

DOSSIER

FABRICATION ADDITIVE

SOMMAIRE DU DOSSIER

- ▶ Ce qu'il faut retenir
- ▶ Prévention
- ▶ Publications, outils et liens utiles
- ▶ Effets sur la santé

Ce qu'il faut retenir

En plein essor dans l'industrie, la fabrication additive (ou impression 3D) consiste à fabriquer des objets par addition de matière en couches successives. Ce procédé peut exposer les salariés à des risques liés à la manutention, aux rayonnements optiques, à l'utilisation de matériel électrique... L'essentiel de ce dossier est néanmoins consacré au risque chimique, plus spécifique de cette technologie.

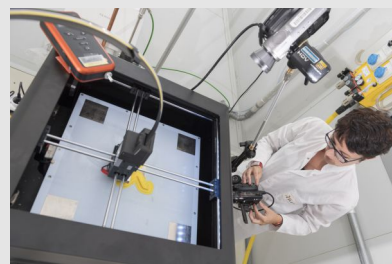
La fabrication additive est une technique consistant à fabriquer des objets par addition de matière en couches successives. L'objet est tout d'abord conçu informatiquement à l'aide d'un outil de conception assistée par ordinateur ou à l'aide d'un scanner en 3D, avant d'être envoyé à une machine de fabrication additive (imprimante 3D) qui dépose ou solidifie la matière couche par couche jusqu'à obtenir la pièce finale.



© P. Delapierre/INRS/2017
Opérateur assurant la programmation d'une imprimante 3D.



© P. Castano/INRS/2021
Pièce métallique réalisée par fabrication additive.



© S. Morillon/INRS/2019
Mise en place d'instruments de mesures temps réel pour caractériser les émissions des machines d'impression 3D

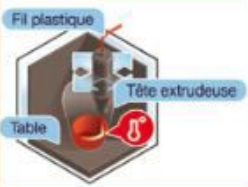
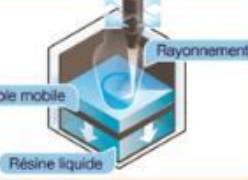







© P. Delapierre/INRS/2020
Laboratoire de tests d'imprimantes 3D.

Les principaux matériaux utilisés pour fabriquer ces objets sont les plastiques, les métaux et les céramiques. Ils peuvent se présenter sous différentes formes : poudres, fils ou polymères sous forme liquide.

Initialement réservée au prototypage, cette technologie se développe désormais pour la fabrication de pièces fonctionnelles ou de structure. Elle est utilisée dans de nombreux secteurs comme l'aéronautique, l'automobile, la médecine, l'électronique, la bijouterie, les sports et les loisirs notamment. En permanente évolution, ce procédé regroupe des processus de fabrication et des matières très variés qui exposent les salariés à différents types de risques.

Les principales technologies de fabrication additive

Nom et description succincte du procédé		Matières utilisées *
<p>Extrusion de matière (FDM – Fused Deposition Modeling) Le matériau est distribué de manière sélective par une buse en couches successives. Généralement la buse est dotée d'un système pour chauffer et faire fondre la matière.</p>	 <p>Labels: Fil plastique, Tête extrudeuse, Table</p>	Fils plastiques : ABS, PLA, PET, PC, PEEK...
<p>Photopolymérisation en cuve (stéréolithographie – SLA) Un photopolymère liquide est durci de manière sélective par un rayonnement spécifique (LED ou laser généralement).</p>	 <p>Labels: Rayonnement, Table mobile, Résine liquide</p>	Photopolymères liquides : acryliques, polyuréthanes, résines epoxy, polyéthylène glycol, glycérol...
<p>Fusion sur lit de poudre (Laser Bed Melting) L'énergie thermique (rayon laser, faisceau d'électrons...) fait fondre de manière sélective le matériau présent sous forme de poudre.</p>	 <p>Labels: Laser, Raclette, Couche de poudre ajoutée à chaque passage</p>	Poudres plastiques : polyamides (PA11, PA12, PA6), TPU... Poudres métalliques : titane, nickel, aluminium, inox...
<p>Projection de liant Un produit liquide (une colle) est déposé de manière sélective pour lier le matériau qui est sous forme de poudre. Cette technologie nécessite généralement une deuxième étape, de cuisson pour stabiliser la forme finale de l'objet.</p>	 <p>Labels: Raclette, Couche de poudre ajoutée à chaque passage, Liant</p>	Poly(acide acrylique), polyuréthanes, copolymères styrène acrylate, cyanoacrylate de méthyle, polyamides... Poudres métalliques : titane, nickel, aluminium, inox...
<p>Stratification en couches Les couches de matériau sont découpées de manière sélective puis liées pour former l'objet à fabriquer.</p>	 <p>Labels: Couteau, Liant</p>	Feuilles papier ou plastique
<p>Projection de matière Des gouttelettes de matériau sont déposées de manière sélective et solidifiées sous l'action d'une lumière UV.</p>	 <p>Labels: Multijet, Lumière UV</p>	Photopolymères liquides : acryliques, polyuréthanes, résines époxy, polyéthylène glycol, glycérol, silicones, élastomères, cires...
<p>Dépôt de matière sous énergie concentrée La matière est déposée de manière sélective puis est fondue progressivement par un apport d'énergie thermique (rayon laser, faisceau d'électrons...).</p>	 <p>Labels: Jet de poudre, Laser</p>	Poudres plastiques : polyamides (PA11, PA12, PA6), TPU... Poudres ou fils métalliques : titane, nickel, aluminium, inox...

