

---

---

**Fabrication additive des polymères —  
Principes de qualification —  
Classification des propriétés de la  
pièce**

*Additive manufacturing of polymers — Qualification principles —  
Classification of part properties*

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

[ISO/ASTM 52924:2023](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/49da53c6-57bd-4370-906e-8c9ab98c1b4b/iso-astm-52924-2023)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/49da53c6-57bd-4370-906e-8c9ab98c1b4b/iso-astm-52924-2023>



# iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO/ASTM 52924:2023](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/49da53c6-57bd-4370-906e-8c9ab98c1b4b/iso-astm-52924-2023)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/49da53c6-57bd-4370-906e-8c9ab98c1b4b/iso-astm-52924-2023>



## 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

Avant-propos .....	iv
Introduction .....	v
<b>1</b> <b>Domaine d'application</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b> <b>Références normatives</b> .....	<b>1</b>
<b>3</b> <b>Termes et définitions</b> .....	<b>2</b>
<b>4</b> <b>Symboles et abréviations</b> .....	<b>2</b>
4.1    Symboles .....	2
4.2    Abréviations .....	2
<b>5</b> <b>Système de classification</b> .....	<b>3</b>
5.1    Définition des classes de propriété de la pièce .....	3
5.2    Classification type des classes importantes de matériaux et utilisation du système de classification pour les propriétés de la pièce .....	4
<b>6</b> <b>Éprouvettes pour déterminer les valeurs caractéristiques pour le système de classification</b> .....	<b>6</b>
6.1    Généralités .....	6
6.2    Propriétés en traction .....	7
6.3    Exactitude dimensionnelle .....	7
6.4    Masse volumique .....	7
6.5    Étiquetage .....	7
6.6    Orientation, agencement en grille et répartition dans l'espace de fabrication .....	7
6.6.1    Généralités .....	7
6.6.2    Orientation et agencement en grille à utiliser .....	8
6.6.3    Répartition dans l'espace de fabrication .....	8
6.7    Fabrication .....	12
<b>7</b> <b>Détermination des valeurs caractéristiques et classification dans le système de classification</b> .....	<b>13</b>
7.1    Généralités .....	13
7.2    Propriétés mécaniques .....	13
7.2.1    Généralités .....	13
7.2.2    Détermination des valeurs caractéristiques .....	13
7.2.3    Classification dans le système de classification .....	14
7.3    Exactitude dimensionnelle .....	14
7.3.1    Généralités .....	14
7.3.2    Détermination des valeurs caractéristiques .....	15
7.3.3    Classification dans le système de classification .....	15
7.4    Masse volumique relative de la pièce .....	15
7.4.1    Généralités .....	15
7.4.2    Détermination des valeurs caractéristiques .....	15
7.4.3    Classification dans le système de classification .....	15
7.5    Classification en classes de propriétés de la pièce .....	15
<b>8</b> <b>Classification initiale et contrôle périodique des classifications</b> .....	<b>16</b>
8.1    Mode opératoire normalisé de classification .....	16
8.2    Classification initiale .....	16
8.3    Contrôle périodique .....	16
8.4    Détermination renouvelée des classifications en cas de remplacement de composants pertinents de la machine .....	17
<b>Annexe A (informative) Formulaire pour la classification de la propriété de la pièce conformément au présent document</b> .....	<b>18</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>19</b>

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

Le présent document a été élaboré par le comité technique 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 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

Le but du présent document est d'améliorer la communication entre les fournisseurs et les utilisateurs de pièces en polymère fabriquées de manière additive en ce qui concerne la qualité des pièces à livrer. Dans cet objectif, les critères de qualité et les propriétés des pièces sont catégorisés dans un système de classes de qualité.

Dans les procédés de fabrication additive pertinents pour les polymères, les propriétés des pièces dépendent dans une très large mesure des systèmes de machines, du matériau et du contrôle du procédé utilisés. Généralement, le contrôle du procédé peut être optimisé pour la productivité ou la qualité. Ces objectifs sont en principe contradictoires dans le contexte de la performance d'une machine spécifique.

Les classes de propriété énumérées dans le présent document aident à faire apparaître clairement les différences de qualité. Les classes de propriété permettent à l'utilisateur de définir les spécifications des pièces pour la fabrication.

Avec la spécification des classes de propriété, le présent document établit quelles classes de propriété peuvent être obtenues avec des matériaux type. Des éprouvettes et leur agencement dans l'espace de fabrication sont spécifiés (les données de CAO correspondantes sont comprises dans le présent document comme données de position STL et données AMF, et se trouvent disponibles sur: <https://standards.iso.org/iso/52924/ed-1/en/>). La détermination des propriétés de traction mécaniques, de l'exactitude dimensionnelle et de la masse volumique de la pièce à l'aide de ces éprouvettes est décrite pour permettre l'affectation aux classes de propriété pour les valeurs caractéristiques associées.

