
Spécification normalisée pour le format de fichier pour la fabrication additive (AMF) Version 1.1

*Standard specification for additive manufacturing file format (AMF)
Version 1.1*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Full standard:
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bb38c7d-4c43-4e24-ab0b-a470c11fc7d5/iso-astm-52915-2013>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Full standard:
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bb38cd7d-4c43-4e24-ab0b-a470c11fc7d5/iso-astm-52915-2013>

© ISO/ASTM International 2013

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, 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 et les microfilms, sans l'accord écrit 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 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 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
Tel. +610 832 9634
Fax +610 832 9635
E-mail khooper@astm.org
Web www.astm.org

Published in Switzerland

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 (CEI) 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/CEI, 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/CEI, Partie 2, 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 sur la liste ISO des déclarations de brevets reçues, www.iso.org/patents.

Les éventuelles appellations commerciales utilisées dans le présent document sont données pour information à l'intention des utilisateurs et ne constituent pas une approbation ou une recommandation.

L'ISO/ASTM 52915 a été élaborée par ASTM International (en tant que norme ASTM F2915) et a été adoptée selon une procédure spéciale par «voie express» par le comité technique ISO/TC 261, *Fabrication additive*, parallèlement à son approbation par les comités membres de l'ISO. Cela a été défini dans un accord de coopération de l'organisme de développement des normes partenaire entre l'ISO/TC 261, *Fabrication additive*, et le comité F42, *Fabrication additive*, d'ASTM International.

Cette première édition de l'ISO/ASTM 52915 annule et remplace l'ASTM F2915-12.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Full standard:
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bb38cd7d-4c43-4e24-ab0b-a470c11fc7d5/iso-astm-52915-2013>



Spécification normalisée pour le format de fichier pour la fabrication additive (AMF) Version 1.1 —¹

La présente norme est publiée sous la désignation fixe ISO/ASTM 52915. 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 confirmation.

1 Domaine d'application

1.1 La présente spécification décrit un cadre pour un format d'échange dans le but de traiter les besoins actuels et futurs de la technologie de fabrication additive. Au cours des trois dernières décennies, le format de fichier STL a constitué, au sein de la profession, la norme pour les échanges d'informations entre les programmes de conception et les équipements de fabrication additive. Un fichier STL contient uniquement des informations concernant le maillage des surfaces ; il ne contient aucune disposition concernant la représentation de la couleur, de l'état de surface, de la matière, de la structure interne et d'autres propriétés de l'objet cible fabriqué. Compte tenu de l'évolution rapide de la technologie de fabrication additive qui est passée de la production de formes homogènes constituées d'un seul matériau à la production de géométries multi-matériaux en pleines couleurs avec des matériaux comportant des nuances fonctionnelles et des microstructures, on observe un besoin croissant de disposer d'un format de fichier d'échange normalisé capable de permettre l'utilisation de ces caractéristiques.

1.2 Le fichier pour la fabrication additive (AMF) peut être élaboré, affiché et transmis sur support papier ou électronique, sous réserve qu'il comprenne les informations requises par la présente spécification. Lorsque ce fichier est élaboré dans un format électronique structuré, le strict respect à un schéma de langage de balisage extensible (XML)(1)² est exigé pour prendre en charge une interopérabilité normalisée. Le document joint à la présente spécification contient un schéma W3C XML et l'Annexe A.1 contient un guide de mise en œuvre pour ce type de représentation.

1.3 La présente norme n'a pas pour objectif de traiter tous les problèmes de sécurité, lorsqu'ils existent, associés à son utilisation. Il appartient à l'utilisateur de la présente norme d'établir des pratiques appropriées en matière d'hygiène et de sécurité et de déterminer l'applicabilité de restrictions réglementaires avant l'utilisation.

1.4 La présente norme n'a pas pour objectif de traiter tous les problèmes de droits d'auteur et de propriété intellectuelle, lorsqu'ils existent, associés à son utilisation. Il appartient à l'utilisateur de la présente norme de respecter toute réglementation en matière de propriété intellectuelle concernant l'utilisation des informations codées dans ce format de fichier.

