération de responsabilité**

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

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

[ISO 15708-2:2002](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/35b07df6-9732-416f-b366-a70cc0c609ac/iso-15708-2-2002)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/35b07df6-9732-416f-b366-a70cc0c609ac/iso-15708-2-2002>

© ISO 2002

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

Imprimé en Suisse

## Sommaire

Page

Avant-propos .....	iv
Introduction .....	v
1 <b>Domaine d'application</b> .....	1
2 <b>Référence normative</b> .....	1
3 <b>Définitions</b> .....	1
4 <b>Résumé</b> .....	1
5 <b>Configuration du système</b> .....	2
6 <b>Documentation</b> .....	6
7 <b>Définition et optimisation du système TI</b> .....	8
8 <b>Mesure de la performance</b> .....	13
9 <b>Interprétation de l'examen TI</b> .....	19
10 <b>Enregistrements, rapports et identification du matériau accepté</b> .....	19
11 <b>Conditions de sécurité</b> .....	19
12 <b>Fidélité et biais</b> .....	20

[ISO 15708-2:2002](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/35b07df6-9732-416f-b366-a70cc0c609ac/iso-15708-2-2002)  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/35b07df6-9732-416f-b366-a70cc0c609ac/iso-15708-2-2002>

## 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 3.

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 de la présente partie de l'ISO 15708 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 15708-2 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 135, *Essais non destructifs*, sous-comité SC 5, *Moyens utilisant les rayonnements*.

L'ISO 15708 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Essais non destructifs — Moyens utilisant les rayonnements — Tomographie informatisée*:

- *Partie 1: Principes* <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/35b07df6-9732-416f-b366-a70cc0c609ac/iso-15708-2-2002>
- *Partie 2: Pratiques d'examen*

## Introduction

La tomographie informatisée (TI), comme la radiographie conventionnelle et l'examen radioscopique, est largement applicable à tout matériau ou objet exposé à un faisceau de rayonnement traversant, y compris les métaux, les plastiques, les céramiques, les matériaux composites métalliques/non métalliques, et les assemblages. L'avantage principal de la TI est qu'elle fournit des images densitométriques (c'est-à-dire des images avec densité radiologique et géométrie) de coupes minces d'un objet. Du fait de l'absence de superposition structurelle, les images sont plus faciles à interpréter que les images radiologiques conventionnelles. Les images TI correspondent plus étroitement à la manière dont l'esprit humain visualise des structures en trois dimensions que ne le fait la radiologie conventionnelle par projection. Étant numériques, les images TI peuvent être améliorées, analysées, comprimées, archivées, entrées comme données dans des calculs de performance, et comparées avec des données numériques d'autres modalités d'évaluation non destructive. Les images TI peuvent aussi être transmises en d'autres lieux pour observation à distance.

La présente partie de l'ISO 15708 décrit les procédures de TI permettant d'effectuer des essais et une évaluation non destructifs. Les exigences de la présente partie de l'ISO 15708 sont destinées à contrôler la fiabilité et la qualité des images TI. La présente partie de l'ISO 15708 est applicable pour l'évaluation systématique de la structure interne d'un matériau ou d'un assemblage et peut être utilisée pour prescrire des procédures d'exploitation en TI. Elle fournit aussi une base pour la définition d'un programme de maîtrise de la qualité et sa continuation par l'étalonnage, la normalisation, la création d'échantillons de référence, les plans de contrôle et les procédures.

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

[ISO 15708-2:2002](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/35b07df6-9732-416f-b366-a70cc0c609ac/iso-15708-2-2002)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/35b07df6-9732-416f-b366-a70cc0c609ac/iso-15708-2-2002>

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

ISO 15708-2:2002

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/35b07df6-9732-416f-b366-a70cc0c609ac/iso-15708-2-2002>

# Essais non destructifs — Moyens utilisant les rayonnements — Tomographie informatisée —

## Partie 2: Pratiques d'examen

### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 15708 donne les lignes directrices pour effectuer des examens par tomographie informatisée (TI). Elle a pour but de traiter de l'utilisation générale de la technologie de la TI et de faciliter ainsi cette utilisation. La présente partie de l'ISO 15708 présuppose l'utilisation d'un rayonnement traversant, spécifiquement par rayons X et rayons gamma.

