

NORME
INTERNATIONALE

ISO/ASTM
52902

Deuxième édition
2023-08

**Fabrication additive — Pièces types
d'essai — Évaluation de la capacité
géométrique des systèmes de
fabrication additive**

*Additive manufacturing — Test artefacts — Geometric capability
assessment of additive manufacturing systems*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO/ASTM 52902:2023

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9017972c-c2eb-4b1a-8eeb-8b0f6fa7f001/iso-astm-52902-2023>



Numéro de référence
ISO/ASTM 52902:2023(F)

© ISO/ASTM International 2023

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO/ASTM 52902:2023

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9017972c-c2eb-4b1a-8eeb-8b0f6fa7f001/iso-astm-52902-2023>



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
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

Sommaire

Page

Avant-propos	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Portée et utilisation	2
4.1 Généralités	2
4.2 Comparaison de résultats d'une machine	2
5 Principes généraux pour la production de pièces types d'essai	2
5.1 Généralités	2
5.2 Nécessité d'utiliser une matière première conforme à la spécification du matériau	2
5.3 Nécessité de mise en œuvre d'une intégration de pièce type conformément à une spécification de procédé documentée	3
5.4 Formats de fichier et préparation	3
5.5 Téléchargement des fichiers	3
5.6 Discussion sur la conversion de fichier	3
5.7 Format AMF privilégié (avec instructions/résolutions de conversion)	3
5.8 Nécessité d'une spécification d'essai et d'un procédé d'essai	4
5.9 Quantité de pièces types d'essai	4
5.10 Position et orientation des pièces types d'essai	4
5.11 Considérations pour l'orientation	4
5.12 Étiquetage	4
5.13 Couverture	4
5.14 Gammes	5
5.15 Consolidation de pièce	5
5.16 Supports et post-traitement	5
6 Principes généraux pour la mesure de pièces types	6
6.1 Généralités	6
6.2 Mesure de pièces à l'état fabriqué	6
6.3 Stratégie de mesure	6
6.4 Incertitude de mesure	6
7 Géométries de pièce type	7
7.1 Généralités	7
7.2 Exactitude	7
7.2.1 Pièce type linéaire	7
7.2.2 Pièce type circulaire	9
7.2.3 Pièce type de l'axe Z	11
7.3 Résolution	14
7.3.1 Tiges de résolution	14
7.3.2 Trous de résolution	16
7.3.3 Nervure de résolution	17
7.3.4 Fente de résolution	20
7.4 Texture de surface	22
7.4.1 Objectif	22
7.4.2 Géométrie	22
7.4.3 Mesure	23
7.4.4 Rapport	24
7.4.5 Considérations	25
7.5 Étiquetage	25
7.5.1 Objectif	25
7.5.2 Géométrie	25
7.5.3 Considérations	26
Annexe A (informative) Exemple de configurations de pièce type	27

Annexe B (informative) Techniques de mesure	29
Annexe C (informative) Modes opératoires de mesure	33
Annexe D (informative) Liste de noms et de dimensions d'échantillon	40
Bibliographie	42

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/ASTM 52902:2023](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9017972c-c2eb-4b1a-8eeb-8b0f6fa7f001/iso-astm-52902-2023)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9017972c-c2eb-4b1a-8eeb-8b0f6fa7f001/iso-astm-52902-2023>

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).

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).

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/avant-propos.

Le présent document a été élaboré par l'ISO/TC 261, *Fabrication additive*, en coopération avec le Comité F42 de l'ASTM, *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).

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO/ASTM 52902:2019), qui a fait l'objet d'une révision technique.

Les principales modifications sont les suivantes:

- ajout d'une pièce type pour soumettre à essai les performances de l'axe Z dans un système FA.
- modification des dimensions du texte et du dessin (voir [Figure 3](#)) de la pièce type circulaire moyenne de sorte que la description dans le texte corresponde aux dimensions du fichier STEP téléchargeable; la [Figure 3](#) a également été redessinée pour mieux représenter la géométrie circulaire de la pièce type.

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 exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse www.iso.org/members.html.

Fabrication additive — Pièces types d'essai — Évaluation de la capacité géométrique des systèmes de fabrication additive

1 Domaine d'application

Le présent document couvre la description générale du benchmarking de géométries d'éprouvette, c'est-à-dire des pièces types, ainsi que les mesures quantitatives et qualitatives à appliquer à la ou aux éprouvettes de benchmarking afin d'évaluer les performances de systèmes de fabrication additive (FA).