¹ La présente spécification relève de la compétence du Comité F42 « Technologies de fabrication additive » d'ASTM et est placée sous la responsabilité directe du sous-comité F42.04 « Conception ». L'édition actuelle a été approuvée le 1^{er} mars 2012. Elle a été publiée en avril 2012 et initialement approuvée en 2011. Sa dernière édition a été approuvée en 2011 sous le titre F2915-11. DOI: 10.1520/F2915-12.

² Les nombres en caractères gras présentés entre parenthèses se rapportent à la liste de références fournie à la fin de la présente norme.

2 Termes et définitions

2.1 Définitions de termes spécifiques à la présente norme :

2.1.1 Le présent article fournit des définitions de termes spécifiques à la présente norme ; ces termes comprennent également les termes courants rencontrés dans de nombreux documents traitant du langage de balisage extensible (XML) ainsi que de la fabrication additive. Voir également l'Annexe A.1 pour les définitions de termes supplémentaires propres à la présente spécification.

2.1.2 **attribut**

caractéristique de données, représentant un ou plusieurs aspects, descripteurs, ou éléments des données

2.1.2.1 Note — Dans des systèmes orientés objets, les attributs sont des caractéristiques d'objets. En langage XML, les attributs sont des caractéristiques d'éléments.

2.1.3 **commentaires**

tous les commentaires sous forme de texte, associés à des données dans le fichier de fabrication additive (AMF), ne contenant pas de données fondamentales pertinentes techniques ou administratives ni de renvois à des références externes au fichier AMF

2.1.4 **applications spécifiques à des domaines**

ensembles supplémentaires et facultatifs d'éléments de données AMF spécifiques à des domaines tels que nouveaux procédés de fabrication additive, flux de production et gestion de chaîne logistique

2.1.4.1 Note — Les ensembles de données relatifs aux applications spécifiques au domaine AMF seront élaborés et évalués séparément à partir de cette spécification.

2.1.5 **langage de balisage extensible, XML**

norme établie par le WorldWideWeb Consortium (W3C) permettant le balisage du contenu des informations dans les documents et offrant un moyen de représentation de contenu dans un format lisible à la fois par l'homme et par la machine

2.1.5.1 Note — Grâce à l'utilisation de feuilles de style et de schémas personnalisables, les informations peuvent être représentées de manière uniforme, permettant ainsi l'échange à la fois de contenu (données) et de format (métadonnées).

2.1.6 **STL (format de fichier)**

format de fichier spécifique aux logiciels de conception assistée par ordinateur (CAO) utilisés en stéréolithographie, compatible avec de nombreux logiciels ; il est largement utilisé pour le prototypage rapide et la fabrication assistée par ordinateur

2.1.6.1 Note — Les fichiers STL décrivent uniquement la géométrie de surface d'un objet en trois dimensions comme un pavage de triangles sans aucune représentation de couleur, d'état de surface, ou autres attributs des modèles de CAO courants. Le format STL spécifie à la fois le code ASCII (American Standard Code for Information Interchange) et les représentations binaires.

3 Considérations essentielles

3.1 Il existe un compromis naturel entre la généralité d'un format de fichier et son utilité pour un but spécifique. Ainsi, les caractéristiques destinées à répondre aux besoins d'une communauté peuvent compromettre l'utilité d'un format de fichier pour d'autres usages. Pour assurer une mise en œuvre réussie dans le domaine de la fabrication additive, ce format de fichier est conçu pour répondre aux problématiques suivantes :

3.1.1 Indépendance vis à vis de toute technologie — Le format de fichier doit décrire un objet de façon générale afin que toute machine puisse le construire de la meilleure manière possible. Le format de fichier est indépendant de la résolution et l'épaisseur des couches et il ne contient aucune information spécifique à un procédé ou à une technique de fabrication. Ceci n'exclut pas la présence de propriétés que seules certaines machines évoluées sont capables de supporter (par exemple, couleur, multi-matériaux, etc.), mais ces propriétés sont définies de manière à éviter toute exclusivité.

3.1.2 Simplicité — Le format de fichier AMF est facile à comprendre et à mettre en œuvre. Afin d'en faciliter la compréhension et l'adoption, le format peut être lu et débogué dans un simple éditeur de texte ASCII. Aucune information identique n'est mémorisée dans plusieurs endroits.