© Illustrations : A. Vilcoq pour l'INRS

Comme tout procédé industriel, la fabrication additive présente des risques liés par exemple à la **manutention**¹, aux **éléments en mouvement**² de l'imprimante, à l'utilisation de **matériel électrique**³ ou aux **rayonnements optiques**⁴.

¹ <https://www.inrs.fr/risques/activite-physique>

² <https://www.inrs.fr/risques/mecaniques>

³ <https://www.inrs.fr/risques/electriques>

⁴ <https://www.inrs.fr/risques/rayonnements-optiques>

Parmi les produits utilisés, certains solvants (acétone, isopropanol...) et certaines poudres (titane...) sont également inflammables. De manière générale, l'ensemble des poudres manipulées et certains produits émis (l'hydrogène produit par l'oxydation des poudres d'aluminium par exemple) peuvent présenter des risques d'incendie/explosion ⁵.

⁵ <https://www.inrs.fr/risques/incendie-explosion>

Enfin, la fabrication additive présente des risques spécifiques liés aux processus et aux produits mis en œuvre ou générés, notamment des risques chimiques (Faire lien vers <https://www.inrs.fr/risques/chimiques/ce-qu-il-faut-retenir.html>). Ce dossier web se concentre principalement sur le risque chimique.

Pour en savoir plus

BROCHURE 01/2020 | ED 144



Fabrication additive ou impression 3D utilisant les poudres métalliques

La fabrication additive, communément appelée "impression 3D", consiste à obtenir des objets par addition de matière en couches successives. Cette technique comporte des risques spécifiques liés aux produits mis en œuvre ou générés. Les principales solutions de prévention présentées dans cette fiche visent à limiter l'exposition par le travail en circuit fermé, par le captage des polluants et par l'organisation du travail. ⁶

⁶ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=ED%20144>

BROCHURE 11/2020 | ED 148



Fabrication additive ou impression 3D utilisant des matières plastiques

La fabrication additive utilisant des matières plastiques comporte des risques spécifiques liés aux produits mis en œuvre ou générés. Cette fiche propose une identification des risques spécifiques ainsi que des solutions de prévention adaptées. ⁷

⁷ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=ED%20148>

VIDÉO DURÉE : 01:00:17



Webinaire - Fabrication additive (ou impression 3D) : quels risques pour la santé ? Quelles solutions de prévention ?

L'INRS a organisé un webinaire consacré à la fabrication additive (impression 3D). L'objectif est d'éclairer les entreprises sur les risques et les solutions de prévention associés à cette nouvelle t... ⁸

⁸ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=Anim-256>

Mis à jour le 16/09/2021

Effets sur la santé

Comme tout procédé industriel, la fabrication additive est susceptible de provoquer des troubles musculosquelettiques, des affections des yeux ou de la peau, des accidents d'origine électrique... D'autres effets plus spécifiques, liés à la manipulation de produits chimiques, peuvent être observés : allergies, atteintes du système nerveux ou effets cancérogènes notamment.

