

JOURNÉE
TECHNIQUE

Fabrication additive

Comment construire
une prévention adaptée ?



Panorama des polluants émis et réglementation associée

Myriam RICAUD

Institut National de Recherche et de Sécurité

Département Expertise et Conseil Technique

Pôle Risques Chimiques

Mardi 17 mai 2022

Paris - Maison de la RATP

JT INRS FABRICATION ADDITIVE - 17/05/2022

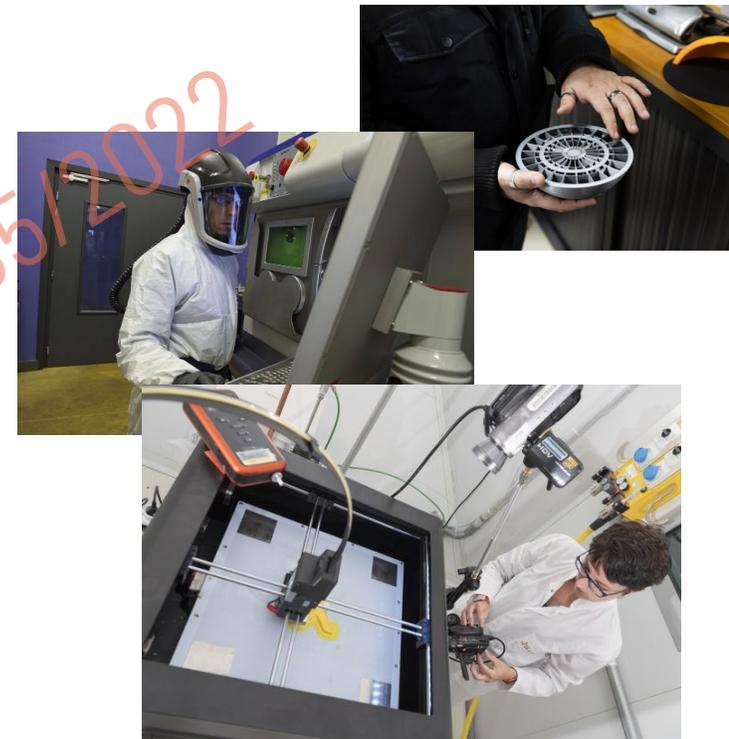
Un empilement de risques !



La fabrication additive (FA) regroupe des techniques et des matériaux divers et variés :

- ✓ les principaux matériaux utilisés sont les **plastiques*** et les **métaux°** (ainsi que les **céramiques**, les **bétons**, etc.). Ils peuvent se présenter sous différentes formes : **poudres*°**, **fil*°** ou **liquides*** ;
- ✓ les techniques les plus répandues sont **l'extrusion de matières plastiques**, **la photopolymérisation en cuve** et **la fusion sur lit de poudre**.

Comme tout procédé industriel, la fabrication additive présente des risques multiples (TMS, brûlures, chutes, incendie, etc.) liés à l'utilisation de matériel électrique, de produits inflammables ou de rayonnements optiques, à la manipulation de récipients sous pression, à la manutention répétée de charges, etc.

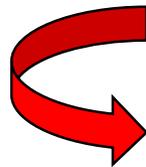


Focus sur les risques chimiques



La fabrication additive présente également des risques associés aux agents chimiques qui peuvent être utilisés ou générés à chaque étape du procédé :

- réception des matières premières,
- préparation des chargements,
- finition des pièces,
- maintenance de la machine,
- gestion des déchets.



Risques chimiques



L'évaluation des risques chimiques



L'évaluation des risques chimiques repose sur un inventaire de tous les agents chimiques utilisés ou générés en fonction de la technique mise en œuvre :

- **les matières premières plastiques et métalliques (y compris celles recyclées),**
- **les produits de dégradation (les sous-produits),**
- **les produits annexes (les gaz, les liants, etc.),**
- **les produits de nettoyage, d'entretien et de maintenance.**



Les caractéristiques (données physico-chimiques, dangers, etc.) des agents chimiques doivent être identifiées à l'aide des sources d'information disponibles : l'étiquetage, les fiches de données de sécurité (FDS), les indications du fabricant, etc.

L'inventaire des agents chimiques - FA métallique



- Les matières premières : les poudres et les fils d'alliages métalliques

L'aluminium, le nickel, le cobalt, le fer, le cadmium, le titane, le manganèse, le zinc, le tungstène, le chrome, etc.

- Les produits de dégradation : les oxydes métalliques

Particules ultra-fines

Les oxydes de nickel, de cobalt, de manganèse, etc.

- Les produits d'entretien, de nettoyage et de maintenance

L'isopropanol, l'acétone, etc.

- Les liants

Le cyanoacrylate de méthyle

- Les gaz d'inertage

L'argon, l'azote, etc.



L'inventaire des agents chimiques - FA plastique



- Les matières premières :

- les fils plastiques (polymères et additifs) : ABS, PLA, PET, PC, PEEK, etc. + pigments, stabilisants thermiques, ignifugeants, charges, etc.
- les résines liquides : monomères et pré-polymères (acrylates, polyuréthanes, résines époxy) dissous dans des solvants organiques (polyéthylène glycol, glycérol, etc.) + additifs (pigments, charges, etc.)
- les poudres plastiques : polyamides (PA 11, PA 12, etc.), polyuréthane thermoplastique (TPU), etc.

