
**Fabrication additive —
Caractéristiques et performances du
procédé — Pratique du procédé de
fusion sur lit de poudre métallique
en vue de répondre aux applications
critiques**

iTeh STANDARD PREVIEW

*Additive manufacturing — Process characteristics and performance
Practice for metal powder bed fusion process to meet critical
applications*

ISO/ASTM 52904:2019

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bf97703-8519-4030-bf78-52c850641a6f/iso-astm-52904-2019>



iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO/ASTM 52904:2019](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bff97703-8519-4030-bf78-52c850641a6f/iso-astm-52904-2019)
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bff97703-8519-4030-bf78-52c850641a6f/iso-astm-52904-2019>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO/ASTM International 2019

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
Web: 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
Web: www.astm.org

Publié en Suisse

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 (voir www.iso.org/directives).

ASTM International est l'un des plus grands organismes d'élaboration de normes volontaires dans le monde, qui attire la participation mondiale des parties prenantes concernées. Les comités techniques de l'ASTM suivent des procédures rigoureuses de vote en bonne et due forme.

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 et ASTM International ne sauraient être tenues pour responsables 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).

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bf97703-8519-4030-bf78->

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.

Le présent document a été élaboré par le Comité F42 de l'ASTM, *Technologies de fabrication additive* (comme ASTM F3303-2018), et a été rédigé conformément à ses règles éditoriales. Il a été attribué au Comité Technique ISO/TC 261, *Fabrication additive*, et adopté selon la «procédure par voie express».

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.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/ASTM 52904:2019](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bff97703-8519-4030-bf78-52c850641a6f/iso-astm-52904-2019>

La présente Norme internationale a été élaborée conformément aux principes internationalement reconnus de normalisation établis dans la Décision sur les principes pour l'élaboration de normes internationales, guides et recommandations publiée par le Comité des obstacles techniques au commerce (OTC) de l'Organisation mondiale du commerce.

Fabrication additive — Caractéristiques et performances du procédé — Pratique du procédé de fusion sur lit de poudre métallique en vue de répondre aux applications critiques¹

La présente norme est publiée sous la désignation fixe F3303; le nombre qui se trouve juste derrière la désignation indique l'année de l'adoption originale ou, en cas de révision, l'année de la dernière révision. Un nombre entre parenthèses indique l'année de la dernière réapprobation. Un epsilon(ε) en exposant indique un changement rédactionnel depuis la dernière révision ou la dernière réapprobation.

1 Domaine d'application

1.1 La présente pratique décrit le fonctionnement et le contrôle de production des machines et des procédés de fusion sur lit de poudre métallique (PBF) pour répondre à des applications critiques, telles que les composants aérospatiaux commerciaux et les implants médicaux. Les exigences contenues ci-après sont applicables aux composants de production et aux éprouvettes d'essai mécaniques utilisant la fusion sur lit de poudre (PBF) avec des faisceaux laser et électroniques.

1.2 *La présente norme ne prétend pas traiter de tous les problèmes de sécurité, s'ils existent, associés à son utilisation. Il est de la responsabilité de l'utilisateur de la présente norme d'établir des pratiques de sécurité, d'hygiène et d'environnement appropriées, et de déterminer l'applicabilité des restrictions réglementaires avant utilisation.*

1.3 *La présente Norme internationale a été élaborée conformément aux principes internationalement reconnus de normalisation établis dans la Décision sur les principes pour l'élaboration de normes internationales, guides et recommandations publiée par le Comité des obstacles techniques au commerce (OTC) de l'Organisation mondiale du commerce.*

2 Références normatives

2.1 Les documents suivants cités dans le texte 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).

¹ Cette pratique relève de la juridiction du Comité F42 de l'ASTM sur les Technologies de fabrication additive et est sous la responsabilité directe du sous-comité F42.05 sur les Matériaux et procédés, et elle relève également de la juridiction de l'ISO/TC 261.