Cette évaluation de performances peut servir aux deux fins suivantes:

- Évaluation de la capacité du système FA;
- Étalonnage du système FA.

La ou les éprouvettes de benchmarking sont utilisées principalement pour évaluer quantitativement les performances géométriques d'un système FA. Le présent document décrit une suite de géométries d'essai, chacune conçue pour examiner une ou plusieurs mesures de performances spécifiques, ainsi que plusieurs configurations d'exemple de ces géométries au sein d'une ou plusieurs éprouvettes. Il prescrit les quantités et qualités des géométries d'essai à mesurer, mais ne stipule pas de méthodes de mesure spécifiques. Différentes applications d'utilisateur peuvent exiger différents niveaux de performances. Le présent document donne des exemples de configurations de forme ainsi que des exigences d'incertitude de mesure afin de faire la démonstration d'un examen et de performances de niveau bas et élevé. Le présent document ne donne pas de mode opératoire ou de réglages de machine spécifiques pour la fabrication d'une éprouvette.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9017972c-c2eb-4b1a-8eeb-8b0f6fa7f001/iso-astm-52902-2023>

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

ASME B46.1, *Surface Texture (Surface Roughness, Waviness and Lay)*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO/ASTM 52900 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/>

4 Portée et utilisation

4.1 Généralités

Les mesures et observations décrites dans le présent document sont utilisées pour évaluer la performance d'un système FA ayant une configuration de système et des paramètres de procédé donnés, en combinaison avec une matière première spécifique.

La caractérisation principale du système FA obtenue par l'application du présent document est effectuée en fonction de l'exactitude géométrique, la finition de surface et les dimensions de forme minimales de la ou des éprouvettes de benchmarking.

4.2 Comparaison de résultats d'une machine

La ou les éprouvettes peuvent être fabriquées et mesurées, par exemple, quand la nouvelle machine est installée. La ou les éprouvettes peuvent être utilisées pour périodiquement évaluer les performances ou diagnostiquer un défaut dans un système FA, par exemple, après une maintenance du système ou tel que spécifié par les exigences d'un système de qualité.

La ou les éprouvettes décrites dans cette méthode d'essai peuvent être utilisées pour démontrer les capacités d'un contrat entre un acheteur et un vendeur de pièces FA ou de systèmes FA.

Les données provenant des mesures décrites dans le présent document peuvent être utilisées pour évaluer l'impact de nouveaux paramètres de procédé ou d'un matériau sur les performances du système FA.

Certaines géométries d'essai peuvent être incluses à chaque fabrication d'un système FA particulier pour aider à établir la traçabilité des performances. En fonction des besoins de l'utilisateur, il n'est pas nécessaire d'intégrer toutes les pièces types d'essai et des pièces types d'essai individuelles peuvent être intégrées séparément si nécessaire.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9017972c-c2eb-4b1a-8eeb-8b0f6fa7f001/iso-52902-2023>

5 Principes généraux pour la production de pièces types d'essai

5.1 Généralités

Cet article définit des principes applicables à la production de toutes les géométries de pièce type d'essai dans le présent document. Les exigences de rapport constituent un aperçu en relation avec les étapes de production dans cet article, mais plus de détails sur l'enregistrement et le rapport se trouvent dans les descriptions de pièce type individuelle données à [l'Article 7](#).

5.2 Nécessité d'utiliser une matière première conforme à la spécification du matériau

Pour garantir la répétabilité des résultats, l'utilisation d'une matière première de qualité est nécessaire. Il est important de définir clairement les spécifications des matériaux. Souvent, une spécification normalisée est préférée, mais les spécifications ne sont pas nécessairement limitées aux normes et peuvent être définies par l'utilisateur. Il convient que l'utilisateur choisisse ou requiert une spécification de la matière première et il convient que la matière première utilisée pour la pièce type d'essai corresponde à ladite spécification. Par exemple, la spécification peut inclure les propriétés particulières (dimension des particules, granulométrie, morphologie) pour les matières premières en poudre, les propriétés du vrac (telles que l'écoulement) et les propriétés chimiques (telles que la composition chimique et le niveau de contamination). Bien que les détails de la spécification du matériau ne doivent pas être divulgués (sauf accord contraire entre l'acheteur et le vendeur), il convient qu'elle soit documentée par le producteur et notée avec une désignation alphanumérique unique comme spécifié par l'ASTM F2971-13:2021, Annexe A1, élément «B». Pour les procédés à base de poudre, il convient que la spécification du matériau aborde spécifiquement les limitations de réutilisation de poudre et le pourcentage de poudre vierge/poudre réutilisée.