Le présent document fait référence aux pièces qui ont été fabriquées par des procédés de fusion sur lit de poudre (PBF) ou d'extrusion de matériau (MEX). Certains procédés relevant de ces catégories connaissent aussi plusieurs appellations et marques déposées différentes. Par exemple, le frittage laser (PBF) quand la fusion s'opère au moyen d'un laser, enregistré en tant que marque déposée sous SLS® (*frittage sélectif par laser*)<sup>1</sup>. D'autres marques déposées de thermoplastiques PBF comprennent le *multi jet fusion* (MJF) et le *frittage à haute vitesse* dans lesquels la fusion s'opère au moyen d'une lumière infrarouge. Les procédés MEX pour les polymères thermoplastiques sont également connus sous des noms tels que *modélisation de couche fondue* (FLM), *fabrication de couche fondue* ou *fabrication de fil fondu* (FFF). Pour ce type de procédé il existe la marque déposée FDM (*modélisation de dépôt fondu*). Les marques déposées citées dans le présent document ont une portée purement informative, sans constituer aucune forme d'approbation des produits cités. L'application du présent document à des pièces thermoplastiques fabriquées par d'autres procédés doit être vérifiée en l'espèce.

Plutôt que de comparer les capacités qu'offrent les solutions machine-matériau en se basant sur des jeux de paramètres d'entrée communs, il convient de les comparer en se basant sur les propriétés des pièces obtenues. Le présent document fournit un cadre pour la comparaison de ces propriétés. Il convient que l'objectif d'un tel exercice de comparaison soit celui de "qu'est-ce qu'il faut pour arriver à un résultat de classe particulier". L'avantage de cette approche est de découpler les nuances des différents fournisseurs de solutions machine du processus de comparaison, ce qui permet de se concentrer sur les propriétés de matériau obtenues, qui ont beaucoup plus d'impact en termes de valeur pour l'utilisateur final.

---

1) SLS® est un exemple de produit adéquat disponible sur le marché. Cette information est donnée par souci de commodité à l'intention des utilisateurs et ne saurait constituer une approbation de ce produit de la part de l'ISO.



# Fabrication additive des polymères — Principes de qualification — Classification des propriétés de la pièce

## 1 Domaine d'application

Le présent document établit les classes de propriétés de la pièce requises ou pouvant être atteintes pour les pièces en polymère fabriquées de manière additive, afin de disposer d'une compréhension commune sur la qualité des pièces. Il est destiné aux fournisseurs de services de fabrication de pièces en polymère qui utilisent des machines de fabrication additive et aux clients de ces services. Les concepteurs de pièces aussi bien que les acheteurs et les fournisseurs de services de fabrication peuvent spécifier, de manière traçable, le niveau des propriétés de la pièce requis ou pouvant être atteint à l'aide du présent document. La classification est basée sur des propriétés mécaniques, physiques et géométriques. D'autres propriétés peuvent être définies entre l'acheteur et le fournisseur de services de fabrication.

Le présent document s'applique aux pièces qui ont été fabriquées à partir d'un polymère thermoplastique par réaction thermique de fusion de matériau généralement réalisée par des procédés de fusion sur lit de poudre (PBF) ou d'extrusion de matériau (MEX).

La classification des propriétés de la pièce s'applique à des pièces en état de fabrication qui ont été déballées depuis l'espace de fabrication, avec l'ensemble des structures support ayant été retirées, mais avant toute opération de post-traitement.

Certaines industries (par exemple l'aérospatiale et le médical) spécifient généralement des exigences supplémentaires.

## 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 37, *Caoutchouc vulcanisé ou thermoplastique — Détermination des caractéristiques de contrainte-déformation en traction*

ISO 291, *Plastiques — Atmosphères normales de conditionnement et d'essai*

ISO 527-1, *Plastiques — Détermination des propriétés en traction — Partie 1: Principes généraux*

ISO 527-2, *Plastiques — Détermination des propriétés en traction — Partie 2: Conditions d'essai des plastiques pour moulage et extrusion*

ISO 10350-1, *Plastiques — Acquisition et présentation de caractéristiques intrinsèques comparables — Partie 1: Matériaux pour moulage*

ISO 17295<sup>2)</sup>, *Fabrication additive — Principes généraux — Positionnement, coordonnées et orientation de la pièce*

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

2) L'ISO 17295 annule et remplace l'ISO/ASTM 52921-13 qui est toujours disponible sur <https://www.astm.org/f2921-13r19.html>.