Les opérateurs travaillant en fabrication additive peuvent se brûler lors du contact avec des pièces chaudes en cas d'intervention humaine dans la chambre de fabrication. Les gestes répétitifs et la manipulation de charges lourdes (récipients de poudres métalliques par exemple) peuvent aussi contribuer à l'apparition des troubles musculosquelettiques (TMS). L'utilisation de machines de fabrication additive utilisant un laser peut également provoquer des affections des yeux ou de la peau.

Incendie-explosion

La fabrication additive expose également les salariés au risque d'incendie-explosion, susceptible d'entraîner des blessures graves (intoxication, asphyxie, brûlures), dues à la présence de produits combustibles ou inflammables sous forme de liquide, de gaz ou de poudres. Une attention particulière doit être portée aux poudres métalliques. Certaines d'entre-elles sont classées pyrophoriques (elles s'enflamment spontanément à l'air). De manière générale, les poudres métalliques en suspension dans l'air forment une atmosphère explosive (ATEX).

Risque chimique

De manière plus spécifique, l'exposition des salariés aux matières premières utilisées (Cf. tableau 1), ainsi qu'aux agents chimiques émis (Cf. tableau 2) par les procédés de fabrication additive peut être à l'origine d'effets sur la santé variés. Ceux-ci dépendent notamment de la voie (contact cutané, inhalation), de l'intensité de l'exposition, des caractéristiques physico-chimiques des agents chimiques (nature chimique, taille des particules...) ainsi que de l'état de santé des salariés (sensibilisation à certains composés allergènes, femmes enceintes, pathologies respiratoires préexistantes...).

Il peut s'agir notamment :

- d'une irritation de la peau ou des muqueuses oculaires et respiratoires (poussières de cuivre par exemple) ;
- d'allergies cutanées (eczéma au méthacrylate de méthyle par exemple) ou respiratoires (asthme au cobalt par exemple) ;
- d'atteintes du système nerveux (sommolence ou vertiges en cas de forte exposition à des composés organiques volatils par exemple) ;
- d'effets cancérogènes, mutagènes ou pour la reproduction (inhalation de composés métalliques du cobalt, du cadmium et du nickel notamment).

L'inhalation chronique et à concentration élevée de poussières dites inertes, considérées sans toxicité spécifique, peut néanmoins entraîner des phénomènes de surcharge pulmonaire éventuellement associés à une fibrose, si la taille des particules est suffisamment petite pour entraîner leur déposition dans le poumon profond, au niveau des alvéoles pulmonaires.

D'une façon générale, les effets des particules ultrafines sont moins connus mais des atteintes de l'appareil respiratoire, cardiovasculaire et neurologique, voire des effets cancérogènes, sont suspectés.

Effets sur la santé de produits (liste non exhaustive) utilisés lors de la mise en œuvre de procédés de fabrication additive

PRODUITS UTILISÉS	PRINCIPAUX EFFETS SUR LA SANTÉ
Azote	Anoxie
Cadmium	Atteintes digestives - respiratoires - osseuses et cardio-vasculaires, peut provoquer le cancer, effets mutagène et toxique pour la reproduction suspectés (agent cancérogène de catégorie 1B et mutagène et toxique pour la reproduction de catégorie 2 selon le règlement CLP)
Cobalt	Allergies cutanée et respiratoire, peut provoquer le cancer, effet mutagène suspecté, toxique pour la reproduction (agent cancérogène et toxique pour la reproduction de catégorie 1B et mutagène de catégorie 2 selon le règlement CLP)
Cuivre	Irritant pour les yeux, la peau et les voies respiratoires
Cyanoacrylate de méthyle	Irritant pour la peau, les yeux et les voies respiratoires
Isopropanol	Irritant pour les yeux, vertiges et somnolence
Méthacrylate de méthyle	Allergie cutanée, irritant pour la peau et les voies respiratoires
Nickel	Allergie cutanée, susceptible de provoquer le cancer (agent cancérogène de catégorie 2 selon le règlement CLP*)

* Règlement CLP : règlement européen sur la classification, l'étiquetage et l'emballage des produits chimiques

Effets sur la santé de produits émis (liste non exhaustive) lors de la mise en œuvre de procédés de fabrication additive

