
**Fabrication additive — Principes de
qualification — Qualification des
opérateurs machine des machines
à fusion laser sur lit de poudre
et équipements utilisés dans les
applications aéronautiques**

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)
*Additive manufacturing — Qualification principles — Qualifying
machine operators of laser metal powder bed fusion machines and
equipment used in aerospace applications*

[ISO/ASTM 52942:2020](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b5c4e5b1-5f5c-4f41-b586-aa8c8d8d46ba/iso-astm-52942-2020)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b5c4e5b1-5f5c-4f41-b586-aa8c8d8d46ba/iso-astm-52942-2020>



iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO/ASTM 52942:2020](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b5c4e5b1-5f5c-4f41-b586-aa8c8d8d46ba/iso-astm-52942-2020)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b5c4e5b1-5f5c-4f41-b586-aa8c8d8d46ba/iso-astm-52942-2020>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO/ASTM International 2020

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

E-mail: copyright@iso.org
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

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

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Qualification	2
4.1 Généralités.....	2
4.2 Variables essentielles et gamme de qualification.....	2
4.2.1 Généralités.....	2
4.2.2 Groupe de matériau poudreux.....	3
4.2.3 Modèle de machine.....	3
4.3 Justificatif d'acuité visuelle.....	3
4.4 Essai théorique.....	3
4.5 Essai pratique.....	4
5 Certificat d'essai de qualification	4
6 Validité des essais	4
6.1 Généralités.....	4
6.2 Durée de validité.....	4
6.3 Essai de requalification.....	5
6.4 Essai supplémentaire.....	5
Annexe A (normative) Contenu de l'évaluation théorique	6
Annexe B (normative) Contenu de l'évaluation pratique	7
Annexe C (informative) Exemple de certificat d'essai de qualification pour les opérateurs de machines de fusion laser sur lit de poudre métallique	9
Annexe D (informative) Exemple de spécification de mode opératoire de fabrication additive (APS)	11
Bibliographie	13

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 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).

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.

(standards.iteh.ai)

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 l'ISO/TC 261, *Fabrication additive*, en coopération avec l'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 et en collaboration avec le Comité Européen de Normalisation (CEN), Comité technique CEN/TC 438, *Fabrication additive*, conformément à l'Accord de coopération technique entre l'ISO et le CEN (Accord de Vienne).

Il convient que tout retour d'information ou questions sur le présent document soit adressé à l'organisme national de normalisation de l'utilisateur. Une liste complète de ces organismes peut être consultée à l'adresse www.iso.org/members.html.

Fabrication additive — Principes de qualification — Qualification des opérateurs machine des machines à fusion laser sur lit de poudre et équipements utilisés dans les applications aérospatiales

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les exigences pour la qualification des opérateurs de machines de fusion laser sur lit de poudre métallique et des équipements de fabrication additive dans les applications aérospatiales.

Le présent document est applicable si l'essai de qualification de l'opérateur est exigé par un contrat ou par les normes d'application.

2 Références normatives

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).

ISO/ASTM 52900, *Fabrication additive — Principes généraux — Partie 1: Terminologie*

ISO/ASTM 52921, *Terminologie normalisée pour la fabrication additive — Systèmes de coordonnées et méthodes d'essai*

ISO 18490, *Essais non destructifs — Évaluation de l'acuité visuelle du personnel END*

EN 4179, *Série aérospatiale — Qualification et agrément du personnel pour les essais non destructifs*

NAS 410, *NAS CERTIFICATION & QUALIFICATION OF NONDESTRUCTIVE TEST PERSONNEL*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO/ASTM 52900, l'ISO/ASTM 52921, 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 <http://www.electropedia.org/>

3.1

examineur

personne désignée pour vérifier la conformité à la norme applicable

Note 1 à l'article: Dans certains cas, un examineur externe indépendant peut être exigé.

[SOURCE: ISO 14732:2013, 3.12]

3.2

organisme d'examen

organisme qui a été désigné pour vérifier la conformité à la norme applicable

Note 1 à l'article: Dans certains cas, un organisme d'examen externe indépendant peut être exigé.