### 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO/ASTM 52900 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 masse volumique de la pièce

$\rho$   
densité d'une pièce en état de fabrication

Note 1 à l'article: La masse volumique de la pièce est calculée par la formule suivante:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

où  $m$  est la masse de l'échantillon et  $V$  sont les dimensions externes de l'échantillon.

#### 3.2 masse volumique nominale du matériau

$\rho_M$   
masse volumique du matériau de la pièce, mesurée sur une éprouvette exempte de pores

Note 1 à l'article: Dans les fiches techniques, la masse volumique nominale du matériau est la plupart du temps spécifiée comme la masse volumique du matériau composé, moulé par injection ou moulé par compression.

#### 3.3 masse volumique relative de la pièce

$D$   
rapport de la *masse volumique* (3.1), de la pièce sur la masse volumique nominale  $\rho_M$  (3.2) du matériau

Note 1 à l'article: La masse volumique relative de la pièce est calculée par

$$D = \frac{\rho}{\rho_M} \quad (2)$$

### 4 Symboles et abréviations

#### 4.1 Symboles

Les symboles suivants sont utilisés tout au long du présent document:

Symbole	Désignation	Unité
$D$	masse volumique relative de la pièce	%
$m$	masse de la pièce	g, kg
$V$	volume de la pièce	cm <sup>3</sup>
$\rho$	masse volumique de la pièce	g/cm <sup>3</sup>
$\rho_M$	masse volumique nominale du matériau	g/cm <sup>3</sup>

#### 4.2 Abréviations

Les abréviations suivantes sont utilisées tout au long du présent document:



ABS	acrylonitrile butadiène styrène
MEX	extrusion de matériau
NW	dimensions sans lien avec l'outil
PA6	polyamide 6
PA11	polyamide 11
PA12	polyamide 12
PAEK	polyaryléthercétone
PC	polycarbonate
PE	polyéthylène
PEI/PC	mélange polyétherimide/polycarbonate
PP	polypropylène
TG	groupe de tolérance
TPE	élastomère thermoplastique
TPA	copolyamide thermoplastique
TPC	élastomère polyester thermoplastique
TPU	polyuréthane thermoplastique

## 5 Système de classification

### 5.1 Définition des classes de propriété de la pièce

Les classes de propriétés de la pièce doivent être établies sur la base des propriétés de traction mécaniques, de la masse volumique et de l'exactitude dimensionnelle des pièces fabriquées.

Pour rendre les différences de qualité pendant la fabrication additive de pièces en polymère plus claires et plus faciles à communiquer, le système de classification illustré dans le [Tableau 1](#) doit être utilisé.

Ce système classe les plages de valeurs type pour les caractéristiques importantes des pièces et attribue ces plages aux matériaux courants pour les procédés de *fusion sur lit de poudre* et de *extrusion de matériau*.

Le système de classification contient onze classes différentes de propriétés des pièces qui sont numérotées de manière séquentielle de 0 à 10.

Les valeurs caractéristiques des matériaux déterminées selon les normes type à partir de l'essai de traction (ISO 527-1 ou pour les matériaux élastiques ISO 37) et du mesurage de la masse volumique en [7.4](#) sont utilisées comme valeurs caractéristiques. Dans le même temps, l'exactitude dimensionnelle pouvant être atteinte avec la fabrication additive est assignée aux classes de tolérance conformément à l'ISO 20457 pour les dimensions qui sont sans lien avec l'outil.

Les classes de propriété de la pièce 0 à 10 couvrent les plages qui peuvent généralement être obtenues en tenant compte de tous les aspects du matériau dans les procédés additifs de traitement de polymère. Ici, chaque valeur caractéristique doit être considérée indépendante des autres et dépendante de l'orientation de la pièce. Cela signifie que chaque valeur caractéristique peut avoir une classe différente.

