

---

---

**Fabrication additive de métaux —  
Essais et évaluation non destructifs —  
Détection de défauts dans les pièces**

*Additive manufacturing of metals — Non-destructive testing and  
evaluation — Defect detection in parts*

iTeh Standards  
(<https://standards.iteh.ai>)  
Document Preview

[ISO/ASTM TR 52905:2023](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/12b7de41-101c-47e1-acd3-83fd82ac1220/iso-astm-tr-52905-2023)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/12b7de41-101c-47e1-acd3-83fd82ac1220/iso-astm-tr-52905-2023>



Numéro de référence  
ISO/ASTM TR 52905:2023(F)

© ISO/ASTM International 2023

**iTeh Standards**  
**(<https://standards.iteh.ai>)**  
**Document Preview**

ISO/ASTM TR 52905:2023

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/12b7de41-101c-47e1-acd3-83fd82ac1220/iso-astm-tr-52905-2023>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO/ASTM International 2023

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 un intranet, sans autorisation écrite soit de l'ISO à l'adresse ci-après, soit d'un organisme membre de l'ISO dans le pays du demandeur. Aux États-Unis, les demandes doivent être adressées à ASTM International.

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)

ASTM International  
100 Barr Harbor Drive, PO Box C700  
West Conshohocken, PA 19428-2959, USA  
Tél.: +610 832 9634  
Fax: +610 832 9635  
E-mail: [khooper@astm.org](mailto:khooper@astm.org)  
Web: [www.astm.org](http://www.astm.org)

Publié en Suisse

# Sommaire

Page

|                                                                                        |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Avant-propos</b>                                                                    | <b>v</b>   |
| <b>Introduction</b>                                                                    | <b>vi</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 Potentiel d'END pour l'authentification et/ou l'identification</b>                | <b>2</b>   |
| <b>5 Liste des termes abrégés</b>                                                      | <b>3</b>   |
| <b>6 Imperfections/défauts types en FA</b>                                             | <b>4</b>   |
| 6.1 Origines/causes des imperfections                                                  | 4          |
| 6.2 Classification des imperfections/défauts                                           | 4          |
| 6.3 Stratégies de classification des défauts pour la FA                                | 12         |
| <b>7 Examen des normes d'END</b>                                                       | <b>13</b>  |
| 7.1 Normes relatives aux END post-traitement                                           | 13         |
| 7.1.1 Examen ISO                                                                       | 14         |
| 7.2 Examen END en cours de fabrication                                                 | 16         |
| <b>8 Structure de choix normalisée pour la FA</b>                                      | <b>19</b>  |
| <b>9 Potentiel des techniques d'END pour les défauts de FA uniquement</b>              | <b>19</b>  |
| <b>10 Artéfacts de FA</b>                                                              | <b>30</b>  |
| 10.1 Conception                                                                        | 30         |
| 10.1.1 Artéfact en étoile                                                              | 30         |
| 10.1.2 Artéfact à la carte                                                             | 37         |
| 10.2 Fabrication                                                                       | 39         |
| 10.2.1 Artéfact en étoile                                                              | 39         |
| 10.2.2 Artéfact à la carte                                                             | 40         |
| <b>11 Essais et validation d'une méthode d'END à l'aide d'artéfacts en étoile</b>      | <b>41</b>  |
| 11.1 Essais expérimentaux                                                              | 41         |
| 11.1.1 Tomodensitométrie – TDM (MTC, GE et EWI)                                        | 42         |
| 11.1.2 Imagerie neutronique — IN et rayonnement par synchrotron — SX (HZB et ESRF)     | 46         |
| 11.1.3 Contrôles thermographiques — TT (Université de Bath)                            | 54         |
| 11.1.4 Méthodes de spectroscopie de résonance ultrasonore — RUS                        | 63         |
| 11.1.5 Contrôles par ultrasons — UT et UT en réseau phasé — PAUT (EWI, NIST et LNE)    | 79         |
| 11.1.6 Contrainte résiduelle — CR (ILL)                                                | 85         |
| <b>12 Validation des défauts fabriqués dans un artéfact en étoile (découpe au MTC)</b> | <b>90</b>  |
| 12.1 Résumé de la procédure par TDM                                                    | 90         |
| 12.1.1 Appareil                                                                        | 92         |
| 12.1.2 Signification des données/interprétation des résultats                          | 92         |
| 12.2 Résumé de la procédure par métallographie                                         | 96         |
| 12.2.1 Appareil                                                                        | 97         |
| 12.2.2 Signification des données/Interprétation des résultats                          | 97         |
| 12.3 Commentaires/observations                                                         | 99         |
| <b>13 Essais END pour un artéfact à la carte</b>                                       | <b>100</b> |
| 13.1 Résumé de la procédure                                                            | 100        |
| 13.2 Appareil                                                                          | 100        |
| 13.3 Signification des données/interprétation des résultats                            | 100        |
| 13.4 Commentaires/observations                                                         | 104        |
| <b>14 Résumé des conclusions des essais par matériau</b>                               | <b>104</b> |