3.1.3 Adaptabilité — Le format de fichier s'adapte en fonction de l'augmentation de la complexité et de la taille des pièces et en fonction de l'augmentation de la résolution et de la précision des équipements de fabrication. Cela inclut l'aptitude à traiter de grandes séries d'objets identiques, des caractéristiques internes répétées complexes (par exemple, maillages), des surfaces incurvées lisses avec une résolution fine d'impression et de multiples composants agencés de manière optimale pour l'impression.

3.1.4 Performance — Il convient que le format de fichier accorde une durée raisonnable (temps interactif) pour les opérations de lecture-écriture et permette des tailles de fichiers raisonnables pour un objet type de grande taille. Des données de performance détaillées sont fournies à l'Annexe X.1.

3.1.5 Compatibilité descendante — Tout fichier STL existant peut être directement converti en un fichier AMF valide sans aucune perte d'informations ni exigence d'informations supplémentaires. De même, les fichiers AMF sont facilement reconvertis en format STL pour être utilisés sur des systèmes existants, sachant que des caractéristiques spécifiques seront perdues. Ce format maintient la représentation de géométrie de maillage en triangles pour tirer profit de l'algorithme de coupe optimisé existant et de l'infrastructure de code déjà existante.

3.1.6 Compatibilité ultérieure — Pour rester utilisable dans une industrie évoluant rapidement, ce format de fichier est facilement extensible tout en restant compatible avec des versions et des technologies antérieures. Cela permet d'ajouter de nouvelles caractéristiques au fur et à mesure de l'évolution de la technologie, tout en restant parfaitement fonctionnel pour des géométries homogènes simples sur les logiciels les plus anciens.

4 Structure de la présente spécification

4.1 Les informations fournies dans la présente spécification sont mémorisées au format XML. XML est un fichier texte ASCII comprenant une liste d'éléments et d'attributs. L'utilisation de ce format de données largement reconnu permet d'accéder à une importante source d'outils permettant de créer, de visualiser, de manipuler, d'analyser et de stocker des fichiers AMF. Le fait qu'un fichier XML soit lisible par l'homme permet le débogage des erreurs dans le fichier. Le fichier XML peut être compressé, crypté, ou les deux si cela est souhaité, lors d'une étape post-traitement à l'aide de programmes normalisés hautement optimisés.

4.2 Le format XML offre un autre avantage significatif qui réside dans sa flexibilité intrinsèque. Dans la mesure où le document est conforme au standard XML, des paramètres manquants ou supplémentaires ne constituent pas un problème pour un analyseur. En pratique, cela permet d'ajouter de nouvelles caractéristiques sans avoir besoin de mettre à jour d'anciennes versions du programme analyseur, comme dans le cas des logiciels légaux.

4.3 Précision — Ce format de fichier ne se préoccupe pas de la précision de la représentation des valeurs numériques. Il appartient au programme générateur d'écrire autant de chiffres que nécessaires pour une représentation correcte de l'objet cible. Toutefois, il convient qu'un programme analyseur lise et traite de nombres réels en double précision (64 bits).

4.4 Amendements et ajouts ultérieurs — Des éléments XML supplémentaires peuvent être ajoutés à tout fichier AMF à toute fin, mais ils ne seront pas considérés comme faisant partie de la présente spécification. Un élément AMF officieux peut être ignoré par un lecteur et n'a pas besoin d'être stocké ou reproduit. Un élément ne devient officiel que lorsqu'il a été formellement accepté dans la présente spécification.

5 Structure générale

5.1 Le fichier AMF commence par la ligne de déclaration XML spécifiant la version et le codage XML, par exemple :

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
```

5.2 Des lignes vierges et des commentaires XML standards peuvent être intercalés dans le fichier et seront ignorés par un interpréteur, par exemple :

```
<!-- ignore this comment -->
```

5.3 Le reste du fichier est contenu entre un élément `</amf>` d'ouverture et un élément `</amf>` de fermeture. Ces éléments sont nécessaires pour décrire le type de fichier, ainsi que pour répondre à l'exigence selon laquelle tous les fichiers XML ont un élément racine unique. La version de la norme AMF ainsi que toutes les déclarations d'espaces de nommage XML standard peuvent être utilisées, comme par exemple l'attribut `<lang>` destiné à identifier le langage humain utilisé. Le système d'unités peut être également spécifié (millimètres, *inches*, *feet*, mètres ou micromètres). Si aucune unité n'est spécifiée, on suppose qu'il s'agit de millimètres.