5.3 Nécessité de mise en œuvre d'une intégration de pièce type conformément à une spécification de procédé documentée

Il convient que le traitement du matériau dans le système FA soit mis en œuvre conformément à une spécification de procédé/un plan de fabrication documenté, tel que spécifié par l'ASTM F2971-13:2021, Annexe A1, élément «C». Il peut s'agir d'une norme interne propriétaire ou d'une norme externe (sujet à négociations acheteur/vendeur), mais il convient que le producteur documente les valeurs exactes des réglages et conditions spécifiés par l'utilisateur relatives à la fabrication de pièces. Par exemple, il convient qu'il documente les paramètres d'épaisseur de couche, les stratégies de fabrication (par exemple, axe de balayage, axe d'outil et/ou paramètres de balayage), les températures, etc. utilisés pendant la fabrication. Il convient que ce procédé soit constant pour toutes les pièces types d'essai produites au sein d'une même fabrication. Ces recommandations peuvent varier d'une utilisation à l'autre, ainsi il convient que les paramètres dans la spécification de procédé soient convenus entre l'acheteur et le vendeur.

5.4 Formats de fichier et préparation

Il convient que les formats de fichier utilisés et les étapes de préparation du fichier numérique, y compris les paramètres de découpe, soient inclus à la spécification de procédé. Des précautions doivent être prises lors de la création et du transfert des fichiers de données pour éviter la dégradation du modèle. Toute incohérence entre les deux affecte le résultat des essais sur les pièces types, raison pour laquelle les bonnes pratiques relatives au contrôle des formats de fichier et à la préparation sont discutées ici.

5.5 Téléchargement des fichiers

Les modèles numériques 3D pour les géométries de pièce type d'essai normalisées peuvent être téléchargés au format *.step sur <https://standards.iso.org/iso/52902/ed-2/en>. Pour une liste complète des fichiers disponibles, voir l'Annexe D.

5.6 Discussion sur la conversion de fichier

Quand un modèle CAO est converti au format AMF, STL ou tout autre format de fichier intermédiaire, une fidélité suffisante doit être assurée afin de garantir que la pièce type d'essai ainsi produite reflète bien les capacités du système FA évalué. Il convient que la tolérance de conversion de fichier sélectionnée garantisse que l'écart maximal des données est inférieur d'un quart par rapport au modèle CAO nominal et idéalement moins d'un dixième de l'exactitude attendue du système FA évalué. Actuellement, la plupart des équipements de fabrication additive ne peuvent pas produire de formes d'une résolution supérieure à 10 µm, raison pour laquelle les modèles CAO sont enregistrés au format STL/AMF afin de garantir une exactitude d'au moins 2,5 µm. Il s'agit des seules préconisations générales, et il convient qu'elles soient confirmées pour le système de sortie spécifique. Il est recommandé que les utilisateurs vérifient l'écart maximal et enregistrent les paramètres de conversion utilisés ainsi que tout écart maximal (hauteur de corde et tolérance angulaire).

Il convient que l'échelle des modèles ne soit pas augmentée ou réduite pendant la conversion ou après celle-ci. Des facteurs de correction de machine (par exemple, décalages, mise à l'échelle d'axe, etc.) peuvent être utilisés et il convient qu'ils soient documentés comme faisant partie de la spécification de procédé.

5.7 Format AMF privilégié (avec instructions/résolutions de conversion)

Le format de fichier tel que spécifié par l'ISO/ASTM 52915 est le format de modèle privilégié pour la représentation de géométrie de pièce type d'essai en raison de sa capacité à stocker une géométrie haute-fidélité avec des unités intégrées au sein d'un format de fichier intermédiaire, et pour sa capacité à orienter avec exactitude des gammes de pièces dans un seul fichier AMF.

5.8 Nécessité d'une spécification d'essai et d'un procédé d'essai

Le présent document établit la base du *Plan/spécification d'essai* général décrit dans l'ASTM F2971-13:2021, Annexe A1, élément "D", mais les spécificités de son implémentation nécessitent d'être consignées afin de documenter avec précision le procédé d'essai (élément "E" de l'Annexe A1) utilisé pour la production des pièces évoquées à [l'Article 7](#).