[SOURCE: ISO 14732:2013, 3.13]

3.3

opérateur

personne qui utilise des machines de fusion laser sur lit de poudre métallique et un équipement pour la fabrication additive

3.4

spécification du mode opératoire de fabrication additive APS pour additive manufacturing procedure specification

document qui a été qualifié et qui fournit les variables requises du procédé de fabrication additive pour assurer la répétabilité pendant la production

3.5

spécification préliminaire du mode opératoire de fabrication additive PAPS pour preliminary additive manufacturing procedure specification

document contenant les variables requises du mode opératoire de fabrication additive qui doit encore être qualifié

4 Qualification

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

4.1 Généralités

Il doit y avoir un coordinateur désigné, par écrit, comme responsable de l'essai de qualification de l'opérateur, de la requalification et de la disqualification. Le coordinateur doit posséder les connaissances et l'expérience pertinentes pour le processus de fusion laser sur lit de poudre et être acceptable pour l'autorité responsable.

Les essais de qualification des opérateurs doivent comprendre les aspects suivants:

- a) essai théorique;
- b) essai pratique;
- c) justificatif d'acuité visuelle.

L'essai pratique des opérateurs doit suivre une spécification du mode opératoire de fabrication additive. Un exemple de spécification du mode opératoire de fabrication additive (APS) est donné à l'[Annexe D](#).

4.2 Variables essentielles et gamme de qualification

4.2.1 Généralités

La qualification des opérateurs de machines de fusion laser sur lit de poudre métallique pour fabrication additive est basée sur des variables essentielles. Pour chaque variable essentielle, une gamme de qualification est définie. Si l'opérateur doit travailler en dehors de la gamme de qualification, un nouvel essai de qualification est exigé. Les variables essentielles sont:

- a) les groupes de matériau poudreux;
- b) le modèle de machine.

NOTE Pour le modèle de machine, voir [4.2.3](#).

4.2.2 Groupe de matériau poudreux

L'essai théorique dans le cadre du domaine d'application de la qualification doit être adapté en fonction du groupe de matériau poudreux utilisé pour la production.

Groupe de matériau A: aciers non alliés, aciers faiblement alliés, aciers ferritiques fortement alliés.

Groupe de matériau B: aciers austénitiques, martensitiques et à durcissement par précipitation.

Groupe de matériau C: titane et alliages de titane, niobium, zirconium et autres métaux réactifs.

Groupe de matériau D: aluminium et alliages de magnésium.

Groupe de matériau E: matériaux qui ne sont pas conformes aux autres groupes de matériaux (par exemple, molybdène, tungstène, alliages de cuivre, aluminure de titane).

Groupe de matériau F: alliages de nickel, alliages de cobalt.

Une qualification effectuée dans un groupe de matériau qualifie uniquement pour ce groupe spécifique.

4.2.3 Modèle de machine

Le modèle de machine dépend du fabricant de machine et du type de machine spécifique.

4.3 Justificatif d'acuité visuelle

Toutes les limites (par exemple, aide visuelle lorsqu'elle est requise pour la réussite à l'essai visuel) doivent être documentées dans le certificat d'essai de qualification. Toutes les limites dans la perception de la couleur doivent être évaluées avant la qualification et doivent être documentées dans le certificat d'essai de qualification.

Les exigences visuelles doivent être satisfaites en utilisant un seul œil ou les deux yeux. Le candidat doit atteindre avec succès l'acuité en vision de près et la perception de la couleur spécifiées ici.

Les essais visuels doivent être gérés par un personnel compétent.

La méthode pour l'évaluation de l'acuité en vision de près doit être choisie parmi les suivantes:

- a) Tableau optométrique Jaeger n°2 à approximativement 400 mm;
- b) Visus 0,8 à approximativement 400 mm;
- c) Exigences visuelles de l'EN 4179/NAS 410 ou de l'ISO 18490.

NOTE Les résultats des 3 méthodes d'essai de vision de près ne sont pas tout à fait comparables.

La perception de la couleur doit être examinée par une méthode appropriée, par exemple, l'essai d'Ishihara.

La vision de près doit être soumise à essai par rapport à ces exigences au moins tous les 2 ans. La perception de la couleur doit être soumise à essai par rapport à ces exigences au moins tous les 6 ans.

4.4 Essai théorique

L'essai théorique doit comprendre le contenu donné à l'[Annexe A](#).

