



**Norme  
internationale**

**ISO 27548**

**Fabrication additive de  
plastiques — Environnement,  
santé et sécurité — Méthode  
d'essai pour la détermination  
des taux d'émission de particules  
et de produits chimiques des  
imprimantes 3D de bureau par  
extrusion de matériau**

**Première édition  
2024-07**

*Additive manufacturing of plastics — Environment, health, and  
safety — Test method for determination of particle and chemical  
emission rates from desktop material extrusion 3D printer*

iTeh Standards  
(<https://standards.iteh.ai>)  
Document Preview

[ISO 27548:2024](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/e2ec411e-b646-4cf1-be70-10c383110d8d/iso-27548-2024)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/e2ec411e-b646-4cf1-be70-10c383110d8d/iso-27548-2024>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2024

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 sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

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](mailto:copyright@iso.org)  
Web: [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

	Page
<b>Avant-propos</b> .....	<b>iv</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>v</b>
<b>1 Domaine d'application</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Références normatives</b> .....	<b>1</b>
<b>3 Termes et définitions</b> .....	<b>2</b>
<b>4 Termes abrégés et symboles</b> .....	<b>4</b>
4.1 Termes abrégés .....	4
4.2 Symboles .....	4
<b>5 Présentation de la méthode</b> .....	<b>5</b>
<b>6 Exigences relatives à l'instrument de mesure</b> .....	<b>5</b>
6.1 Généralités .....	5
6.1.1 Chambre d'essai d'émission (ETC) .....	5
6.1.2 Instruments pour les analyses chimiques .....	5
6.1.3 Instruments de mesure des aérosols .....	6
6.2 Exigences générales relatives à la machine MEX-TRB/P de bureau et à l'éprouvette d'essai .....	7
6.2.1 Machine MEX-TRB/P de bureau .....	7
6.2.2 Filament .....	7
6.2.3 Éprouvette d'essai .....	7
<b>7 Conditions de l'ETC et modes opératoires d'essai</b> .....	<b>8</b>
7.1 Conditions générales de l'ETC .....	8
7.2 Concentration de fond de l'ETC .....	9
7.3 Préparation de l'ETC et de l'imprimante 3D de bureau .....	9
7.4 Phase pré-extrusion .....	9
7.5 Phase d'extrusion .....	9
7.6 Phase post-extrusion .....	10
7.7 Prélèvement de particules et de substances chimiques .....	10
7.7.1 Particules .....	10
7.7.2 Substances chimiques .....	10
7.8 Processus de mesurage .....	10
<b>8 Calcul du taux d'émission</b> .....	<b>12</b>
8.1 Calcul du taux d'émission de particules .....	12
8.2 Calcul du taux d'émission de composés organiques volatils .....	14
<b>9 Rapport d'essai</b> .....	<b>15</b>
9.1 Données concernant les conditions d'essai et la méthode .....	15
9.2 Données relatives au filament et à l'imprimante 3D de bureau .....	16
9.3 Description d'une éprouvette d'essai standard .....	16
9.4 Informations sur le laboratoire d'essai .....	17
9.5 Résultats .....	17
<b>Annexe A (normative) Conditions normales de fonctionnement d'une imprimante 3D de bureau</b> .....	<b>18</b>
<b>Annexe B (normative) Éprouvette d'essai</b> .....	<b>19</b>
<b>Annexe C (informative) Exemples de taux d'émission de particules et de substances chimiques</b> .....	<b>23</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>26</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'ISO attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'ISO ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de propriété revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'ISO n'avait pas reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse [www.iso.org/brevets](http://www.iso.org/brevets). L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié tout ou partie de tels droits de propriété. 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.