|                               |                                                                                                                                            |            |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>15</b>                     | <b>Principales conclusions</b> .....                                                                                                       | <b>108</b> |
| <b>Annexe A</b> (informative) | <b>Causes et effets de défauts dans un procédé DED à fil et PBF</b> .....                                                                  | <b>111</b> |
| <b>Annexe B</b> (informative) | <b>Examen des normes d'END existantes pour le soudage ou le moulage pour une application d'imperfections de FA après fabrication</b> ..... | <b>113</b> |
| <b>Annexe C</b> (informative) | <b>Artéfacts en étoile utilisés pendant les essais</b> .....                                                                               | <b>119</b> |
| <b>Annexe D</b> (informative) | <b>Résumé des technologies de fabrication et d'END d'artéfact en étoile pour les essais</b> .....                                          | <b>123</b> |
| <b>Annexe E</b> (informative) | <b>Paramètres de TDM et montage de TDM utilisés pour l'inspection et la validation</b> .....                                               | <b>126</b> |
| <b>Annexe F</b> (informative) | <b>Paramètres et montage pour une inspection par imagerie neutronique (IN) et par synchrotron (Sx)</b> .....                               | <b>143</b> |
| <b>Annexe G</b> (informative) | <b>Montage pour une inspection TP et SHT</b> .....                                                                                         | <b>149</b> |
| <b>Annexe H</b> (informative) | <b>Contrôle par ultrasons</b> .....                                                                                                        | <b>152</b> |
| <b>Annexe I</b> (informative) | <b>Caractérisation des contraintes résiduelles du Ti6Al4V par diffraction neutronique</b> .....                                            | <b>165</b> |
| <b>Bibliographie</b> .....    |                                                                                                                                            | <b>167</b> |

**iTeh Standards**  
**(<https://standards.iteh.ai>)**  
**Document Preview**

[ISO/ASTM TR 52905:2023](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/12b7de41-101c-47e1-acd3-83fd82ac1220/iso-astm-tr-52905-2023)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/12b7de41-101c-47e1-acd3-83fd82ac1220/iso-astm-tr-52905-2023>

## 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 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/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 [www.iso.org/iso/fr/avant-propos](http://www.iso.org/iso/fr/avant-propos).

Le comité chargé de l'élaboration du présent document est l'ISO/TC 261, *Fabrication additive*, en coopération avec le Comité ASTM F 42, *Technologies de fabrication additive*, dans le cadre d'un accord de partenariat entre l'ISO et ASTM International dans le but de créer un ensemble commun de normes ISO/ASTM sur la fabrication additive, en collaboration avec le comité technique CEN/TC 438, *Fabrication additive*, du Comité Européen de Normalisation (CEN), conformément à l'Accord de coopération technique entre l'ISO et le CEN (Accord de Vienne).

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse [www.iso.org/fr/members.html](http://www.iso.org/fr/members.html).

