

CONSIGNE SECURITE ENVIRONNEMENT #115

Procédés de fabrication additive (Impression 3D) – Prévention et bonnes pratiques

Contexte et enjeux

Les procédés de fabrication additive, communément appelés impression 3D, consistent en la fabrication d'objets par addition de couches successives de matière. Ces procédés pouvant mettre en œuvre différents matériaux (matières plastiques, métaux, céramiques, ...et même des matières biologiques comme des aliments ou des tissus biologiques), connaissent actuellement un développement grandissant.

Comme tout procédé technologique, la fabrication additive présente des risques généraux liés aux procédés utilisés (rayonnement thermique, rayonnements optiques, etc.), à l'utilisation de matériel électrique, aux conditions opératoires (contraintes posturales, etc.). Elle comporte également des risques spécifiques de nature chimique liés à la manipulation des matières premières, des additifs, des produits de finition et à l'émission de particules, nanoparticules, COV et produits de dégradation. Certains produits utilisés ou émis présentent également des risques d'incendie ou d'explosion en cas de formation d'une ATEX.

- ☞ Pour une information complète sur les différents procédés de fabrication additive et sur les risques qu'ils présentent, se référer à :

[Fiche pratique de sécurité ED 148](#) « Fabrication additive ou impression 3D utilisant des matières plastiques »

[Fiche pratique de sécurité ED 144](#) « Fabrication additive ou impression 3D utilisant des poudres métalliques »

[Dossier INRS sur la fabrication additive](#)

A INRAE, l'utilisation des techniques de fabrication additive est bien implantée et concerne, selon une enquête nationale menée en 2023, 11 centres de recherche pour un parc d'équipements totalisant 57 appareils. Les lieux où sont installés ces équipements sont variés : laboratoires dédiés, ateliers voire bureaux pour 14 % d'entre eux.

Ces équipements sont dédiés majoritairement à l'impression de matières plastiques et le procédé le plus répandu est le dépôt de matière thermoplastique par extrusion (FDM) représentant 74 % des situations avec comme matériau le plus utilisé l'acide polylactique ou PLA. Viennent ensuite les procédés de photopolymérisation en cuve mettant en œuvre des résines liquides (SLA, DLP).

L'enquête montre des faiblesses en matière de ventilation des locaux et de protection des postes de travail à l'aide de dispositif de ventilation spécifique et la nécessité d'améliorer nos pratiques à INRAE afin d'assurer la santé des utilisateurs ainsi que la sécurité de l'environnement de travail.

Cette consigne s'adresse aux directeurs et directrices d'unité, aux responsables d'équipe, aux assistants et assistantes de prévention ainsi qu'à toute personne utilisant ces procédés. Elle a pour objectif de donner des recommandations et des conseils pratiques pour installer, utiliser et gérer un équipement de fabrication additive en toute sécurité.

Recommandations et bonnes pratiques

Focus sur le risque chimique lié à l'impression 3D de matières plastiques

☞ Fils thermoplastiques :

Ils sont constitués de polymères (acrylonitrile butadiène styrène ou **ABS**, acide polylactique ou **PLA**, polyéthylène téréphtalate ou **PET**, polycarbonate ou **PC**, polyéther éther cétone ou **PEEK**) auxquels s'ajoutent des additifs (pigments, stabilisants thermiques, stabilisants UV, composés de charge ou parfois des ignifugeants).

La manipulation de ces matériaux ne présente pas en général d'effet spécifique sur la santé hormis le relargage éventuel d'additifs pouvant entraîner un risque d'exposition cutanée.

☞ Résines plastiques liquides :

Elles sont composées généralement d'**acrylates**, **polyuréthanes** et **résines époxy** dissouts dans des solvants organiques tels le polyéthylène glycol ou le glycérol. Ces substances ainsi que les additifs et catalyseurs peuvent entraîner des effets sur la santé après exposition par inhalation ou cutanée. Ces produits sont également souvent inflammables.

☞ Poudres plastiques :

La majorité des poudres présente des risques pour la santé après exposition par inhalation ou cutanée. Même les matériaux considérés comme sans effet toxique spécifique peuvent, en cas d'exposition importante, provoquer une surcharge pulmonaire éventuellement associée à une fibrose. Ces poudres sont également inflammables et du fait de leur granulométrie fine peuvent être à l'origine de la formation d'une atmosphère explosive (ATEX).

☞ Liants :

Dans certains procédés des produits liants sont utilisés. Les plus courants sont les **poly(acide acrylique)**, **polyuréthanes**, **copolymères styrène acrylate** et le **cyanoacrylate de méthyle**. Ce dernier est un irritant pour la peau, les voies respiratoires et les yeux (H315, H319 et H335). Il est susceptible de s'enflammer en présence d'une source d'inflammation à partir d'une température de 83 °C.