5.9 Quantité de pièces types d'essai

Pour un essai complet des performances de la machine, au moins deux éléments dictent la quantité de pièces types d'essai produites. Premièrement, la spécification d'essai/le procédé d'essai doit garantir une certaine quantité d'échantillons, généralement pas moins de cinq par cycle de fabrication, de manière à pouvoir réaliser des mesures statiquement significatives. Deuxièmement, une couverture suffisante (voir [5.13](#)) de la plate-forme de fabrication nécessite d'être assurée pour tenir compte des variations de performances entre les différents emplacements de fabrication. Des fabrications répétées peuvent également être réalisées pour soumettre à essai la répétabilité du procédé. Une quantité inférieure de pièces types d'essai avec une couverture moins complète peut être utilisée pour des contrôles ponctuels ou des démonstrations limitées, tel que l'exemple détaillé en [Annexe A](#). Le nombre de pièces types doit être convenu entre l'acheteur et le vendeur et doit permettre de réaliser au moins 5 mesures.

5.10 Position et orientation des pièces types d'essai

Selon l'ASTM F2971-13:2021, Annexe A1, élément «F», il est recommandé de faire le rapport de résultats en combinaison avec la position et les orientations de fabrication des pièces types d'essai conformément à la convention définie dans l'ISO 17295.

5.11 Considérations pour l'orientation

Dans la mesure où ces pièces types d'essai sont censées révéler les points forts et faiblesses des techniques de fabrication additive, certaines géométries de fabrication échoueront. Cela vaut la peine de tenir compte des formes susceptibles d'échouer et de les placer dans des positions ou de les orienter selon des angles qui minimisent le risque qui conduit à une défaillance totale des formes/pièces/pièces types dans le reste de la fabrication. Par exemple, pour un procédé sur lit de poudre, il peut être judicieux de positionner les pièces les plus susceptibles d'échouer à un niveau plus élevé de l'ensemble de la fabrication afin de réduire le risque d'empiétement de parties ou sections défaillantes des pièces sur d'autres composants dans la fabrication ou dans le mécanisme de la machine FA.

5.12 Étiquetage

Il peut être utile d'ajouter des étiquettes aux pièces pour identifier les orientations et positions de pièce type respectives dans la fabrication. L'étiquetage est résumé en [7.5](#).

5.13 Couverture

Il est important que les pièces types d'essai soient réalisées avec une couverture suffisante du volume de fabrication pour obtenir des données représentatives pour la fabrication de pièces réelles. La couverture évalue la variabilité sur l'ensemble du volume de fabrication. Il s'agit d'une bonne pratique pour tous les procédés de FA qui est particulièrement importante pour les procédés ayant un «point idéal» (certains systèmes de direction laser galvanométriques fournissent, par exemple, des résultats plus facilement répétables au centre de la plate-forme). Il convient que la distribution de pièce type s'étende sur au moins 80 % de la surface de la plate-forme de fabrication de la machine, l'objectif étant que les pièces types soient fabriquées à différents endroits en fonction des applications de l'utilisateur et de l'endroit où les composants seront fabriqués sur la machine en production. Pour les machines dotées d'une grande plate-forme de fabrication, les pièces types peuvent être placées aux extrémités de la plate-forme de fabrication et au centre de la plate-forme de fabrication afin d'assurer une certaine couverture de l'ensemble de la zone de fabrication. Si les effets de l'emplacement de fabrication sont

connus ou considérés comme négligeables pour l'essai réalisé, alors un emplacement de fabrication simple peut être choisi et utilisé comme convenu entre l'acheteur et le vendeur.

De longues pièces types, qui s'étendent sur tout le volume de fabrication, peuvent être nécessaires pour détecter les corrections qui ne sont pas linéaires ou qui sont de nature périodique.

5.14 Gammes

Il convient de ne pas mettre la géométrie à l'échelle pour accommoder les différentes dimensions des volumes de fabrication (car cela affecte les sorties de mesure) mais elle peut être arrangée sous forme de gamme pour offrir des zones de couverture plus importantes. Voir un exemple à la [Figure 2](#). Il convient que la mise à l'échelle de la géométrie de la pièce type pour tenir compte du rétrécissement, comme dans les applications utilisant la technique de projection de liant FA, soit clairement documentée par les utilisateurs.