### 2 Référence normative

Le document normatif suivant contient des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de l'ISO 15708. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de cette publication ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de l'ISO 15708 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes du document normatif indiqué ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de l'ISO et de la CEI possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

ISO 15708-1:2002, *Essais non destructifs — Moyens utilisant les rayonnements — Tomographie informatisée — Partie 1: Principes*

### 3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de l'ISO 15708, les termes et définitions listés dans l'ISO 15708-1:2002, annexe A, s'appliquent.

### 4 Résumé

La présente partie de l'ISO 15708 décrit les procédures de TI permettant d'effectuer des essais et une évaluation non destructifs. Les exigences de la présente partie de l'ISO 15708 sont destinées à contrôler la fiabilité et la qualité des images TI.

Les systèmes TI sont composés d'un certain nombre de sous-systèmes; la fonction de chacun des sous-systèmes est commune à presque tous les explorateurs («scanners») TI. L'article 5 décrit les sous-systèmes suivants:

- a) source de rayonnement traversant;
- b) détecteur de rayonnement ou réseau de détecteurs;
- c) dispositif de balayage mécanique;

- d) système informatique, y compris
  - 1) logiciel/matériel de reconstruction d'image;
  - 2) système d'affichage/d'analyse d'image;
  - 3) système de stockage des données;
  - 4) interface opérateur.

L'article 6 décrit et définit les procédures relatives à la création et à la mise à jour de la maîtrise de la qualité des services d'examen TI.

La mesure dans laquelle une image TI reproduit un objet ou une caractéristique dans un objet est influencée par la résolution spatiale, le bruit statistique, l'épaisseur du plan de coupe et les artefacts du système d'imagerie. Les paramètres opérationnels doivent réaliser un équilibre global entre la qualité d'image, la durée de l'examen et le coût. Ces paramètres doivent être examinés pour les configurations, les composants et les procédures de systèmes TI. La mise en place et l'optimisation de paramètres du système TI sont examinées dans l'article 7.

Des méthodes de mesure de la performance du système TI sont données dans l'article 8.

## 5 Configuration du système

### 5.1 Configurations du système TI

De nombreuses configurations différentes du système d'examen TI sont possibles et il importe de connaître leurs avantages et limitations respectifs. Il est important de choisir les paramètres optimaux du système pour chacune des exigences de l'examen, par une analyse minutieuse des avantages et des limitations des composants disponibles et de la configuration choisie du système.

STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)  
ISO 15708-2:2002  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/35b07df6-9732-416f-b366-a70cc0c609ac/iso-15708-2-2002>

### 5.2 Sources de rayonnement

#### 5.2.1 Généralités

Les systèmes d'examen TI peuvent utiliser des générateurs de rayons gamma ou des générateurs de rayons X, mais ces derniers sont utilisés dans la plupart des applications. Pour une dimension donnée du foyer émissif, les générateurs de rayons X [c'est-à-dire tubes radiogènes et accélérateurs linéaires (LINAC)] ont une intensité supérieure, de plusieurs ordres de grandeur, à celle des sources isotopiques. L'énergie de crête et l'intensité de la plupart des générateurs de rayons X sont réglables et ces générateurs présentent en outre la sécurité supplémentaire d'un arrêt de la production de rayonnement lorsqu'ils sont fermés. Toutefois, si aucune correction n'est apportée, la polychromaticité du spectre énergétique est cause d'artefacts tels que le «tuilage» de l'image (atténuation décroissante anormale vers le centre d'un objet homogène).