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/iso/foreword.html](http://www.iso.org/iso/foreword.html)

Le présent document a été préparé par le Comité technique ISO/TC 261, *Fabrication additive*, ainsi qu'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

Les universitaires ont publié plusieurs documents avertissant qu'un nombre significatif de particules et de produits chimiques émis par les procédés de FA à extrusion de matière (MEX) communément utilisés dans les écoles, les domiciles privés et d'autres environnements non industriels similaires seraient dangereux pour les humains en cas d'inhalation et d'absorption par le corps humain.

Cependant, il n'existe actuellement aucune méthode d'essai connue pour mesurer la quantité de particules et de produits chimiques émise par les machines de bureau MEX-TRB/P, communément appelées «imprimantes 3D» installées dans un environnement de bureau, une salle de classe ou un espace résidentiel.

Par conséquent, le but du présent document est de fournir des modes opératoires d'essai répondant à des conditions de fonctionnement spécifiques permettant de mesurer les taux d'émission de particules et de produits chimiques d'une machine MEXTRB/P de bureau, également appelée imprimante 3D, modèle qui est largement utilisé sur le marché national.

Les fabricants de machines de bureau MEX-TRB/P, également appelées imprimantes 3D, vont pouvoir tirer parti du présent document pour développer et améliorer leurs produits en réduisant au minimum les taux d'émission de particules et de substances chimiques, et l'utilisateur final trouvera sur le marché des machines plus sûres et améliorées.

iTeh Standards  
(<https://standards.iteh.ai>)  
Document Preview

[ISO 27548:2024](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/e2ec411e-b646-4cf1-be70-10c383110d8d/iso-27548-2024)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/e2ec411e-b646-4cf1-be70-10c383110d8d/iso-27548-2024>



# Fabrication additive de plastiques — Environnement, santé et sécurité — Méthode d'essai pour la détermination des taux d'émission de particules et de produits chimiques des imprimantes 3D de bureau par extrusion de matériau

## 1 Domaine d'application

Le présent document spécifie des méthodes d'essai pour déterminer les émissions de particules (y compris les particules ultrafines) et de composés organiques volatils spécifiques (y compris les aldéhydes) par les procédés MEX-TRB/P de bureau souvent employés dans des environnements non industriels, tels que les écoles, les foyers et les espaces de bureau, dans une chambre d'essai d'émission utilisée dans des conditions d'essai spécifiées. Toutefois, ces essais ne prédisent pas nécessairement avec précision les résultats qui seront réellement obtenus.

Le présent document spécifie une méthode de conditionnement utilisant une chambre d'essai d'émission avec une température, une humidité, un taux de renouvellement de l'air et une vitesse de l'air contrôlés, et des modes opératoires pour la surveillance, le stockage, l'analyse, le calcul et la consignation dans un rapport des taux d'émission.

Le présent document concerne les machines MEX-TRB/P de bureau qui sont généralement dimensionnées pour être placées sur un bureau et utilisées dans des lieux non industriels, tels que les écoles, les foyers et les espaces de bureau. Le but principal du présent document est de quantifier les taux d'émission de particules et de produits chimiques des machines MEX-TRB/P de bureau.

Toutefois, toutes les émissions possibles ne sont pas couvertes par cette méthode. De nombreuses matières premières peuvent libérer des émissions dangereuses qui ne sont pas mesurées par les détecteurs chimiques prescrits dans le présent document. Il relève de la responsabilité de l'utilisateur de connaître le matériau extrudé et les émissions chimiques potentielles. À titre d'exemple, le polychlorure de vinyle peut potentiellement émettre des composés chlorés qui ne peuvent pas être mesurés par la méthode décrite dans le présent document.