PRODUITS ÉMIS	PRINCIPAUX EFFETS SUR LA SANTÉ
---------------	--------------------------------

PRODUITS ÉMIS	PRINCIPAUX EFFETS SUR LA SANTÉ
Acétone	Irritant pour les yeux, vertiges et somnolence
Isopropanol	Irritant pour les yeux, vertiges et somnolence
Oxydes de nickel	Allergie cutanée, peut provoquer le cancer (agents classés cancérrogènes de catégorie 1A selon le règlement CLP*)
Oxydes de cobalt	Allergies cutanée et respiratoire, cancérogénicité et toxicité pour la reproduction présumées
Oxydes de cuivre	Irritant pour les yeux, la peau et les voies respiratoires
Oxyde de chrome (trioxyde de chrome)	Irritant pour les yeux, la peau et les voies respiratoires, atteintes des voies aériennes, peut provoquer le cancer, mutagène présumé, toxique pour la reproduction suspecté (agent cancérrogène de catégorie 1A, mutagène de catégorie 1B et toxique pour la reproduction de catégorie 2 selon le règlement CLP*)
Oxydes de cadmium	Atteintes digestives - respiratoires - osseuses et cardio-vasculaires, peut provoquer le cancer, effets mutagène et toxique pour la reproduction suspectés (agent cancérrogène de catégorie 1B et mutagène et toxique pour la reproduction de catégorie 2 selon le règlement CLP*)
Poussières ultrafines	Effets respiratoires et cardiovasculaires, voire cancérrogènes (en fonction des particules)
Styrène	Nocif par inhalation, effets ototoxiques et toxicité pour la reproduction suspectée, irritant pour la peau et les yeux

* Règlement CLP : règlement européen sur la classification, l'étiquetage et l'emballage des produits chimiques

Il est à noter que la nature des émissions de polluants et les niveaux d'exposition sont dépendants de la matière première utilisée mais aussi de la technologie de transformation. À titre d'exemple, l'extrusion de fil fondu plastique émet principalement des particules ultrafines de dérivés de polymère, la stéréolithographie émet principalement des vapeurs organiques et la fusion sur lit de poudres métalliques émet des particules de composés métalliques.

L'identification des dangers liés aux différents produits nécessite de réaliser un inventaire des matières premières utilisées, des produits finis et des produits émis. Il faut pour cela s'appuyer sur les sources d'information disponibles : **fiches de données de sécurité**⁹, étiquetage, **bases de données**¹⁰, **fiches toxicologiques**¹¹...

⁹ <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206253>

¹⁰ <https://www.inrs.fr/publications/bdd>

¹¹ <https://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox>

Pour en savoir plus



Fabrication additive ou impression 3D utilisant les poudres métalliques

La fabrication additive, communément appelée "impression 3D", consiste à obtenir des objets par addition de matière en couches successives. Cette technique comporte des risques spécifiques liés aux produits mis en oeuvre ou générés. Les principales solutions de prévention présentées dans cette fiche visent à limiter l'exposition par le travail en circuit fermé, par le captage des polluants et par l'organisation du travail. ¹²

¹² <https://www.inrs.fr/media?refINRS=ED%20144>

VIDÉO DURÉE : 01:00:17



Webinaire - Fabrication additive (ou impression 3D) : quels risques pour la santé ? Quelles solutions de prévention ?

L'INRS a organisé un webinaire consacré à la fabrication additive (impression 3D). L'objectif est d'éclairer les entreprises sur les risques et les solutions de prévention associés à cette nouvelle t... ¹⁴

¹⁴ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=Anim-256>

Mis à jour le 16/09/2021



Fabrication additive ou impression 3D utilisant des matières plastiques

La fabrication additive utilisant des matières plastiques comporte des risques spécifiques liés aux produits mis en oeuvre ou générés. Cette fiche propose une identification des risques spécifiques ainsi que des solutions de prévention adaptées. ¹³

¹³ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=ED%20148>

ARTICLE DE REVUE 03/2021 | TP 47



Fabrication additive ou impression 3D

Ce procédé, consistant à ajouter de la matière pour former une pièce, expose à des risques spécifiques liés à la technologie et aux matières premières mises en oeuvre. ¹⁵

¹⁵ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=TP%2047>

Prévention

La prévention des risques associés aux machines de fabrication additive est en grande partie encadrée par la directive « machine ». Concernant le risque chimique, la substitution des produits dangereux, le travail en circuit fermé et le captage à la source des émissions comptent parmi les mesures les plus efficaces.

Mesures de prévention

Le risque mécanique, le risque électrique et le risque lié aux rayonnements sont généralement pris en compte dans la conception des machines, encadrée par la **directive Machines** ¹⁶. Les risques d'incendie-explosion et chimiques ne sont que partiellement pris en compte dans ce cadre.