Les connaissances théoriques doivent au minimum être prouvées par un questionnaire à choix multiples. L'essai doit contenir au minimum 20 questions. Au moins 80 % des questions doivent recevoir une réponse correcte.

4.5 Essai pratique

L'essai pratique doit comprendre le contenu donné à l'[Annexe B](#).

Pour prouver les aptitudes pratiques, l'opérateur doit démontrer les étapes nécessaires du procédé sur une machine de fusion laser basée sur lit de poudre métallique et doit régler la machine conformément à une spécification (préliminaire) de mode opératoire de fabrication additive (APS ou PAPS).

NOTE Voir l'[Annexe D](#) pour un exemple d'un APS.

Les aptitudes avancées énumérées à l'[Annexe B](#) doivent être données sur le certificat d'essai de qualification après la formation et la réussite à l'essai.

5 Certificat d'essai de qualification

L'examineur ou l'organisme d'examen doit certifier que l'opérateur de la machine de fusion laser sur lit de poudre métallique a réussi tous les essais.

Si l'opérateur d'une machine de fusion laser sur lit de poudre métallique a échoué à l'un des essais conformes aux [4.3](#), [4.4](#) et/ou [4.5](#), aucun certificat d'essai de qualification ne doit être délivré.

Le certificat doit contenir au minimum ce qui suit:

- a) nom;
- b) date de naissance ou identifiant unique, par exemple, numéro de l'employé;
- c) modèle de machine (fabricant de machine et le type de machine spécifique) de la ou des machines utilisée(s) pour l'évaluation pratique;
- d) groupe(s) de matériau pris en compte dans l'essai théorique;
- e) le cas échéant, les aptitudes avancées de formation et d'essai (conformément à l'[Annexe B](#));
- f) verres correcteurs, s'ils sont exigés pour réussir l'essai d'acuité visuelle conformément à [4.3](#);
- g) date de délivrance du certificat;
- h) date d'expiration pour la durée de validité;
- i) nom et signature de l'examineur.

Le certificat doit être délivré sous la responsabilité de l'examineur ou de l'organisme d'examen. Un format suggéré de certificat est fourni à l'[Annexe C](#).

6 Validité des essais

6.1 Généralités

Le certificat d'essai de qualification est valable uniquement pour le modèle de machine, le ou les matériaux poudreux et les aptitudes qui ont été évalués.

6.2 Durée de validité

Le certificat d'essai de qualification est valable pour une durée de 2 ans. Le certificat d'essai de qualification de l'opérateur doit être renouvelé tous les 2 ans, conformément à [6.3](#).

Le certificat expire à la fin du mois correspondant à celui au cours duquel l'examen pratique a été passé.

Une requalification doit être effectuée pendant la période de validité à tout moment lorsque:

- a) il existe des raisons de penser que l'opérateur ne remplit pas les exigences de la qualification;
- b) l'opérateur n'a pas travaillé depuis plus de 6 mois sur le modèle de machine de la qualification;
- c) des résultats insatisfaisants se produisent sur des pièces représentatives, qui sont liés au réglage de la machine conformément à une spécification de mode opératoire.

6.3 Essai de requalification

Pour l'essai de requalification, les mêmes exigences que pour les essais de qualification initiale s'appliquent.

L'évaluation théorique peut être adaptée à l'expérience professionnelle de l'opérateur.

L'évaluation pratique peut être effectuée pendant la production.

Une évaluation de requalification réussie doit être enregistrée à la suite dans le certificat d'essai de qualification.

6.4 Essai supplémentaire

Un essai supplémentaire doit être réalisé pour ajouter un ou des modèles de machine, un ou des matériaux poudreux et des aptitudes avancées supplémentaires au certificat d'essai de qualification. Le contenu des évaluations théorique et pratique peut être limité aux variables supplémentaires.

Un essai supplémentaire n'affecte pas la validité du certificat d'essai de qualification initial.

[ISO/ASTM 52942:2020](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b5c4e5b1-5f5c-4f41-b586-aa8c8d8d46ba/iso-astm-52942-2020)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b5c4e5b1-5f5c-4f41-b586-aa8c8d8d46ba/iso-astm-52942-2020>