```
<amf unit="millimeter" version="1.0" xml:lang="en">
```

5.4 Entre les parenthèses AMF, il existe cinq éléments de niveau supérieur :

5.4.1 `<object>` — L'élément `<object>` définit un volume ou des volumes de matériaux, chacun étant associé à une identification (ID) de matériau pour l'impression. Au moins un élément `<object>` doit être présent dans le fichier. Des objets supplémentaires sont facultatifs.

5.4.2 `<material>` — L'élément `<material>` facultatif définit un ou plusieurs matériaux pour l'impression avec un ID de matériau associé. Si aucun élément `<material>` n'est inclus, on suppose un seul matériau par défaut.

5.4.3 `<texture>` — L'élément `<texture>` facultatif définit une ou plusieurs images ou états de surface pour le mapping des couleurs et des états de surface, chacun avec un ID d'état de surface associé.

5.4.4 `<constellation>` — L'élément `<constellation>` facultatif combine de façon hiérarchique des objets et d'autres constellations dans un modèle relatif pour l'impression. Si aucun élément `<constellation>` n'est spécifié, chaque élément `<object>` sera imprimé sans données de position associées. Le programme analyseur peut déterminer le positionnement relatif des objets si plus d'un objet est spécifié dans le fichier.

5.4.5 `<metadata>` — L'élément `<metadata>` facultatif spécifie des informations supplémentaires relatives à l'(aux) objet(s) et aux éléments contenus dans le fichier.

5.5 Un seul élément `<object>` est requis pour un fichier AMF entièrement fonctionnel.

6 Spécification de la géométrie

6.1 L'élément <object> de niveau supérieur spécifie un ID unique et contient deux éléments enfants : <vertices> et <volume>. L'élément <object> peut, de façon facultative, spécifier un matériau.

6.2 Les éléments <vertices> requis énumèrent tous les sommets utilisés dans cet objet. À chaque sommet est attribué de façon implicite un nombre dans l'ordre dans lequel il a été déclaré en commençant par zéro. L'élément enfant <coordinates> requis donne la position du point dans un espace à trois dimensions (3D) à l'aide des éléments <x>, <y>, et <z>.

6.3 Après les informations relatives au sommet, au moins un élément <volume> doit être inclus. Chaque volume renferme un volume fermé de l'objet. Plusieurs volumes peuvent être spécifiés dans un seul objet. Des volumes peuvent partager des sommets au niveau des interfaces mais ne peuvent pas avoir de volume en commun.

6.4 Au sein de chaque volume, l'élément enfant <triangle> doit être utilisé pour définir des triangles qui pavent la surface du volume. Chaque élément <triangle> énumérera trois sommets à partir de l'ensemble des indices des sommets définis précédemment. Les indices des trois sommets des triangles sont spécifiés à l'aide des éléments <v1>, <v2>, et <v3>. L'ordre des sommets doit être conforme à la règle de la main droite afin que les sommets soient énumérés dans le sens inverse des aiguilles d'une montre comme perçus de l'extérieur. À chaque triangle est implicitement attribué un nombre dans l'ordre dans lequel il a été déclaré en commençant par zéro (voir Figure 1).

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
Full standard:
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bb38d715-4c43-4e24-ab0b-a470c11fc7d5/iso-astm-52915-2013>

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<amf unit="millimeter">
  <object id="0">
    <mesh>
      <vertices>
        <vertex>
          <coordinates>
            <x>0</x>
            <y>1.32</y>
            <z>3.715</z>
          </coordinates>
        </vertex>
        <vertex>
          <coordinates>
            <x>0</x>
            <y>1.269</y>
            <z>2.45354</z>
          </coordinates>
        </vertex>
        ...
      </vertices>
      <volume>
        <triangle>
          <v1>0</v1>
          <v2>1</v2>
          <v3>3</v3>
        </triangle>
        <triangle>
          <v1>1</v1>
          <v2>2</v2>
          <v3>4</v3>
        </triangle>
        ...
      </volume>
    </mesh>
  </object>
</amf>