Présente édition approuvée le 1^{er} février 2018. Publiée en juin 2018. DOI: 10.1520/F3303-18.

2.2 Normes ASTM:²

E8/E8M Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials

E11 Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves

E2910 Guide for Preferred Methods for Acceptance of Product

F2924 Specification for Additive Manufacturing Titanium-6 Aluminum-4 Vanadium with Powder Bed Fusion

F2971 Practice for Reporting Data for Test Specimens Prepared by Additive Manufacturing

F3049 Guide for Characterizing Properties of Metal Powders Used for Additive Manufacturing Processes

F3122 Guide for Evaluating Mechanical Properties of Metal Materials Made via Additive Manufacturing Processes

2.3 Normes ISO/ASTM:²

52900 Fabrication additive — Principes généraux — Terminologie

52921 Terminologie normalisée pour la fabrication additive — Systèmes de coordonnées et méthodes d'essai

2.4 Normes ISO:³

4497 Poudres métalliques — Détermination de la granulométrie par tamisage à sec

D6892-1 Matériaux métalliques — Essai de traction — Partie 1: Méthode d'essai à température ambiante

D6892-2 Matériaux métalliques — Essai de traction — Partie 2: Méthode d'essai à température élevée

8573-1 Air comprimé — Partie 1: Polluants et classes de pureté

9001 Systèmes de management de la qualité — Exigences

9044 Tissus métalliques industriels — Exigences techniques et vérifications

² Pour les normes ASTM citées en référence, consulter le site Internet de l'ASTM, www.astm.org, ou contacter le Service Clients d'ASTM à l'adresse mail service@astm.org. Pour les informations concernant le « *Annual Book of ASTM Standards* » (Annuaire annuel des normes ASTM), se reporter à la page « Document Summary » (récapitulatif des documents) sur le site Internet de l'ASTM.

³ Disponibles auprès de l'Organisation internationale de normalisation (ISO), Secrétariat central de l'ISO, BIBC II, Chemin de Blandonnet 8, CP 401, 1214 Vernier, Genève, Suisse, <http://www.iso.org>.

13320 Analyse granulométrique — Méthodes par diffraction laser

13485 Dispositifs médicaux — Systèmes de management de la qualité — Exigences à des fins réglementaires

2.5 *Autres normes:*

ANSI/ASQC C1-1996 Specification of General Requirements for a Quality Program⁴

AS9100 Quality Management Systems — Requirements for Aviation, Space, and Defense Organizations⁵

3 Termes et définitions

3.1 Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans la Spécification F2924, l'ISO/ASTM 52900, l'ISO/ASTM 52921 et le Guide E2910 ainsi que les suivants s'appliquent.

3.2 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 <https://www.iso.org/obp>

3.3 *Définitions:*

3.3.1

programmeur de fabrication

personne responsable de la programmation d'une fabrication comprenant l'orientation de la pièce, l'imbrication de la ou des pièces et l'application des paramètres de fabrication critiques

3.3.2

opérateur de la machine

personne responsable du déclenchement des fabrications et de la rotation des machines, qui comprend, mais non exclusivement, le chargement de la poudre de matière première, le chargement des plates-formes de fabrication, l'enlèvement des fabrications terminées et le nettoyage régulier des machines ainsi que les changements de filtre

3.3.3

lame de réenduisage

partie de la machine qui entre en contact avec et diffuse la matière première dans la zone de fabrication

⁴ Disponible auprès de l'American National Standards Institute (ANSI), 25 W. 43rd St., 4th Floor, New York, NY 10036, <http://www.ansi.org>.

⁵ Disponible auprès de SAE International (SAE), 400 Commonwealth Dr., Warrendale, PA 15096, <http://www.sae.org>.

3.3.3.1 *Discussion* — La lame de réenduisage peut aussi être appelée râteau, dispositif de réenduisage, rouleau ou brosse.