¹⁶ <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=L:2006:157:0024:0086:fr:PDF>

Afin de limiter la propagation d'un incendie, un cloisonnement (murs et portes coupe-feu) entre les différentes zones présentant des risques d'incendie/explosion (stockage de matières premières, zone de fabrication, stockage des déchets...) doit être mis en place. Les salariés doivent être formés à l'utilisation des moyens d'extinction (extincteurs, notamment).

La démarche de prévention du risque chimique s'applique de la même manière que pour toute autre activité industrielle, en suivant les principes généraux de prévention. Il s'agit notamment de :

- **Substituer**, lorsque c'est technologiquement possible, des produits les plus dangereux par des alternatives moins dangereuses. On peut par exemple utiliser des alliages à faible concentration en métaux dangereux - nickel (Ni), cuivre (Cu), cobalt (Co), etc.- ou privilégier des plastiques moins émissifs comme le PLA (acide polylactique) ou le PETG (polyéthylène téréphtalate glycolisé).
- **Travailler en circuit fermé** autant que possible sur l'ensemble des étapes (manipulation des poudres, fabrication, finition, nettoyage...). Certaines machines capotées fonctionnant avec des poudres métalliques sont notamment pourvues de boîte à gants.
- **Capter les émissions à la source**, en association avec un dispositif de filtration, dans les situations (pesée, finition des pièces, etc.) où le travail en circuit fermé n'est pas techniquement possible. Les vitesses d'air dans les conduits doivent être adaptées aux polluants transportés. Pour les poudres, un minimum de 20 m/s est requis. L'air pollué est rejeté à l'extérieur après filtration.
- **Installer une ventilation générale**, en complément des systèmes de captage localisés. Elle permet de diluer les polluants résiduels et de fournir en air neuf les locaux. L'air neuf ne doit pas venir d'un local à pollution spécifique.
- **Mettre en place des mesures organisationnelles**, afin d'isoler les tâches polluantes du reste de l'activité et de les concentrer aux postes de travail ventilés notamment.
- **Mettre à disposition, en complément des mesures de protection collective, des équipements de protection individuelle** (gants, appareils de protection respiratoire, vêtements de protection antistatiques étanches aux poudres, chaussures de sécurité antistatiques...). Les filtres des appareils de protection respiratoire doivent être adaptés aux polluants présents : particules (P2 ou P3), composés organiques (A2 généralement), etc.
- **Former et informer le personnel** sur les risques présents dans l'entreprise et l'utilisation des moyens de protection collective et individuelle et l'utilisation des moyens d'extinction (extincteurs, notamment).

D'autres mesures de prévention spécifiques peuvent être mises en place en fonction des étapes du procédé. L'ensemble des postes de travail (finition, découpe des pièces, pesée ou transvasement des poudres notamment) doivent être maintenus propres grâce à un nettoyage par aspiration ou par essuyage (pas de soufflage). En outre, toute intervention sur la machine doit être effectuée par du personnel compétent et formé sur les risques existants et les moyens de protection. Le stockage des produits chimiques et des déchets doit par ailleurs se faire dans des locaux ventilés, à l'abri des rayonnements solaires ou de toute autre source de chaleur.

En termes de prévention médicale, certaines expositions à des agents chimiques CMR (certains composés métalliques) peuvent faire l'objet de recommandations spécifiques et justifier d'un suivi individuel renforcé.

Pour en savoir plus



Fabrication additive ou impression 3D utilisant les poudres métalliques

La fabrication additive, communément appelée "impression 3D", consiste à obtenir des objets par addition de matière en couches successives. Cette technique comporte des risques spécifiques liés aux produits mis en oeuvre ou générés. Les principales solutions de prévention présentées dans cette fiche visent à limiter l'exposition par le travail en circuit fermé, par le captage des polluants et par l'organisation du travail. ¹⁷

¹⁷ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=ED%20144>

VIDÉO DURÉE : 01:00:17



Webinaire - Fabrication additive (ou impression 3D) : quels risques pour la santé ? Quelles solutions de prévention ?