5.15 Consolidation de pièce

Lorsque des gammes de pièces sont nécessaires pour une meilleure couverture, il peut être plus pratique de fabriquer une pièce combinée unique au lieu d'essayer de fabriquer des gammes de pièces individuelles adjacentes. Cela peut être obtenu en consolidant les fichiers AMF ou STL adjacents avant la découpe et d'autres étapes de préparation du fichier. Des gammes de pièces peuvent être positionnées avec exactitude les uns par rapport aux autres dans un seul fichier AMF en utilisant l'élément «constellation».

Comme la FA est le plus souvent un procédé en couches (suivant la direction Z) souvent basé sur des pixels (dans la direction X/Y), la position exacte de la pièce dans la fabrication peut affecter l'essai de manière significative. Cela est particulièrement vrai pour les pièces types soumettant à essai la résolution de la machine. Une translation mineure de la pièce peut avoir une influence déterminante sur les problèmes d'arrondi si une couche ou un pixel spécifique sera fabriqué ou non. Cela peut être provoqué pendant la préparation du fichier de découpe et pendant l'orientation du fichier de découpe dans l'espace de travail de la machine. Il convient que les résultats soient consignés en combinaison avec les orientations de fabrication des pièces types conformément à la convention définie dans l'ISO 17295.

Avec certains procédés FA (en particulier avec des métaux), une accumulation de chaleur due au traitement de grandes sections transversales près des pièces types d'essai peut affecter l'exactitude géométrique. Il est donc recommandé que le fabricant garantisse la conformité avec les distances spécifiées entre les pièces.

5.16 Supports et post-traitement

Dans la mesure du possible, il convient que les supports soient évités ou il convient que des supports qui en aucun cas ne gênent ou n'affectent la mesure prévue soient employés. La stratégie de support, y compris, mais sans s'y limiter, le matériau, la géométrie, la technique de retrait, etc., doit être intégralement documentée dans la spécification du procédé.

Les données rapportées par le présent document doivent être à l'état fabriqué avant tout traitement de surface ou en aval. Dans le cas de post-traitement inévitable réalisé avant la mesure (par exemple, retrait de matériau de support nécessaire), les détails du procédé doivent être consignés comme faisant partie de la spécification du procédé. Il convient que le rapport comprenne une description de tout produit abrasif utilisé et de son application sur la surface des pièces types. En complément, des données ultérieures aux post-traitements supplémentaires (tel que sablage de pièces métalliques par exemple) peuvent être obtenues, mais uniquement si elles sont clairement notées et présentées avec les mesures à l'état fabriqué. Dans le cas des procédés basés sur le frittage, les utilisateurs doivent indiquer l'état de la pièce utilisée pour les essais, en précisant par exemple que "les mesures ont été effectuées sur le corps fritté avec une mise à l'échelle pour tenir compte du rétrécissement", "les mesures ont été effectuées sur le corps vert avec (ou sans) mise à l'échelle"

6 Principes généraux pour la mesure de pièces types

6.1 Généralités

Cet article définit des principes applicables à la mesure de toutes les géométries de pièce type d'essai dans le présent document. Les mesures spécifiques sont spécifiées à l'[Article 7](#) décrivant les géométries de pièce type individuelle. Le présent document ne prescrit aucune méthode de mesure spécifique; les mesures décrites ci-dessous peuvent être réalisées grâce à une variété de techniques et de dispositifs (par exemple, machine à mesurer tridimensionnelle, scanner optique, comparateurs à cadran avec dispositifs de détection de mouvement étalonnés, profilomètres de surface, etc.). L'ISO/ASTM 52927 peut être utilisée pour améliorer la communication entre les parties prenantes concernant les méthodes d'essai. Les exigences de rapport constituent un aperçu en relation avec les étapes de mesure dans cet article, mais plus de détails sur la consignation et le rapport se trouvent dans les [Annexes B](#) et [C](#).

6.2 Mesure de pièces à l'état fabriqué

Il convient que la pièce type d'essai puisse refroidir à température ambiante puis être mesurée directement après avoir été retirée du système utilisé pour la fabriquer, avant la réalisation de tout post-traitement. L'utilisateur peut exiger que les pièces soient conservées à une certaine température et humidité avant la mesure. Si les pièces sont fabriquées par un procédé basé sur lit de poudre, il convient que les pièces soient complètement séparées de la poudre environnante avant la mesure. Si les pièces sont fabriquées sur une plate-forme de fabrication, réaliser d'abord les mesures sans ôter la pièce de la plate-forme. (Le retrait d'une plate-forme de fabrication peut affecter les formes des pièces types, influençant ainsi les résultats. Si une mesure n'est pas possible sur la plate-forme, cela doit être clairement indiqué dans le rapport.) Si un post-traitement est souhaité, rapporter tous les détails de chaque étape de post-traitement et mesurer la pièce avant et après chaque étape de post-traitement (rapport de tous les résultats de mesure).