4 Identification des matériaux PBF

4.1 Les matériaux couverts par le présent document (c'est-à-dire, poudre et pièce consolidée/entrants et sortants de la machine PBF) doivent être identifiés par des mentions sur la spécification, comprenant, mais sans s'y limiter, les éléments suivants:

4.1.1 Désignation d'alliage conformément aux exigences; lorsqu'aucune désignation d'alliage n'existe, la composition chimique doit être indiquée.

4.1.2 *Type de poudre* — Vierge, usagée, amalgame ou mélange.

4.1.3 *État de surface* — En tant que fabrication, média projeté, supports retirés par usinage ou ébavurage manuel, conformément aux indications de la spécification, ou toute combinaison de types de finition.

4.1.4 *Tolérances dimensionnelles* — Conformément aux indications de la spécification ou à la capacité de production de la machine PBF.

NOTE 1 4.1.3 et 4.1.4 s'appliquent uniquement aux pièces consolidées.

5 Lots de matières premières et de poudre

5.1 Le fournisseur de matériaux doit emballer la poudre dans des conteneurs capables d'empêcher l'humidité de pénétrer dans les conteneurs. Aucun autre matériau, y compris sachets déshydratants, étiquettes ou étiquettes volantes, ne doit être placé à l'intérieur des conteneurs en contact avec la poudre.

5.2 Toute matière première doit avoir un certificat de conformité du fournisseur de matériaux indiquant que la matière première satisfait aux exigences de la spécification d'achat.

5.3 La poudre métallique doit être achetée auprès d'un fournisseur de matériaux agréé sur le SMQ (système de management de la qualité (voir 6.3)), d'une LFA (liste des fournisseurs agréés) ou d'un fournisseur de matériaux demandé par le client. La poudre doit être vérifiée pour la conformité aux spécifications du matériau. Une certification de poudre fournie par un tiers peut être utilisée. Le Guide F3049, l'ISO 4497 et l'ISO 13320 fournissent des recommandations sur le mesurage de la distribution granulométrique.

5.4 Le fabricant du composant doit avoir une spécification de matières premières avec laquelle les matières premières peuvent être commandées et soumises à essai. Les matières premières utilisées à des fins de qualification peuvent requérir une poudre réutilisée limitée de sorte que la poudre utilisée pour une fabrication de qualification à une autre demeure aussi constante que possible (par exemple, en utilisant des matières premières vierges puisque l'objectif de la qualification est de vérifier la constance du fonctionnement de la machine dans le temps).

5.4.1 Une spécification de matière première doit comprendre, mais sans s'y limiter, la composition chimique, la distribution granulométrique et la méthodologie de fabrication.

5.5 La poudre doit être entreposée dans une zone environnementale confinée pour empêcher la contamination et l'absorption d'humidité.

5.6 La poudre usagée est autorisée (voir 7.1.1.4.1 pour l'exigence sur la poudre usagée qui est transformée à l'aide d'une lame de réenduisage en céramique). La proportion de poudre vierge par rapport à la poudre usagée doit être enregistrée et consignée pour chaque série de production sur le plan de fabrication (Article 10). Les systèmes automatisés d'alimentation en poudre peuvent ne pas permettre de mesurer et enregistrer avec précision la proportion de poudre vierge par rapport à la poudre usagée sur le plan de fabrication. Dans ces systèmes, la matière première doit être considérée comme de la poudre usagée. Le nombre maximal de fois que la poudre usagée peut être consommée ainsi que le nombre de fois qu'une partie quelconque d'un lot de poudre peut être traitée dans la chambre de fabrication doivent être validés conformément à 7.3. Après un cycle de fabrication, toute poudre usagée restante peut être mélangée avec de la poudre vierge pour maintenir une quantité de poudre suffisamment grande pour le cycle de fabrication suivant. Les caractéristiques critiques de la poudre impactant les qualifications conformes à 7.3 doivent être analysées régulièrement. Toute la poudre usagée doit être tamisée avec un tamis ayant un maillage approprié pour retirer toutes les agglomérations. Tous les tamis à poudre utilisés pour la fabrication de pièces doivent avoir un certificat de conformité attestant qu'ils ont été fabriqués selon l'ISO 9044 ou la Spécification E11.