#### 5.2.2 Générateurs de rayonnement électrique

Les rayons X produits à partir de générateurs de rayonnement électrique ont une dimension de foyer émissif allant de quelques millimètres à quelques micromètres. La réduction de cette dimension diminue le flou géométrique et améliore ainsi la sensibilité au détail. Des foyers émissifs plus petits donnent une résolution spatiale supérieure, mais au détriment de l'intensité du faisceau de rayons X, qui est moindre.

#### 5.2.3 Sources radio-isotopiques.

Une source radio-isotopique peut présenter les avantages suivants: petites dimensions, portabilité, faibles demandes d'énergie, simplicité, stabilité des sorties. Ses inconvénients sont une intensité et une énergie de crête limitée, principalement du fait de l'inefficacité du processus de génération de rayons X continus. Les sources radio-isotopiques sont moins intenses, de plusieurs ordre de grandeur, que les générateurs de rayons X.



## 5.2.4 Sources de rayonnement synchrotron

Les sources de rayonnement synchrotron produisent un rayonnement très intense, naturellement collimaté, à largeur de bande étroite, et réglable. Ainsi, les systèmes TI fondés sur ce type de source peuvent employer un rayonnement essentiellement monochromatique. Toutefois, en l'état actuel de la technologie, les énergies de rayonnement synchrotron sont concrètement limitées à moins de 20 keV ou 30 keV environ. Comme tout système TI se limite à l'examen d'échantillons dont les radio-opacités correspondent au pouvoir de pénétration du rayon X employé, les systèmes à rayonnement synchrotron ne peuvent en général créer une image que de petits objets (environ 1 mm).

## 5.3 Système de détection

Le système de détection est un transducteur qui convertit le rayonnement transmis contenant des informations sur l'objet exposé en un signal électronique susceptible de traitement. Il peut se composer d'un seul élément capteur, d'un réseau linéaire d'éléments capteurs ou d'un réseau matriciel d'éléments capteurs. Plus les détecteurs sont nombreux, plus le recueil des données exigées pour le balayage est rapide; mais de nombreuses autres considérations interviennent.

Un détecteur unique est la méthode la moins efficace de recueil des données, mais présente une complexité minimale, élimine les problèmes de diaphonie et de correspondance des détecteurs et offre toute liberté de collimation et de blindage.

Les détecteurs en réseau linéaire présentent des durées de balayage raisonnables pour une complexité modérée, une diaphonie et une correspondance des détecteurs acceptables, ainsi qu'une architecture souple qui permet de réaliser une bonne collimation et un bon blindage. La plupart des systèmes TI disponibles dans le commerce comportent des détecteurs en réseau linéaire.

Les détecteurs en réseau matriciel fournissent une méthode de recueil rapide des données, mais impliquent le transfert et le stockage de grandes quantités d'informations, imposent des compromis entre la diaphonie et l'efficacité du détecteur et créent de sérieux problèmes à résoudre en termes de collimation et de blindage.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/35b07df6-9732-416f-b366-a70cc0c609ac/iso-15708-2-2002>

## 5.4 Système de manipulation

### 5.4.1 Généralités

Le système de manipulation de l'objet exposé a pour fonction de maintenir l'objet et d'assurer l'ensemble des mouvements nécessaires pour positionner le volume retenu entre la source de rayonnement et le détecteur. Les deux géométries de mouvement de balayage suivantes sont très courantes.

### 5.4.2 Mouvement de translation-rotation

Dans le cas d'un mouvement de translation-rotation, l'objet exposé subit une translation perpendiculaire à la direction du faisceau de rayons X, dans le plan de ce dernier. Des ensembles complets de données sont obtenus en faisant subir à l'objet, après une translation, une rotation sur l'angle de diffusion du faisceau, puis une nouvelle translation, jusqu'à obtenir des données sur 180° au minimum. L'avantage de ce dispositif est la simplicité, la bonne correspondance entre les observations des détecteurs, la souplesse dans le choix des paramètres de balayage et la capacité de traiter une large gamme de dimensions d'objets, y compris les objets trop grands pour être couverts par le faisceau de rayons X en éventail. Son inconvénient est une plus longue durée de balayage.