6.3 Stratégie de mesure

La stratégie de mesure affecte l'incertitude de mesure générale; cela est valable autant pour les mesures dimensionnelles que pour les mesures de surface. La stratégie de mesure inclut ici l'appareil choisi pour réaliser la mesure ainsi que le nombre de points sélectionnés pour représenter la forme ou la surface et la distribution des points le long de la forme ou de la surface. Pour les mesures de rugosité, la stratégie de mesure inclut les éventuels filtres appliqués (par exemple, la longueur de découpe). La stratégie de mesure est un sujet complexe et est souvent très spécifique à la pièce ou la forme mesurée. Il n'y a donc pas de «bonne pratique» générale pour la réalisation de ces mesures. Cependant, certains conseils sont donnés dans les [Annexes B](#) et [C](#). L'incertitude de mesure est en définitive le concept important et, en tenant compte des appareils de mesure disponibles, il convient que l'utilisation d'une stratégie de mesure qui minimise l'incertitude de mesure avec toutes les contraintes données soit l'objectif principal.

6.4 Incertitude de mesure

Il convient que l'incertitude normalisée de chaque mesure soit notée avec la mesure. Des recommandations sur la détermination de l'incertitude de mesure se trouvent dans les références suivantes:

- ASME B89.7.3.2 pour l'incertitude dans les mesures dimensionnelles;
- ASME B46.1 pour les mesures de texture de surface;
- JCGM 100 et JCGM 101 pour l'incertitude de mesure en général (communément appelé Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure, ou GUM);
- ISO/IEC Guide 98-1 et documents associés.

Il convient que les utilisateurs documentent tout système d'étalonnage et/ou de maintenance de qualité pour les procédés et équipements de mesure utilisés. L'appareil et la résolution de mesure doivent être divulgués dans le rapport.

L'analyse du système de mesure (MSA) et la répétabilité et de reproductibilité (R&R) sont également des approches acceptables pour l'évaluation de l'incertitude de mesure. Voir l'ASTM E2782.

7 Géométries de pièce type

7.1 Généralités

Huit types de pièces types sont décrits dans les paragraphes suivants. Chaque pièce type est censée soumettre à essai un aspect différent de la performance ou de la capacité d'un système.

7.2 Exactitude

7.2.1 Pièce type linéaire

7.2.1.1 Objectif

Cette pièce type soumet à essai l'exactitude de positionnement linéaire le long d'une direction spécifique de la machine. En fonction de l'orientation de la pièce type et de la configuration de la machine, les erreurs de pièce type peuvent fournir une base pour la compensation du positionnement ou un diagnostic d'erreur de mouvements spécifique au sein du système de positionnement.

7.2.1.2 Géométrie

La [Figure 1](#) présente la géométrie de la pièce type linéaire. La pièce type comprend des protubérances prismatiques sur une base solide rectangulaire. Un rectangle englobant pour la forme entière mesure 55 mm × 5 mm × 8 mm. Les protubérances d'extrémité mesurent 2,5 mm × 5 mm × 5 mm. Les protubérances centrales sont des cubes de 5 mm. L'espacement des protubérances augmente le long de la pièce type de 5 mm à 7,5 mm, 10 mm et 12,5 mm.