6 Exigences relatives au personnel

6.1 Les exigences de l'ISO 13485 en matière de compétences du personnel doivent s'appliquer, y compris l'éducation, la formation, les compétences et l'expérience appropriées.

6.2 Le responsable de fabrication, l'opérateur de la machine ou le programmeur de fabrication (tels que définis à l'Article 3) doivent être formés par le fabricant de la machine ou par un organisme qualifié pour le matériel et le logiciel de la machine PBF, le cas échéant.

6.3 Sur les machines qui sont qualifiées conformément à 7.3, le fabricant de la machine doit dispenser une formation continue au fur et à mesure que de nouvelles versions matérielles et logicielles sont achetées et mises en œuvre. Les registres de cette formation doivent être conservés dans les dossiers de formation des employés, conformément à un système local de management de la qualité (par exemple, ISO 9001, ISO 13485, ASQC C1, AS 9100), pour servir de référence pour les clients, ou pour des organismes de réglementation externes, ou les deux.

6.4 Seules les personnes formées conformément à 6.1 et 6.2 doivent être considérées comme du personnel qualifié.

7 Qualification

7.1 Vérifications préalables à la fabrication

7.1.1 Le présent article décrit les vérifications préalables à la fabrication appliquées à toutes les fabrications indépendamment de leur finalité (par exemple, maintenance préventive périodique, qualification des machines/procédés, fabrications de mise à l'échelle/étalonnage, etc.). Les contrôles préalables à la fabrication doivent comprendre, sans s'y limiter :

7.1.1.1 *Registre de maintenance* — Vérifier le registre de maintenance (voir 7.2.2) et le statut de qualification de la machine (voir 7.3).

7.1.1.2 *Quantité de matière première requise* — Vérifier que la quantité requise pour la fabrication est disponible.

7.1.1.3 *Plate-forme de fabrication (également appelée plaque de fabrication ou plaque de démarrage)* — S'assurer que le numéro de série de la plate-forme de fabrication correspond à celui spécifié sur le plan de fabrication (Article 10). La plate-forme de fabrication doit être exempte de toute contamination de surface (y compris saleté, huile ou graisse), ainsi que de toute forme de défauts entraînant la formation d'un lit de poudre irrégulier. Les plates-formes de fabrication doivent être inspectées visuellement et rejetées en cas de dommage ou de non-conformité manifeste. La plate-forme doit être installée sur une machine PBF en utilisant les instructions appropriées du SMQ.

7.1.1.4 *Lame de réenduisage* — S'assurer de la compatibilité des matériaux avec les matières premières et les matériaux consolidés, de la propreté et de l'absence de toute forme de défauts entraînant la formation d'un lit de poudre irrégulier et d'un espacement homogène entre le dispositif de réenduisage et la plate-forme de fabrication sur l'ensemble des sites, conjointement avec 10.1.2.2.

7.1.1.4.1 Avant le démarrage d'une fabrication sur la machine PBF, la lame de réenduisage doit être inspectée. L'opérateur de la machine doit inspecter visuellement et vérifier que la lame de réenduisage est exempte de tous copeaux, rayures, débris ou déformations, et qu'elle est installée conformément aux recommandations du fabricant de la machine. Seuls les matériaux qualifiés doivent être utilisés sur une machine PBF conformément à 7.3. La composition chimique de la lame de réenduisage doit être enregistrée sur le plan de fabrication. Les machines PBF ayant une lame de réenduisage en polymère doivent être validées pour démontrer que le polymère ne contamine pas la matière première, en l'analysant et en le rapprochant de la composition chimique de la matière première de la poudre et de celle de la pièce consolidée. Lorsqu'une inspection n'est pas possible en raison du site d'installation, il convient de remplacer les lames de réenduisage en polymère par une neuve à la fin de chaque fabrication. Les matières premières usagées traitées avec une lame de réenduisage en céramique ne doivent pas être davantage traitées. Le présent paragraphe ne s'applique pas aux machines PBF qui utilisent uniquement des rouleaux pour répandre la poudre.