**Tableau 1 — Classes de propriétés de la pièce pour les pièces en polymère par fabrication additive**

Valeur caractéristique	Module en traction	Résistance/résistance à la traction	Déformation à la rupture/allongement à la rupture	Masse volumique relative de la pièce	Exactitude dimensionnelle	
Unité	MPa	MPa	%	%		
Norme d'essai	ISO 527-1	ISO 527-1/ ISO 37	ISO 527-1/ISO 37	Conforme à <a href="#">7.4</a>	ISO 20457	
Classe de propriété	Classe 10	>8 000	>100	>200	>99,5	—
	Classe 9	>6 000 ≤ 8 000	>85 ≤ 100	>100 ≤ 200	>99 ≤ 99,5	—
	Classe 8	>5 000 ≤ 6 000	>70 ≤ 85	>50 ≤ 100	>98,5 ≤ 99	TG 1 NW
	Classe 7	>4 000 ≤ 5 000	>60 ≤ 70	>35 ≤ 50	>97,5 ≤ 98,5	TG 2 NW
	Classe 6	>3 000 ≤ 4 000	>50 ≤ 60	>25 ≤ 35	>95 ≤ 97,5	TG 3 NW
	Classe 5	>2 500 ≤ 3 000	>45 ≤ 50	>20 ≤ 25	>92,5 ≤ 95	TG 4 NW
	Classe 4	>2 000 ≤ 2 500	>40 ≤ 45	>15 ≤ 20	>90 ≤ 92,5	TG 5 NW
	Classe 3	>1 500 ≤ 2 000	>30 ≤ 40	>10 ≤ 15	>85 ≤ 90	TG 6 NW
	Classe 2	>1 000 ≤ 1 500	>20 ≤ 30	>5 ≤ 10	>80 ≤ 85	TG 7 NW
	Classe 1	>500 ≤ 1 000	>10 ≤ 20	>3 ≤ 5	>70 ≤ 80	TG 8 NW
	Classe 0	>0 ≤ 500	>0 ≤ 10	>0 ≤ 3	>0 ≤ 70	TG 9

## 5.2 Classification type des classes importantes de matériaux et utilisation du système de classification pour les propriétés de la pièce

L'intention est de rendre la plage de propriétés type de la pièce pour un type de matériau et un procédé de fabrication additive distinguable et comparable. Pour clarifier ce point, les classifications moyennes type pour les classes importantes de matériaux pour la fusion sur lit de poudre et pour l'extrusion de matériau sont résumées dans le [Tableau 2](#) sur la base de l'état de l'art et de l'expérience des experts.

La compilation montre que les valeurs caractéristiques ne peuvent pas toujours être classifiées exactement dans un grade. En raison des différences entre les machines et des variations des paramètres, les valeurs caractéristiques correspondantes pouvant être atteintes peuvent correspondre à des classes différentes. Sur la base du [Tableau 2](#), les utilisateurs des pièces de fabrication additive peuvent comparer la qualité des pièces de différents fournisseurs, différentes machines et les jeux de paramètres en interrogeant les fabricantes des pièces à propos de leurs classifications. Les exigences réelles sur les pièces spécifiques peuvent ensuite être définies selon l'application prévue de la pièce finale en utilisant le système de classification.

**Tableau 2 — Exemple pour les classifications pour les matériaux type de fusion sur lit de poudre et extrusion de matériau**

Valeur caractéristique	Unité	Norme d'essai	Plage de valeur caractéristique	Classe	PA 12 (PBF)		PA 11 (PBF)		PAEK (PBF)		TPA/TPC/TPU (PBF)		ABS (MEX)		PEI/PC (MEX)		PA 12 (MEX)			
					Alignement	XY/YX	ZX	XY/YX	ZX	XY/YX	ZX	XY/YX	ZX	XY/YX	ZX	XY/YX	ZX	XY/YX	ZX	
Module en traction	MPa	ISO 527-1	< 500	0							X	X								
			500 ≤ 1 000	1																
			1 000 ≤ 1 500	2															X	X
			1 500 ≤ 2 000	3	X	X	X	X											X	X
			2 000 ≤ 2 500	4									X	X		X				
			2 500 ≤ 3 000	5											X					
			3 000 ≤ 4 000	6						X	X									
			4 000 ≤ 5 000	7																
			5 000 ≤ 6 000	8																
			6 000 ≤ 8 000	9																
> 8 000	10																			
Résistance/Résistance à la traction	MPa	ISO 527-1/ISO 37	< 10	0							X	X								
			10 ≤ 20	1							X	X								
			20 ≤ 30	2										X		X				
			30 ≤ 40	3										X					X	
			40 ≤ 45	4		X		X										X	X	
			45 ≤ 50	5	X	X	X	X										X	X	
			50 ≤ 60	6	X	X	X	X		X								X		
			60 ≤ 70	7						X	X									
			70 ≤ 85	8						X						X				
			85 ≤ 100	9																
> 100	10																			
Déformation à la rupture/Allongement à la rupture	%	ISO 527-1/ISO 37	< 3	0					X	X			X		X					
			3 ≤ 5	1										X						
			5 ≤ 10	2		X							X			X	X			
			10 ≤ 15	3		X										X				
			15 ≤ 20	4	X	X		X								X				
			20 ≤ 25	5	X			X								X				
			25 ≤ 35	6				X								X				
			35 ≤ 50	7			X	X												
			50 ≤ 100	8								X	X							
			100 ≤ 200	9								X	X							
> 200	10								X	X										

<sup>a</sup> La masse volumique du composant est spécifiée indépendamment de l'orientation.