```

Figure 1 — Fichier AMF de base contenant une liste des sommets et triangles — Cette structure est compatible avec la norme STL

6.5 Géométrie lisse :

6.5.1 Par défaut, tous les triangles sont supposés être plats et tous les côtés des triangles sont supposés être des lignes droites reliant leurs deux sommets. Cependant, les triangles courbes et les côtés courbes peuvent, de manière facultative, être spécifiés pour réduire le nombre d'éléments de maillage requis pour décrire une surface courbe.

6.5.2 Lors de la lecture, une pièce de triangles courbes doit être partagée de façon récursive en quatre triangles par le programme analyseur afin de générer un ensemble temporaire de triangles plats à la résolution voulue pour la fabrication ou l'affichage. La profondeur de la récursivité doit être déterminée par le programme analyseur, mais un niveau minimal de quatre est recommandé (c'est-à-dire, convertir un seul triangle courbe en 256 triangles plats).

6.5.3 Lors de l'écriture, le logiciel de codage doit déterminer automatiquement le nombre minimal de triangles courbes requis pour spécifier la géométrie cible à la tolérance voulue, en considérant que l'analyseur effectuera au moins quatre niveaux de subdivision pour tout triangle courbe.

6.5.4 Afin de spécifier la courbure, un sommet peut contenir de façon facultative un élément enfant `<normal>` afin de spécifier la normale à la surface voulue au niveau du sommet. Il convient que la normale soit exprimée en unités de longueur et qu'elle soit dirigée vers l'extérieur. Si cette normale est spécifiée, il convient que tous les côtés du triangle dont ce sommet est le point d'intersection soient courbes afin d'être perpendiculaires à cette normale et situés dans le plan défini par la normale et le côté droit d'origine. Si un sommet est référencé par deux volumes, la normale est considérée séparément pour chaque volume, et il convient que sa direction soit interprétée comme cohérente avec le volume à l'étude (dirigé vers l'extérieur). Il convient que les sommets ayant une normale ambiguë (car ils sont communs à plusieurs surfaces), ne spécifient pas de normale.

6.5.5 Lorsque la courbure d'une surface au niveau d'un sommet n'est pas définie (par exemple, au niveau d'une pointe, d'un coin ou d'un côté), un élément `<edge>` peut être utilisé pour spécifier la courbure d'un seul côté non-linéaire reliant deux sommets. La courbure est spécifiée à l'aide des vecteurs directeurs de la tangente au début et à la fin de ce côté. L'élément `<edge>` prévaudra en cas de contradiction avec la courbure impliquée par un élément `<normal>`.

6.5.6 Les normales ne doivent pas être spécifiées pour les sommets uniquement référencés par des triangles plans. Les tangentes des côtés ne doivent pas être spécifiées pour les côtés linéaires des triangles plats.

6.5.7 Lors de l'interprétation des normales et des tangentes, l'interpolation d'Hermite sera utilisée. Voir les formules pour effectuer cette interpolation à l'Annexe A.3.

6.5.8 La géométrie ne doit pas être utilisée pour décrire la structure d'appui. Seule la structure finale de la cible doit être décrite.

6.6 Limites géométriques — Toutes les géométries doivent respecter les restrictions suivantes :

6.6.1 Chaque triangle doit avoir exactement trois sommets différents.

6.6.2 Les triangles ne peuvent pas s'entrecouper ou se superposer sauf au niveau de leurs côtés ou de leurs sommets communs.

6.6.3 Les volumes doivent contenir un espace fermé avec un volume différent de zéro.

6.6.4 Les volumes ne peuvent pas se superposer.

6.6.5 Chaque sommet doit être référencé par au moins trois triangles.

6.6.6 Chaque paire de sommets doit être référencée par zéro ou deux triangles par volume.

6.6.7 Deux sommets ne peuvent pas avoir des coordonnées identiques.

6.6.8 La direction vers l'extérieur de triangles partageant un côté dans le même volume doit être cohérente.