7.1.1.5 *Systèmes auxiliaires (par exemple, gaz de protection, filtres)* — S'assurer du type, de la fonction et de la propreté corrects des systèmes auxiliaires (au minimum de qualité 4.8 pour les gaz de protection).

7.1.1.6 *Température du refroidisseur et écoulement du fluide caloporteur* — Vérifier la température du refroidisseur et l'écoulement du fluide caloporteur (le cas échéant, conformément aux recommandations du fabricant de la machine). Enregistrer la température du refroidisseur sur le plan de fabrication avant chaque cycle de fabrication.

7.1.1.7 *Environnement de la chambre de fabrication* — Pour les machines qui ont des filtres à gaz de protection, il ne doit y avoir aucune restriction de débit pendant le fonctionnement de la machine.

7.1.1.8 *Gaz externe* — Le type et le débit de gaz doivent satisfaire à la recommandation du fabricant de la machine pour la matière première.

7.1.1.9 *Matières premières et paramètres de référence de la machine et du procédé* — S'assurer que les matières premières et les paramètres (par exemple, décalage du faisceau, paramètres du faisceau, énergie d'alimentation) sont corrects pour la fabrication.

7.1.1.10 *Vérification de la puissance du faisceau* — Les instructions pour la vérification de la puissance du faisceau laser ou d'électrons doivent être déterminées par le fabricant du composant et être enregistrées dans un document SMQ. La puissance du faisceau laser ou d'électrons doit être mesurée et documentée sur le plan de fabrication immédiatement avant le début de la fabrication et à la fin de toutes les fabrications.

7.1.1.11 *Fichiers, orientation et emplacement de la pièce* — Tous les fichiers de la pièce liés à la géométrie numérique (par exemple, STF, AMF) doivent correspondre à la révision prévue, à l'orientation et à l'emplacement de la pièce sur la plate-forme de fabrication, comme indiqué sur le plan de fabrication.

7.1.1.12 *Stock d'usinage* — S'assurer que le stock d'usinage est ajouté à la ou aux pièces conformément au plan de fabrication.

7.1.1.13 *Imbrication des pièces* — L'imbrication des pièces sur la plate-forme de fabrication, telle qu'affichée par le logiciel de traitement de fabrication PBF, doit être enregistrée (par exemple, avec une capture d'écran).

7.2 *Maintenance préventive périodique (accréditation par un organisme tiers)*

7.2.1 Les machines PBF doivent faire l'objet d'une maintenance préventive (MP) par des techniciens formés conformément à la fréquence recommandée du fabricant de la machine (par exemple, au minimum tous les six mois ou après un nombre donné d'heures de fabrication). Les machines PBF dont la maintenance préventive est devenue caduque ne doivent pas être utilisées pour satisfaire aux exigences du présent document. La procédure de maintenance doit confirmer l'efficacité et le bon fonctionnement de chaque machine principale et de chaque composant de la machine qui affecte la qualité du produit. Cela doit comprendre, mais sans s'y limiter :

7.2.1.1 *Puissance du faisceau laser ou d'électrons* — S'assurer que les caractéristiques du faisceau sont dans la tolérance recommandée du fabricant de la machine. Vérifier au moyen d'essais que la sortie du faisceau laser ou d'électrons correspond au point de consigne du logiciel, conformément aux recommandations du fabricant ou aux exigences de la spécification, les plus restrictives étant retenues. Il convient que les utilisateurs de mesureurs de puissance tiennent compte de l'incertitude d'étalonnage du détecteur lors du mesurage et de la