### 5.4.3 Mouvement de rotation seule

Un mouvement de rotation seule permet d'obtenir une observation complète par le réseau du détecteur durant chaque intervalle d'échantillonnage. Un balayage par rotation seule est moins pénalisé par le mouvement que ne l'est le balayage par translation-rotation, et intéresse les applications industrielles où l'objet à examiner correspond au faisceau en éventail et où la vitesse de balayage est un facteur important.

## 5.5 Système informatique

La TI exige des ressources informatiques importantes: une grande capacité de stockage et d'archivage d'images, la capacité de réaliser rapidement et efficacement de nombreux calculs mathématiques, en particulier pour l'opération de rétroprojection. Il est possible d'augmenter la vitesse de calcul par des processeurs vectoriels généraux et/ou par des matériels spécialisés de rétroprojection. Les applications particulières varieront avec l'évolution des matériels informatiques, mais une puissance de calcul élevée restera une exigence fondamentale pour un examen TI efficace. Il est souvent approprié de disposer d'un poste de travail distinct pour l'analyse, l'affichage et l'archivage des images.

## 5.6 Logiciel de reconstruction d'image

La TI a pour but d'obtenir des informations sur la nature d'un matériau occupant des positions précises dans un objet exposé. Avec les explorateurs TI actuels, les informations sont obtenues en «reconstruisant» des coupes particulières de l'objet exposé, à partir de l'intensité mesurée des faisceaux de rayons X traversant ces coupes. Il existe une théorie mathématique exacte de la reconstruction d'image pour des données idéalisées. Cette théorie est appliquée quand bien même les mesures physiques ne répondent pas entièrement aux exigences de la théorie. Appliqués à des mesures réelles, les algorithmes fondés sur cette théorie produisent des images comportant une perte de netteté et du bruit, dont l'importance dépend de la quantité et de la qualité des mesures.

Les hypothèses de simplification adoptées pour définir la théorie des algorithmes de construction sont les suivantes:

- a) les sections sont infiniment minces (assimilées à des plans);
- b) le foyer émissif ou source et les éléments capteurs sont infiniment petits (assimilés à des points);
- c) les mesures physiques correspondent à une atténuation totale sur la droite entre la source et les détecteurs;
- d) le rayonnement est effectivement monoénergétique ou peut être traité comme tel.

Un algorithme de reconstruction est un ensemble d'instructions pas à pas qui définissent comment convertir les mesures de l'atténuation totale en une carte de coefficients d'atténuation linéiques sur tout le champ d'observation.

Plusieurs méthodes d'estimation de la section d'un objet ont été mises au point. Il est possible de les regrouper en trois classes générales d'algorithmes: les méthodes par inversion de matrice, les méthodes par développement en série finie et les méthodes par les transformées. Pour un traitement des algorithmes de reconstruction, voir l'ISO 15708-1.

Si, par nécessité ou par accident, l'objet exposé est plus grand que le champ d'observation prescrit, des artefacts inattendus et imprévisibles ou une détérioration mesurable de la qualité de l'image peuvent apparaître. De nombreuses méthodes ont été mises au point pour le balayage d'objets plus grands que le plus grand champ d'observation pour lequel un instrument a été conçu. Une de ces techniques, qui présente aussi une résolution spatiale améliorée dans des régions spécifiques de grands objets, est connue sous l'appellation de tomographie de région d'intérêt (ROI). Cette tomographie reconstruit une région convexe dans un objet, grâce à un dispositif de projection sur une maille d'échantillonnage spécifiée créant une résolution supérieure dans cette zone réduite.

## 5.7 Affichage de l'image

La fonction de l'affichage est de communiquer une information dérivée (c'est-à-dire une image) de l'objet exposé à l'opérateur du système. Pour les systèmes d'évaluation manuels, l'image affichée constitue la base de l'acceptation ou du rejet de l'objet exposé, selon l'interprétation que l'opérateur fait des données TI.