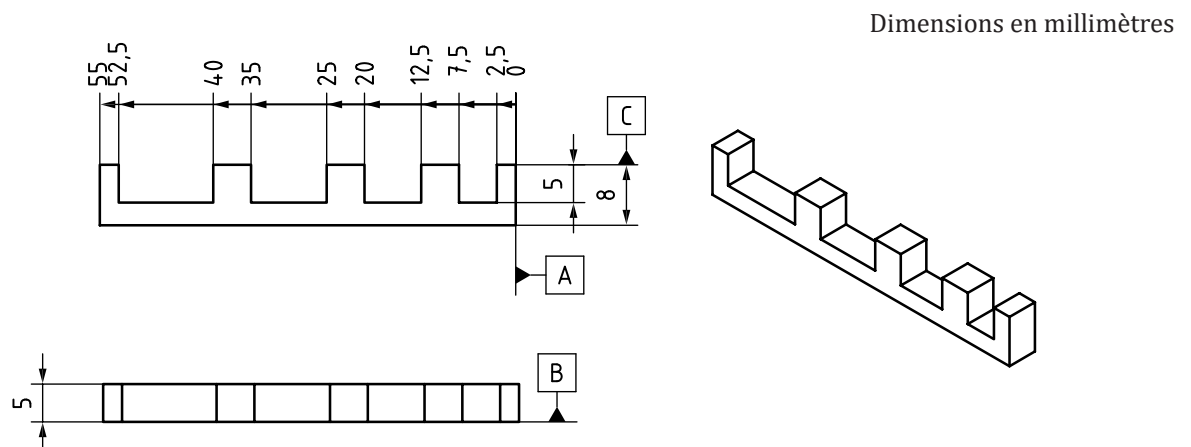


Figure 1 — Dessin technique de pièces types d'essai linéaires

Si un essai d'exactitude linéaire plus long est souhaité, plusieurs pièces types linéaires peuvent être attachées les unes aux autres. La longueur de 2,5 mm des protubérances d'extrémité signifie que, lorsque deux pièces types linéaires ou plus sont attachées, les protubérances centrales seront toutes des cubes de 5 mm. La [Figure 2](#) illustre un exemple. Si cette option est choisie, voir [5.15](#).

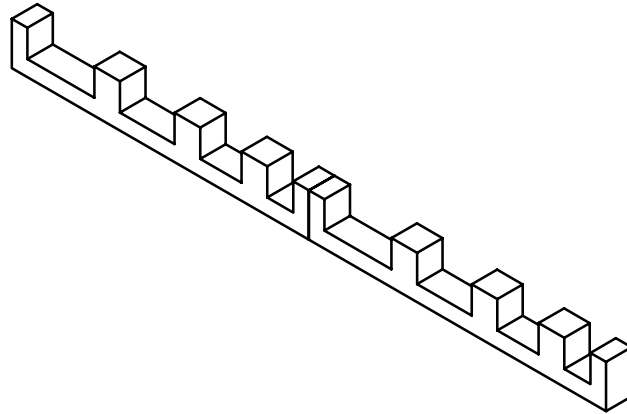


Figure 2 — Deux pièces types d'essai d'exactitude linéaire attachées l'une à l'autre

Si un essai d'exactitude linéaire plus court est requis, la géométrie d'une pièce type d'essai alternative doit être convenue entre l'acheteur et le vendeur et elle doit suivre des principes de conception similaires à la pièce illustrée à la [Figure 1](#). Il convient que la pièce type alternative ait des formes non équidistantes et il convient qu'elle soumette à essai à la fois les protubérances et les vides (c'est-à-dire, les distances avec de la matière entre des formes et les distances avec un espace entre des formes).

7.2.1.3 Mesure

La mesure principale pour la pièce type linéaire correspond à la position des faces du cube par rapport à la référence de base à l'extrémité de la pièce type (voir la [Figure 1](#)). En alternative, les longueurs de chaque protubérance peuvent être mesurées et l'espacement entre chaque protubérance peut être mesuré. Des mesures facultatives disponibles sont la rectitude de la base sur la longueur de la pièce type, le parallélisme de chaque côté de la base sur la longueur de la pièce type et les hauteurs de chaque protubérance.

7.2.1.4 Considérations

Il convient que les orientations par défaut pour un rapport complet de l'exactitude linéaire comprennent au moins une pièce type d'essai alignée parallèlement à chaque axe (X, Y et Z) au sein du système de coordonnées de la machine. Une fois que cela est réalisé, il convient d'utiliser une notation d'orientation orthogonale pour documenter l'orientation selon l'ISO 17295. Une alternative consisterait à aligner une pièce type linéaire sur le mouvement d'un des axes de positionnement de la machine (par exemple, un déplacement de l'axe X au sein d'un système de portique). Cette orientation alternative peut mieux faire le lien entre les erreurs dans la pièce et les erreurs de mouvement au sein du système de positionnement.

Il convient que les orientations qui peuvent causer une collision ou un endommagement dû à un raclage ou à une lame de réinduction soient évitées.

Il est généralement souhaitable de soumettre à essai l'exactitude linéaire sur l'ensemble des capacités de positionnement de la machine. Il convient que les utilisateurs envisagent de positionner les pièces types linéaires autour du centre de l'espace de fabrication ainsi que près des extrémités de course.