L'INRS a organisé un webinaire consacré à la fabrication additive (impression 3D). L'objectif est d'éclairer les entreprises sur les risques et les solutions de prévention associés à cette nouvelle t... ¹⁹

¹⁹ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=Anim-256>

Mis à jour le 16/09/2021



Fabrication additive ou impression 3D utilisant des matières plastiques

La fabrication additive utilisant des matières plastiques comporte des risques spécifiques liés aux produits mis en oeuvre ou générés. Cette fiche propose une identification des risques spécifiques ainsi que des solutions de prévention adaptées. ¹⁸

¹⁸ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=ED%20148>

ARTICLE DE REVUE 03/2021 | TP 47



Fabrication additive ou impression 3D

Ce procédé, consistant à ajouter de la matière pour former une pièce, expose à des risques spécifiques liés à la technologie et aux matières premières mises en oeuvre. ²⁰

²⁰ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=TP%2047>

Publications, outils et liens utiles



Fabrication additive ou impression 3D utilisant les poudres métalliques

La fabrication additive, communément appelée "impression 3D", consiste à obtenir des objets par addition de matière en couches successives. Cette technique comporte des risques spécifiques liés aux produits mis en oeuvre ou générés. Les principales solutions de prévention présentées dans cette fiche visent à limiter l'exposition par le travail en circuit fermé, par le captage des polluants et par l'organisation du travail. ²¹

²¹ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=ED%20144>



Fabrication additive ou impression 3D

Ce procédé, consistant à ajouter de la matière pour former une pièce, expose à des risques spécifiques liés à la technologie et aux matières premières mises en oeuvre. ²³

²³ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=TP%2047>



Webinaire - Fabrication additive (ou impression 3D) : quels risques pour la santé ? Quelles solutions de prévention ?

L'INRS a organisé un webinaire consacré à la fabrication additive (impression 3D). L'objectif est d'éclairer les entreprises sur les risques et les solutions de prévention associés à cette nouvelle t... ²⁵

²⁵ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=Anim-256>



La fabrication additive, un empilement de risques ?

Point sur les procédés de fabrication 3D, technique en plein essor, et sur les risques générés (chimiques ou mécaniques, explosion). ²⁷

²⁷ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=VP%203>

Base de données Plastiques, risque et analyse thermique



Fabrication additive ou impression 3D utilisant des matières plastiques

La fabrication additive utilisant des matières plastiques comporte des risques spécifiques liés aux produits mis en oeuvre ou générés. Cette fiche propose une identification des risques spécifiques ainsi que des solutions de prévention adaptées. ²²

²² <https://www.inrs.fr/media?refINRS=ED%20148>



La fabrication additive : quelle prévention en entreprise ?

Article HST (décryptage) présentant les enjeux en matière de santé et de sécurité au travail associés aux différents types de techniques de fabrication additive, ainsi que les mesures de prévention à prendre en compte par les employeurs et les préventeurs. ²⁴

²⁴ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=DC%2029>



Expositions professionnelles lors de la fabrication additive utilisant des poudres métalliques

Article HST (Note technique) : la fabrication additive trouve des applications dans de nombreux secteurs. Afin d'améliorer la qualité de l'évaluation des risques, l'INRS et le CEA (Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives) ont conçu une base de données intégrant leurs données d'émission et d'exposition recueillies au cours de campagnes de mesurages dans l'industrie de la fabrication additive utilisant des poudres métalliques. ²⁶

²⁶ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=NT%2090>



Impression 3D : des opportunités et des risques

Comment légiférer au niveau européen pour gérer les risques de la fabrication additive (impression 3D) ? ²⁸

²⁸ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=NO%2015>



La base de données Plastiques, risque et analyse thermique apporte des informations permettant de caractériser l'exposition potentielle à des agents chimiques dangereux lors de la mise en œuvre des matières plastiques à chaud. Elle contient actuellement 27 fiches sur les polymères thermoplastiques. Chaque fiche polymère est structurée en 4 parties : présentation, caractéristiques, risques et bibliographie. ²⁹

²⁹ <https://www.inrs.fr/publications/bdd/plastiques>



Ventilation et CO₂ : outil de calcul

Cet outil permet de simuler l'évolution de la concentration en dioxyde de carbone (CO₂) produite par la respiration des occupants dans un local de travail (bureau, salle de réunion, etc.) et d'estimer le taux de renouvellement d'air à partir de mesures simples de concentrations en CO₂. L'objectif est de mieux évaluer et d'améliorer le renouvellement de l'air des locaux de travail. ³⁰

³⁰ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=outil97>

Mis à jour le 16/09/2021