## 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 554, *Atmosphères normales de conditionnement et/ou d'essai — Spécifications*

ISO 16000-3, *Air intérieur — Partie 3: Dosage du formaldéhyde et d'autres composés carbonylés dans l'air intérieur et dans l'air des chambres d'essai — Méthode par échantillonnage actif*

ISO 16000-6, *Air intérieur — Partie 6: Dosage des composés organiques (COTV, COV, COSV) dans l'air intérieur et l'air de chambre d'essai par prélèvement actif sur tubes à sorbant, désorption thermique et chromatographie en phase gazeuse avec détection MS ou MS-FID*

ISO 16000-9, *Air intérieur — Partie 9: Dosage de l'émission de composés organiques volatils d'échantillons de produits de construction et d'objets d'équipement — Méthode de la chambre d'essai d'émission*

ISO 27891, *Densité de particules d'aérosol — Étalonnage de compteurs de particules d'aérosol à condensation*

ISO/IEC 28360-1:2021, *Technologies de l'information — Détermination des taux d'émission chimique d'un équipement électronique — Partie 1: Utilisation de consommables*

### 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO/ASTM 52900 et l'ISO/IEC 28360-1, 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

##### **facteur de charge**

rapport du volume du dispositif sur le volume de la Chambre d'Essai d'Émission non chargée

Note 1 à l'article: Pour les besoins de la présente norme, le dispositif soumis à l'essai est généralement une machine de bureau MEX-TRB/P, également couramment appelée imprimante 3D.

[SOURCE: ISO/IEC 28360-1:2021, 4.18, modifiée — «EUT» remplacé par «dispositif» et Note 1 à l'article ajoutée.]

#### 3.2

##### **chambre d'essai d'émission**

##### **ETC**

enceinte soumise à des paramètres opérationnels contrôlés, utilisée pour déterminer les composés chimiques et la quantité de particules émises par un procédé

Note 1 à l'article: Pour déterminer les émissions d'un procédé de FA, les paramètres de contrôle typiques incluent, sans s'y limiter, la température, l'humidité, le taux de renouvellement de l'air et autres.

[SOURCE: ISO 16000-9:2006, 3.6, modifiée — L'entrée terminologique est modifiée pour tenir compte du procédé de FA]

#### 3.3

##### **classificateur différentiel de mobilité électrique**

##### **DEMC**

classificateur capable de sélectionner des particules d'aérosol en fonction de leur mobilité électrique et de les extraire vers sa sortie

Note 1 à l'article: Un DEMC classe les particules d'aérosol en équilibrant la force électrique sur chaque particule avec sa force de traînée aérodynamique dans un champ électrique. Les particules classées sont dans une plage étroite de mobilité électrique déterminée par les conditions de fonctionnement et les dimensions physiques du DEMC, ces particules pouvant avoir des tailles différentes en raison de la différence entre les nombres de charges qu'elles portent.

Note 2 à l'article: DMA est un autre acronyme commun pour le DEMC.

[SOURCE: ISO 15900:2020, 3.11]

#### 3.4

##### **système d'analyse différentielle de mobilité**

##### **DMAS**

système permettant de mesurer la distribution de taille des particules d'aérosol submicrométrique, composé d'un conditionnement de la charge électrique, d'un DEMC, de débitmètres, d'un détecteur de particules, d'une tuyauterie de raccordement, d'un ordinateur et d'un logiciel adapté

Note 1 à l'article: MPSS est un autre acronyme commun pour le DMAS (spectromètre de mesure du diamètre des particules selon la mobilité).

[SOURCE: ISO 15900:2020, 3.12]



**3.5**  
**compteur de particules en suspension dans l'air utilisant la diffusion de la lumière**  
**LSAPC**

instrument capable de compter et de mesurer individuellement les particules en suspension dans l'air et de fournir les données de mesure en termes de diamètre optique équivalent

Note 1 à l'article: Les spécifications concernant les LSAPC sont fournies dans l'ISO 21501-4:2007.