En cas de pièce type linéaire orienté verticalement, il convient d'éviter l'utilisation de structures de support si possible. Si des structures de support sont nécessaires (par exemple, sous les protubérances), la stratégie de support (y compris la géométrie, le matériau et la technique de retrait) doit être intégralement documentée. Il convient de veiller à sélectionner une stratégie de support minimisant l'impact négatif sur le procédé/la précision de mesure. Dans les cas où la face d'une protubérance se situe entre les hauteurs de couche prévues, l'utilisateur est encouragé à inspecter le fichier de découpe pour savoir comment le système gèrera ces cas (par exemple, le système prévoit-il de sur-construire la pièce en terminant la géométrie sur la couche du dessus, ou sous-construire la pièce en terminant la géométrie sur la couche du dessous). Ces informations peuvent être incluses dans le rapport pour aider à expliquer les différences attendues entre la géométrie mesurée de la pièce type et la géométrie

de conception. Noter que la pièce type de l'axe Z est probablement préférable pour soumettre à essai l'exactitude du positionnement linéaire le long de la direction de l'axe Z de la machine (voir [7.2.3](#)).

7.2.2 Pièce type circulaire

7.2.2.1 Objectif

Ces pièces types sont destinées à soumettre à essai l'exactitude dynamique pour la projection de l'énergie d'activation (par exemple, un laser ou un faisceau d'électrons) ou la méthode d'assemblage d'un matériau (par exemple, par projection de liant) sur la surface de fabrication de la machine FA.

La configuration de base de ces pièces types est créée pour pouvoir séparer l'influence du matériau à partir des sources d'erreur externes qui peuvent survenir dans la machine FA.

7.2.2.2 Géométrie

7.2.2.2.1 Géométrie de base

La [Figure 3](#) présente la géométrie de base de la pièce type d'essai d'exactitude circulaire. La pièce type comprend deux anneaux concentriques étroitement rapprochés.

Les anneaux concentriques sont fabriqués de façon centrale sur une fine base cylindrique.

L'anneau le plus extérieur est une construction facultative.

7.2.2.2.2 Base

Les largeurs des bases doivent avoir un diamètre interne de 20,0 mm pour la pièce type grossière, 10,0 mm pour la moyenne et 5,0 mm pour la fine, et un diamètre externe de 100,0 mm pour la pièce type grossière, 50,0 mm pour la moyenne et 25,0 mm pour la fine. La hauteur de la base doit être respectivement de 12,0 mm, 6,0 mm et 3,0 mm.

Une forme d'orientation doit être placée à l'un des quarts du cylindre de base et est constituée de deux plans plats perpendiculaires au plan supérieur s'étendant du centre du cylindre de base, tangentiel au diamètre externe et croisant l'extérieur du cylindre.

7.2.2.2.3 Anneaux extérieurs

Les anneaux extérieurs ont un diamètre externe de 94,0 mm pour la pièce type grossière, 47,0 mm pour la moyenne et 23,5 mm pour la fine et un diamètre interne de 60,0 mm pour la pièce type grossière, 30,0 mm pour la moyenne et 15,0 mm pour la fine. Les hauteurs des anneaux sont respectivement de 40,0 mm, 20,0 mm et 10,0 mm au-dessus de la surface supérieure de la base.

7.2.2.2.4 Anneaux intérieurs

Les anneaux intérieurs ont un diamètre externe de 32,0 mm pour la pièce type grossière, 15,0 mm pour la moyenne et 8,0 mm pour la fine et un diamètre interne de 28,0 mm pour la pièce type grossière, 14,0 mm pour la moyenne et 7,0 mm pour la fine. Les hauteurs des anneaux sont respectivement de 40,0 mm, 20,0 mm, 10,0 mm au-dessus de la surface supérieure de la base.

7.2.2.3 Mesure

La mesure principale pour cette pièce type est l'arrondi (circularité) des faces d'anneau est type d'essai. En alternative, les dimensions des diamètres de chaque anneau intérieur et extérieur peuvent être mesurées à plusieurs (au moins cinq) endroits, qui indiquent les diamètres du cercle inscrit maximal et du cercle circonscrit minimal. Une deuxième alternative consiste à mesurer l'épaisseur de paroi de chaque anneau à plusieurs (au moins cinq) endroits. Les mesures facultatives de cette pièce type