En général, l'affichage d'images TI nécessite un moniteur graphique spécial; l'affichage sur écran de télévision est de qualité moindre mais peut rester acceptable. La plupart des systèmes industriels utilisent des visuels couleur. Sur ces dispositifs, il est possible de passer d'un affichage en couleur à un affichage en échelle de gris, selon la préférence de l'observateur, mais il convient de relever que les images à échelle de gris affichées sur un moniteur couleur ne sont pas aussi précises que sur un moniteur à échelle de gris. La couleur permet à l'observateur de

différencier une gamme plus grande de variations dans une image que ne le permet l'échelle de gris. Selon l'application, c'est un avantage ou un inconvénient. Des couleurs fortement contrastées peuvent introduire une définition erronée et marquée aux frontières. Elles présentent parfois des avantages et il est possible de corriger les cas indésirables au moyen d'une échelle de couleurs (ou d'une échelle monochromatique).

## 5.8 Dispositif de stockage des données

De nombreuses applications d'examen TI exigent un enregistrement avec archivage. Il peut porter sur des données brutes ou des données reconstruites. Par conséquent, il est nécessaire de spécifier les formats et en-tête pour les données numériques afin de pouvoir extraire l'information ultérieurement. Chaque système d'archivage est spécifique quant à la qualité d'image, aux propriétés d'archivage, à l'équipement et au coût du dispositif. La conception des systèmes informatiques incorpore des interfaces avec des périphériques très variés. À mesure que la technologie progresse et/ou que les besoins changent, il est facile de mettre à niveau le matériel, sans frais excessifs. Il convient de choisir le système d'archivage et d'enregistrement sur la base de ces paramètres et d'autres paramètres pertinents, selon accord entre le fournisseur et l'acheteur des services d'examen TI. Il convient que la qualité de reproduction de la méthode d'archivage soit suffisante pour obtenir une qualité d'image identique à celle qui a été utilisée pour homologuer le système d'examen TI.

## 5.9 Interface avec l'opérateur

### 5.9.1 Généralités

L'interface avec l'opérateur détermine une bonne part du fonctionnement du reste du système TI. Le panneau de configuration et le système d'affichage sont deux sous-systèmes particulièrement affectés. Les fonctions commandées par cette interface sont notamment le logiciel de gestion, le fonctionnement du matériel, l'interface avec un poste de travail à distance (le cas échéant), ainsi que la logique des priorités, l'arrêt d'urgence et le verrouillage de sécurité. Les interfaces d'opérateur sont de trois types.

### 5.9.2 Simple console de programmation ISO 15708-2:2002

Ici, l'opérateur saisit des commandes sur un [clavier](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/35b07df6-9732-416f-b366-a76cc0c09ac/iso-15708-2-2002). Moins «convivial», ce type d'interface offre néanmoins la flexibilité la plus grande.

### 5.9.3 Console spécialisée

Elle a des fonctions spécifiques et une caractérisation relativement rigide des données et du traitement. Ces systèmes sont en général explicitement développés pour des tâches d'examen normalisées et invariables. Ils sont conçus pour être «fonctionnellement câblés» et assurer ainsi un débit de traitement efficace pour le programme considéré. L'équipement médical TI est souvent de ce type.

### 5.9.4 Interface graphique utilisateur

Elle utilise un affichage de type menu ou fenêtre, et des outils comme un pointeur pour entrer des réponses et interagir avec le système. Elle présente l'avantage de combiner les meilleures caractéristiques des deux autres types d'interface opérateur.

## 5.10 Automatisation

Les possibilités de créer, modifier ou élaborer des processus d'amélioration de l'image ou d'évaluation automatisée varient selon les systèmes TI. Le niveau de sophistication et de souplesse du langage de macro commande ou du «mode apprentissage» est une considération importante pour les acheteurs et fournisseurs qui prévoient de scanner des objets divers ou d'améliorer leurs processus à mesure qu'ils acquièrent de l'expérience avec la TI.