[SOURCE: ISO 14644-1:2015, 3.5.1]

**3.6**  
**concentration en nombre de particules accumulées**

$C_p$   
nombre dépendant du temps pour la concentration de particules dans une plage granulométrique spécifiée

**3.7**  
**particules totales**  
nombre de particules tel que calculé à partir de la *concentration en nombre de particules accumulées* (3.6) dans le volume prélevé et le test de durée d'émission des particules

**3.8**  
**taux d'émission de particules**  
**PER**

nombre de particules émises par un procédé de FA par unité de temps (1/h) dans une plage granulométrique spécifiée, qui est calculé à partir de la *concentration en nombre de particules accumulées* (3.6) divisée par la durée de fabrication en h

**3.9**  
**rendement d'émission de particules**

$Y_{\text{particule}}$   
nombre de particules émises par masse de matériau extrudé au cours du cycle de fabrication

**3.10**  
**rendement d'émission chimique**

$Y_{\text{chimique}}$   
masse des composés chimiques émis par masse de matériau extrudé au cours du cycle de fabrication

**3.11**  
**taux d'émission de produits chimiques**

masse moyenne des composés organiques émis par un procédé de FA par unité de temps

**3.12**  
**facteur de réponse du toluène**

équivalents toluène utilisés pour quantifier les substances non identifiées détectées par un détecteur à ionisation de flamme (GC-FID) ou par un détecteur spectrométrique de masse (GC-MS)

**3.13**  
**composés organiques volatils totaux**  
**COVT**

somme des concentrations de composés organiques volatils identifiés et non identifiés éluant entre et en incluant du n-hexane et du n-hexadécane.

Note 1 à l'article: Pour un procédé MEX-TRB/P, les composés organiques volatils totaux sont typiquement mesurés en utilisant une colonne capillaire non polaire pour GC et des concentrations des zones converties des pics non identifiés à l'aide du facteur de réponse du toluène.

[SOURCE: ISO 16000-9:2024, 3.14, modifiée — Note 1 à l'article réécrite et Note 2 à l'article supprimée.]

## 4 Termes abrégés et symboles

### 4.1 Termes abrégés

ABS	Acrylonitrile-butadiène-styrène
CPC	Compteur de particules de condensation
DNPH	Dinitrophénylhydrazine
PF	Particules fines
GC-MS	Chromatographie en phase gazeuse/spectrométrie de masse
HPLC	Chromatographie en phase liquide haute performance
PLA	Acide polylactique
HR	Humidité relative
RPD	Différence relative en pourcentage
RSD	Écart-type relatif
PT	Particules totales
PUF	Particules ultrafines

### 4.2 Symboles

$\beta$	coefficient de taux de perte de particules ( $\text{h}^{-1}$ )
$C_{\text{moy}}$	moyenne arithmétique de $C_p(t)$ entre $t_{\text{démarrage}}$ et $t_{\text{arrêt}}$ ( $\text{cm}^{-3}$ )
$C$	concentration en COV pendant la phase d'extrusion ( $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )
$C_b$	concentration en COV pendant la phase pré-extrusion ( $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )
$L$	facteur de charge ( $\text{m}^3\cdot\text{m}^{-3}$ )
$\text{PER}(t)$ $[r_{\text{pe}}(t)]$	taux d'émission de particules dépendant du temps ( $\text{s}^{-1}$ )
$\text{PER}_h$ $(r_{\text{pe},h})$	taux moyen d'émission de particules par heure ( $\text{h}^{-1}$ )
$\Delta t$	différence de temps entre deux points de données successifs (s)
$t_{\text{démarrage}}$	moment où une commande d'impression est envoyée (s)
$t_{\text{arrêt}}$	moment où l'extrusion se termine (s)
$r$	taux de renouvellement de l'air ( $\text{h}^{-1}$ )
$P_m$	masse de l'éprouvette d'essai finale après la fin de l'extrusion (g)
$V_c$	volume de la chambre d'essai d'émission ( $\text{m}^3$ )
$V_s$	volume du prélèvement pendant la phase d'extrusion ( $\text{m}^3$ )

## 5 Présentation de la méthode

Le présent document spécifie des méthodes d'essai pour déterminer les taux d'émission de particules et de produits chimiques pendant le fonctionnement de machines MEX-TRB/P de bureau. Les émissions de particules et de produits chimiques sont déterminées par la concentration émise dans la chambre par le fonctionnement de machines MEX-TRB/P de bureau à l'intérieur d'une ETC dans laquelle la température, l'humidité, le taux de renouvellement de l'air et la vitesse de l'air sont contrôlés. Les modes opératoires d'essai sont divisés en trois phases: pré-extrusion, extrusion et post-extrusion.