☞ Produits de finition, d'entretien et de nettoyage :

Il s'agit de solvants. Le plus employé est l'isopropanol (voir [fiche toxicologique INRS](#)). L'acétone est également utilisé pour l'entretien (voir [fiche toxicologique INRS](#)).

CONSIGNE SECURITE ENVIRONNEMENT #115

Procédés de fabrication additive (Impression 3D) – Prévention et bonnes pratiques

☞ Produits émis par le procédé :

Le chauffage des matériaux plastiques en œuvre au cours du procédé de dépôt de matière par extrusion (FDM) est à l'origine de la libération de composés organiques volatils (COV) dont la nature dépend du matériau plastique et des additifs. Parmi ces COV, on retrouve le styrène (provenant de l'ABS), le lactide (provenant du PLA), l'éthylbenzène, l'acide acétique, le formaldéhyde, l'acétone, etc. L'ABS est le matériau le plus générateur de COV.

A noter :

La majorité de ces COV sont inflammables. En l'absence de ventilation appropriée, ils peuvent s'accumuler et générer une atmosphère explosive (ATEX).

Le procédé FDM est également à l'origine de l'émission de particules et **notamment de particules ultrafines (< 2,5 µm) et de nanoparticules** qui peuvent pénétrer profondément dans les alvéoles pulmonaires et se diffuser dans le corps entier. De nombreuses études montrent que la majorité des particules émises se situe entre 10 et 100 nm. La phase de chauffe jusqu'au début de l'impression est la phase la plus émettrice.

Les procédés mettant en œuvre la photopolymérisation de résines plastiques liquides (cf. SLA) sont moins émettrices de particules fines mais libèrent une plus grande quantité de COV que le procédé FDM (de 3 à 6 fois plus) et ceci tout au long du processus, du remplissage de l'appareil au retrait de la pièce.

A noter :

Afin de connaître le niveau d'exposition aux COV et particules émises ou évaluer l'efficacité des dispositifs de ventilation et de captage, des campagnes métrologiques peuvent être envisagées. Pour cela, prendre contact avec le Groupe permanent risque chimique (gprc@inrae.fr)

Mesures organisationnelles

Afin d'assurer la sécurité des utilisateurs, il est important de respecter les recommandations suivantes :

- ☞ Les équipements doivent être implantés dans des locaux adaptés et au mieux dédiés à cette technologie (éviter les bureaux ou les locaux d'usage commun).
- ☞ L'accès aux équipements doit être réservé aux seules personnes autorisées et formées à leur utilisation.



Avec l'aimable autorisation de la société [ALVEO3D](#)

CONSIGNE SECURITE ENVIRONNEMENT #115

Procédés de fabrication additive (Impression 3D) – Prévention et bonnes pratiques

- Des consignes de sécurité adaptées à l'utilisation de l'équipement et au procédé mis en œuvre doivent être tenues à disposition des utilisateurs. Ces consignes doivent couvrir l'ensemble du processus, du chargement de la matière première au retrait des pièces et à l'entretien de la machine.
- Une signalétique doit être apposée sur la porte d'accès du local en cas d'expérimentation réalisée sans surveillance.
- Les utilisateurs doivent bénéficier d'une formation appropriée comprenant les consignes d'utilisation, une information sur les risques, les moyens de prévention et de protection, l'entretien des matériels, la gestion des déchets et la conduite à tenir en cas de dysfonctionnement ou d'incident.
- Un programme de maintenance préventive de l'équipement conformément aux consignes d'entretien du fabricant ainsi que des dispositifs de protection doit être mis en place.

Mesures techniques

Ventilation :

- Les locaux dans lesquels sont implantés les équipements de fabrication additive sont considérés comme des locaux à pollution spécifique. Il est donc nécessaire de prévoir un dispositif d'aspiration et de captage des polluants avec rejet à l'extérieur de préférence.
- Les machines dotées de dispositif de confinement et de captage des polluants intégrés sont à privilégier.
- Si la machine n'en n'est pas dotée, il existe des dispositifs spécifiques qui peuvent être adaptés au poste de travail : enceintes ventilées avec ou sans dispositif de filtration particulaire, dispositif de captage au plus près de la source avec rejet vers l'extérieur.

Il est également possible de disposer au-dessus de la machine un BOA (Bras orientable aspirant – voir [fiche pratique ventilation spécifique #5](#)) réglé de telle manière à induire une vitesse d'air au point d'émission au moins égale à 0,5 m/s. Il doit également être installé de façon à faciliter les manipulations.

