

Risques et prévention en fabrication additive (impression 3D) Focus sur la qualité de l'air

39^e journées de l'ADHYS
20 mars 2026

Sylvain KEAV
Département Expertise et Conseil technique
Pôle Risques Chimiques
sylvain.keav@inrs.fr
01 40 44 14 12

L'INRS en bref

MISSION



Contribuer à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles

selon **quatre modalités complémentaires** :

- **assistance**
- **études et recherche**
- **formation**
- **information**



En pratique

- **Identifier** les risques professionnels et **mettre en évidence** les dangers
- **Analyser leurs conséquences** pour la santé et la sécurité des salariés
- **Développer et promouvoir** les moyens pour maîtriser ces risques au sein des entreprises.

01

Les procédés de fabrication additive

Définition

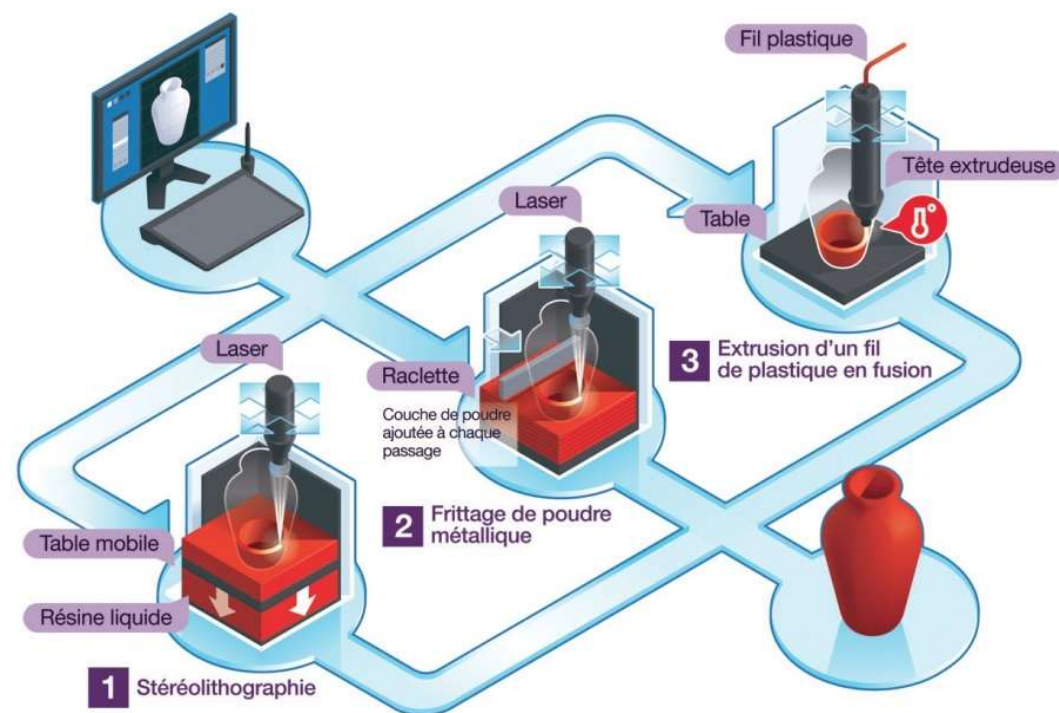
Fabrication additive (FA) (impression 3D)