## Introduction

En réponse au besoin urgent de normes pour la fabrication additive (FA), le présent document indique initialement des méthodes d'Essais non destructifs (END) ayant le potentiel de détecter des défauts et de déterminer la distribution des déformations résiduelles qui sont générées dans les procédés de FA. Un certain nombre de ces méthodes ont été vérifiées. La stratégie adoptée a été d'examiner les normes d'END existantes concernant des procédés de fabrication matures qui sont similaires à la FA, à savoir le moulage et le soudage. Cela réduit potentiellement le nombre de normes requises pour couvrir exhaustivement les défauts dans la FA. Pour les défauts spécifiques à la FA identifiés, le présent document propose une approche d'END à deux niveaux: un artéfact en étoile en tant qu'Indicateur de qualité initiale (IQI) et un artéfact à la carte où un exemple montre les étapes spécifiques à suivre pour la pièce réalisée par FA unique très spécifique à fabriquer, ouvrant la voie à un cadre structuré et global.

La plupart des méthodes d'inspection de métaux des END utilisent des ultrasons ou des rayons X, mais ces techniques ne peuvent pas toujours prendre en charge les formes compliquées habituellement produites par FA. Dans la majorité des circonstances, la tomographie à densité (TDM) est une méthode plus adaptée, mais elle présente aussi des limites et des possibilités d'amélioration ou d'adaptation à la FA, en plus d'être une méthode coûteuse à la fois en temps et en argent.

Le présent document inclut des essais non destructifs post-traitement de fabrication additive (FA) de pièces métalliques avec une approche globale. Il couvre plusieurs secteurs, et un cadre similaire peut être appliqué à d'autres matériaux (par exemple céramique, polymères, etc.). Les normes sur les END et la métrologie en cours de fabrication sont référencées à mesure qu'elles sont élaborées. Le présent document expose la capacité des normes actuelles à détecter lesquels des types d'imperfection de fabrication additive (FA) et quelles imperfections exigent de nouvelles normes, en utilisant un outil de sélection normalisé. Les méthodes d'END ayant le potentiel le plus élevé sont soumises à l'essai.

(<https://standards.iteh.ai>)  
Document Preview

[ISO/ASTM TR 52905:2023](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/12b7de41-101c-47e1-acd3-83fd82ac1220/iso-astm-tr-52905-2023)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/12b7de41-101c-47e1-acd3-83fd82ac1220/iso-astm-tr-52905-2023>

# Fabrication additive de métaux — Essais et évaluation non destructifs — Détection de défauts dans les pièces

## 1 Domaine d'application

Le présent document catégorise les défauts de fabrication additive (FA) de la catégorie de procédés DED et PBF par laser et faisceau d'électrons, fournit un examen des normes d'END actuelles pertinentes, détaille des méthodes d'END qui sont spécifiques à la FA et aux géométries 3D complexes et définit des techniques d'essais non destructifs existantes qui s'appliquent à certains types de défauts de FA.

Le présent document est destiné aux utilisateurs et aux producteurs de procédés de FA et s'applique, en particulier, à ce qui suit:

- les applications de FA critiques pour la sécurité;
- la confiance assurée dans la FA;
- les produits rétroconçus fabriqués par FA;
- les organismes d'essai souhaitant comparer les géométries demandées et les géométries réelles.

## 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 11484, *Produits en acier — Système de qualification, par l'employeur, du personnel pour essais non destructifs (END)*

ISO/ASTM 52900, *Fabrication additive — Principes généraux — Fondamentaux et vocabulaire*

ASTM E1316, *Terminology for Nondestructive Testing*

EN 1330-2, *Essais non destructifs — Terminologie — Partie 2: Termes communs aux méthodes d'essais non destructifs*

## 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les définitions des ISO/ASTM 52900, ASTM E1316, EN 1330-2 et ISO 11484 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:

- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org/>

### 3.1

#### type d'imperfection

élément identifiable qui définit une imperfection spécifique

Note 1 à l'article: terme défaut (defect), ce mot est utilisé pour une imperfection (flaw) qui ne remplit pas les critères d'acceptation spécifiés et est rejetable.