A noter :

L'installation d'une machine sous sorbonne ou hotte n'est pas la meilleure solution car elle contraint à relever l'écran mobile de manière importante pour faciliter l'accès au poste de travail ; ce qui diminue son efficacité et son confinement.

- En complément des systèmes de ventilation localisée, le local doit être doté d'une ventilation générale appropriée capable de compenser le débit d'extraction des systèmes de captage. La maîtrise des flux d'air permet également de créer des conditions de surpression permettant d'éviter la diffusion des polluants dans les locaux contigus.
- Afin de pouvoir procéder aux opérations de traitement et de post-traitement, le local doit comporter un poste de travail ventilé (de préférence sorbonne ou BOA, table aspirante, dossier aspirant).

Mise en œuvre :

- Dans le cadre de l'utilisation de la technologie FDM, il convient d'utiliser dans la mesure du possible la température de fusion la plus basse possible ; ce qui permet de réduire la quantité de polluants émis. De la même manière, on optera pour des filaments de bonne qualité à faible émission de COV et de particules.
- Des équipements de protection individuelle peuvent compléter les dispositifs de protection collective si besoin : gants de protection étanches aux poudres et aux solvants (nitrile par exemple), appareil de protection respiratoire équipé de filtre particulaire de classe P2 ou P3 et/ou de filtration anti-gaz... Le port de la blouse est évidemment obligatoire.
- L'ouverture de la machine pour le retrait de la pièce fabriquée est une phase particulièrement exposante surtout dans le cas des procédés mettant en œuvre des résines liquides ou des poudres. Il est donc important de maintenir un débit d'aspiration suffisant afin de capter les résidus de fabrication avant l'ouverture et le retrait de la pièce. Il est nécessaire également de veiller au port de gants adaptés.

A noter :

L'utilisation d'une soufflette à air comprimé pour disperser les résidus est à proscrire hormis dans une enceinte close et ventilée.

- Certains procédés comme le procédé FDM engendrent des risques de brûlure par contact avec des surfaces chaudes. Il convient de signaler les zones à risque et de laisser un temps de refroidissement suffisant avant de retirer les pièces. Des gants de protection thermique peuvent être mis à disposition en cas de besoin.
- Les surfaces de l'ensemble des postes de travail doivent être maintenues propres après chaque cycle de fabrication, en utilisant les méthodes adaptées (essuyage ou aspiration pour les poudres à l'aide d'un équipement doté d'un filtre HEPA, etc.).
- Les opérations de nettoyage et de maintenance des machines doivent être réalisées par du personnel compétent et correctement informé des risques selon un protocole formalisé, en respectant les consignes des énergies et des fluides avant toute intervention.

CONSIGNE SECURITE ENVIRONNEMENT #115

Procédés de fabrication additive (Impression 3D) – Prévention et bonnes pratiques

Dans les machines où le rayonnement laser est mis en œuvre, des dispositifs de protection doivent être mis en place afin d'éviter l'exposition des opérateurs.

Prévention du risque incendie et du risque ATEX

- La présence et l'émission de produits inflammables sous forme de gaz, de liquides ou de poudres engendre un risque d'incendie et d'explosion significatif. Il convient d'identifier les zones à risque et les sources potentielles d'ignition et de définir les dispositions techniques et organisationnelles adéquates.

A noter :

Les matières premières plastiques, bien que non classées inflammables, sont combustibles et constituent une source d'alimentation d'incendie.

Selon les procédés et les matériaux mis en œuvre, notamment les matériaux pulvérulents, un risque de formation d'atmosphère explosive (ATEX) est possible. Une analyse du risque ATEX est à engager afin d'identifier les zones à risque, d'évaluer le risque, définir les dispositions à mettre en place et constituer le Document Relatif à la Protection contre les Explosions (DPRCE).

Voir la [consigne sécurité incendie #10](#) « ATEX – Démarche de prévention » et le [guide méthodologique de l'INRS ED 945](#) « Mise en œuvre de la réglementation relative aux atmosphères explosives (ATEX) »

Gestion des déchets

- Les déchets de résines, poudres ou autres produits mis en œuvre ainsi que des filtres usagés, des chiffons ayant été utilisés pour le nettoyage, etc. sont à considérer comme des déchets chimiques et en cela, doivent être stockés dans un local ventilé et dans des conditions évitant leur dispersion dans l'environnement avant de rejoindre une filière d'élimination et de traitement des déchets chimiques.



Avec l'aimable autorisation de la société [ALVEO3D](#)