La concentration observée dans la chambre pendant la phase d'extrusion est convertie en taux d'émission de particules par heure ou en masse de matériau utilisé par le biais de calculs mathématiques. Il convient que les modes opératoires pour les conditions de fabrication se fassent dans les conditions normales de fonctionnement (voir [A.2](#)) d'une machine MEX-TRB/P de bureau. Les émissions chimiques (COVT et aldéhydes) sont calculées directement à partir de la concentration dans la chambre en masse par heure.

Plusieurs raisons justifient la réalisation de ces mesurages. Par exemple, déterminer les émissions maximales liées à l'utilisation des machines ou comparer les émissions de différentes machines de FA. Les modes opératoires utilisés pour l'essai peuvent être personnalisés pour le but spécifique de l'essai. En cas de détermination des taux maximums d'émission, il convient que la machine de FA soit réglée dans les conditions qui conduisent aux émissions maximales, ce qui correspond généralement à la vitesse d'extrusion la plus rapide, à la couche la plus épaisse et à la température de la buse la plus élevée recommandées par le fabricant. Pour comparer les taux d'émission de différentes machines de FA, les paramètres du procédé doivent faire référence aux valeurs qui sont indiquées dans l'[Annexe A](#).

## 6 Exigences relatives à l'instrument de mesure

### 6.1 Généralités

#### 6.1.1 Chambre d'essai d'émission (ETC)

L'ETC doit être constituée de matériaux en acier inoxydable électropoli, de sorte qu'elle n'émette pas ou n'absorbe pas de substances pouvant avoir une incidence sur les mesurages pendant les essais de fond et de procédés de FA. Pendant le fonctionnement, l'ETC doit être contrôlée pour vérifier que la température, l'humidité et le taux de renouvellement de l'air (voir [7.1](#)) sont constants et ces paramètres doivent être surveillés en continu en utilisant des instruments de consignation des données qui sont étalonnés et raccordés à des étalons primaires.

Les exigences générales pour les autres matériaux comprenant un système d'alimentation en air, un équipement de mélange et un système d'étanchéité à l'air qui sont utilisés pour construire l'ETC doivent être testées dans l'ETC pour confirmer qu'ils ne contribuent pas à la concentration de fond dans la chambre d'essai d'émission par une émission ou une adsorption. Le montage d'essai de l'ETC ne doit pas faire recirculer l'air de la chambre, afin d'éviter que de l'air contaminé puisse revenir dans l'ETC.

En cas de changements de flux d'air dans la chambre, un essai avec un gaz traceur doit être réalisé pour confirmer l'exactitude du taux de renouvellement de l'air. Le processus de vérification des conditions d'essai de l'ETC, tel que le mode opératoire d'essai avec un gaz traceur et les essais de récupération, doit être réalisé conformément à l'ISO 16000-9 ou l'ASTM D6670.

#### 6.1.2 Instruments pour les analyses chimiques

Les COV émis par l'opération MEX à l'intérieur de l'ETC doivent être analysés par GC-MS avec désorption thermique en utilisant un sorbant tel que Tenax TA<sup>1)</sup> ou un tube multicouche comme celui composé

---

1) Tenax ® TA est une appellation commerciale de «Tenax international B.V». Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs du présent document et ne signifie nullement que l'ISO approuve ou recommande l'emploi exclusif du produit ainsi désigné.