Technologie de fabrication de pièces

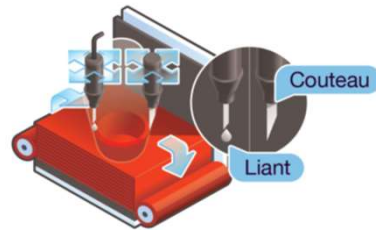
Conception numérique

Construction couche par couche

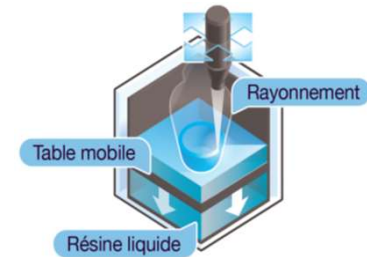
Apport matière /
Transformation matière



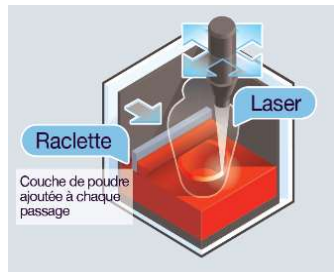
Procédés



Stratification de couches

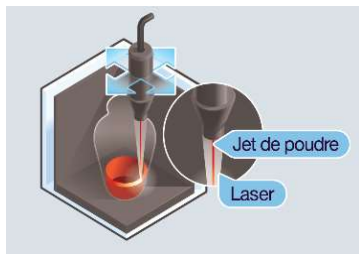


Photopolymérisation en cuve
Stéréolithographie

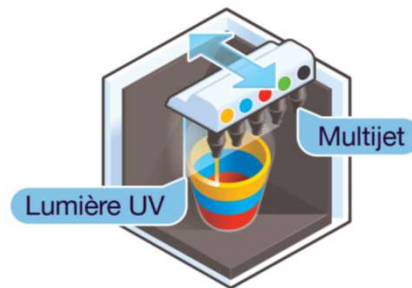


Fusion sur lit de poudre

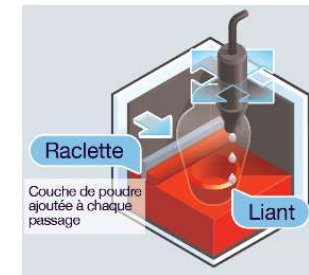
NF ISO 17296-2



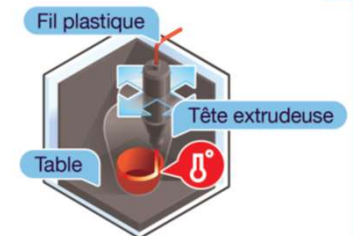
Dépôt de matière sous
énergie concentrée



Projection de matière



Projection de liant



Extrusion de matière

Matériaux

□ Polymères

- Poudre
- Fil
- Photopolymères



ABS (acrylonitrile butadiène styrène)
Polycarbonate
PLA (acide polylactique)
Silicone

...

□ Métaux

- Poudre
- Fil



Aluminium
Acier Inoxydable
Titane
Alliages (Cr-Co...)

...

- Céramique
- Béton
- Nourriture
- ...

02

Prévention des risques professionnels

Obligations de l'employeur

□ Code du travail – Article L. 4121-1

« L'employeur prend les mesures nécessaires pour assurer la sécurité et protéger la santé physique et mentale des travailleurs. »

Ces mesures comprennent :

- 1° Des actions de prévention des risques professionnels, y compris ceux mentionnés à l'article L. 4161-1 ;
- 2° Des actions d'information et de formation ;
- 3° La mise en place d'une organisation et de moyens adaptés.

L'employeur veille à l'adaptation de ces mesures pour tenir compte du changement des circonstances et tendre à l'amélioration des situations existantes. »

Cadre de l'intervention

❑ Prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles

❑ Risques non traités (non spécifiques à la fabrication additive) :

- Risque machine
- Risque électrique - accès sur les desktop, machines non-conformes, bricolées, etc.
- Risque de brûlures – accès à certains composants portés à haute température
- Rayonnement – manutention de sources laser
- Troubles musculo-squelettiques (TMS) - gestes répétitifs, manipulation de charges
- Chutes de hauteur – accès en hauteur sur certaines machines
- Récipients sous pression
- Risques physiques – travail avec des EPI (cagoule, combinaison étanche, etc.) : irritation, chaleur
- **Co-activité**

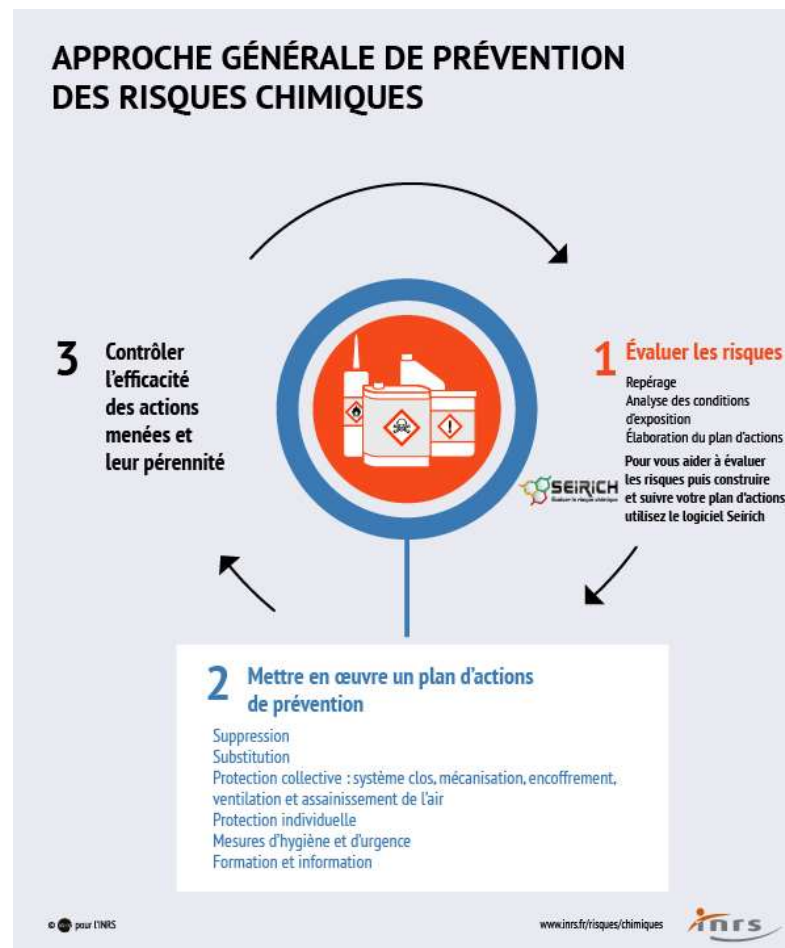
❑ Risque abordé :