- Les produits de dégradation : les gaz (CO, CO₂, composés organiques volatils : styrène, aldéhydes, etc.) et les particules (fines et ultra-fines)

- Les produits de finition, de nettoyage et d'entretien

L'isopropanol, l'acétone, etc.

- Les liants

Les polyuréthanes, les copolymères styrène-acrylate, le cyanoacrylate de méthyle, etc.



ED 148



Fabrication additive ou impression 3D utilisant des matières plastiques

INTRODUCTION
La fabrication additive, communément appelée impression 3D, consiste à fabriquer un objet en trois dimensions à partir de données numériques. Elle permet de fabriquer des pièces complexes, personnalisées, en petites quantités, et de réduire les délais de fabrication. Elle est utilisée dans de nombreux secteurs, notamment l'aéronautique, l'automobile, le médical et le prototypage. Cependant, cette technologie présente des risques pour la santé et l'environnement, notamment liés à l'utilisation de produits chimiques, à la production de particules et de gaz, et à l'émission de chaleur et de bruit. Cette fiche pratique a pour objectif de sensibiliser les professionnels à ces risques et de leur fournir des conseils pratiques pour les prévenir.

La prévention des risques chimiques



Dans le **Code du travail**, les règles de prévention des risques chimiques se répartissent en plusieurs sections regroupant :

- les **règles générales de prévention** des risques associés aux **agents chimiques dangereux (ACD)** (articles R. 4412-1 à R. 4412-57)
- les règles particulières applicables aux **agents chimiques dangereux** définis réglementairement comme **cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction (CMR)** (articles R. 4412-59 à R. 4412-93)

Métaux et oxydes métalliques : cadmium, oxydes de nickel, trioxyde de chrome, cobalt, etc.

- les **valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP)** pour certains agents chimiques (articles R. 4412-149 à R. 4412-151)

Acétone, monoxyde de carbone, méthacrylate de méthyle, métaux et oxydes métalliques (cadmium, trioxyde de chrome, etc.)

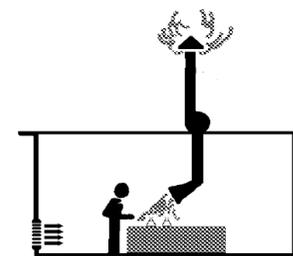
L'aération et l'assainissement



L'aération et l'assainissement de l'atmosphère des lieux de travail font l'objet de **textes réglementaires** issus du Code du travail : les articles R. 4212-1 à 7, R. 4222-1 à 22, R. 4722-1 et 2 et R. 4724-2 et 3.

Les locaux où sont mises en œuvre des machines de fabrication additive sont des **« locaux à pollution spécifique »**

→ Obligation pour l'employeur de **capturer les poussières, gaz et vapeurs « au fur et à mesure de leur production, au plus près de leur source d'émission et aussi efficacement que possible, notamment en tenant compte de la nature, des caractéristiques et du débit des polluants de l'air ainsi que des mouvements de l'air »** (article R. 4422-12).



La démarche de prévention des risques chimiques



La démarche de prévention vise à **supprimer ou à réduire au minimum le risque d'exposition à des agents chimiques dangereux à chaque étape du procédé** :

1 la substitution des produits dangereux

Diminuer la teneur en nickel, cobalt, chrome, etc. des poudres utilisées

2 la réduction de la quantité d'agents chimiques dangereux utilisés ou émis

3 le captage à la source des polluants

Travailler en vase clos sur l'ensemble des étapes, à défaut mettre en place un dispositif de captage au plus près de la source d'émission des polluants (vitesses d'air adaptées aux polluants)

4 la ventilation générale et le traitement de l'air extrait

5 les mesures organisationnelles

Séparer les activités polluantes, limiter l'accès aux locaux, assurer une maintenance préventive de la machine, etc.

6 le port d'équipements de protection individuelle

Porter un appareil de protection respiratoire, un vêtement de protection, des gants et des lunettes

**+ Information et
formation des
opérateurs**

Les étapes du procédé les plus polluantes



Maintenance de la machine

Réception, conditionnement, transfert et stockage des matières premières

Préparation des chargements

Gestion des déchets



Récupération et finition des pièces

Nettoyage du poste de travail

Tamisage des poudres récupérées

Conclusion



- ❑ Les risques associés à la FA dépendent de la technologie employée et des matériaux utilisés
 - ↪ **Chaque couple technique/matière première présente des risques différents.**
- ❑ Divers polluants (particulaires et gazeux) sont émis lors de la FA associés à **la mise en œuvre d'agents chimiques.**
- ❑ L'évaluation et la prévention des risques chimiques reposent sur **un inventaire exhaustif des agents chimiques utilisés et générés à chaque étape du procédé** (étiquetage, FDS, etc.).
- ❑ Certaines étapes sont particulièrement exposantes telles que **la réception et le transfert des matières premières, la préparation des chargements, la finition des pièces, etc.**



Merci de votre attention !

JT INRS FABRICATION ADDITIVE - 17/05/2022