- **Risque incendie explosion**

❑ Risque traité :

- **Risque chimique**
 - Produits utilisés
 - Produits émis
 - Produits annexes

Approche générale de prévention des risques chimiques



03

Repérage des dangers

Inventaire des agents 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)
 - Base de données [« Plastiques, risque et analyse thermique »](#)
 - Les produits annexes (les gaz, les liants, etc.)
 - Les produits de nettoyage, d'entretien et de maintenance

- ❑ Considérer **chaque étape du procédé**
 - Réception des matières premières
 - Manipulation et transfert des matières premières
 - Production
 - Post-production : récupération des pièces et matières premières, finition des pièces
 - Maintenance de la machine et des installations
 - Recyclage des matières premières
 - Stockage
 - Gestion des déchets

Inventaire des agents chimiques - FA plastique

❑ **Matières premières**

- Fils plastiques (polymères + additifs) : ABS, PLA, PET, PC, PEEK, etc. + pigments, stabilisants thermiques, ignifugeants, charges, etc.
- Résines liquides : monomères et pré-polymères (acrylates, polyuréthanes, résines époxy) dissous dans des solvants organiques (polyéthylène glycol, glycérol, etc.) + additifs (pigments, charges, etc.)
- Poudres plastiques : polyamides (PA11, PA12, etc.), polyuréthane thermoplastique (TPU), etc.

❑ **Produits de dégradation**

- Gaz et vapeurs (CO, CO₂, composés organiques volatils : styrène, aldéhydes, etc.)
→ Peuvent différer, pour un même polymère en fonction des additifs
- Particules fines et ultrafines


❑ **Produits de finition, de nettoyage et d'entretien**

Isopropanol, acétone, etc.

❑ **Liants**

Polyuréthanes, copolymères styrène-acrylate, cyanoacrylate de méthyle, etc.

Inventaire des agents chimiques - FA métallique

- ❑ **Matières premières** : poudres et fils d'alliages métalliques
Aluminium, nickel, cobalt, fer, cadmium, titane, manganèse, zinc, tungstène, chrome, etc.
- ❑ **Produits de dégradation** : oxydes métalliques
Oxydes de nickel, de cobalt, de manganèse, etc.  **Particules ultrafines**
- ❑ **Les produits d'entretien, de nettoyage et de maintenance**
Isopropanol, acétone, etc.
- ❑ **Liants**
Cyanoacrylate de méthyle, etc.
- ❑ **Gaz d'inertage**
Argon, azote, etc.

Classification de danger

❑ Les caractéristiques (données physico-chimiques, dangers, etc.) des agents chimiques doivent être identifiées à l'aide des **sources d'information** disponibles :

- Etiquetage / Fiche de données de sécurité (FDS)
 - Classification officielle selon le règlement CLP
 - Indications du fabricant
- Autres classifications (CIRC)
- Organismes de prévention
 - Carsat
 - Service de Prévention Santé au Travail (SPST)
 - INRS



Dangers pour la santé de certains agents chimiques rencontrés en Fabrication Additive

□ Produits utilisés

- Isopropanol : inflammable, irritant oculaire, vertiges, somnolence
- Méthacrylate de méthyle : inflammable, allergie cutanée, irritant respiratoire
- Cyanoacrylate de méthyle : irritant cutané, oculaire, respiratoire
- Nickel : cancérogène suspecté, allergie cutanée
- Cuivre : toxique par inhalation (fabricants)
- Cobalt : allergie cutanée et respiratoire, cancérogène, reprotoxique
- Azote : remplace l'oxygène – anoxie

□ Produits émis

- Poussières ultrafines : pénétration alvéolaire, effets respiratoires, effets peu connus
- Poussières fines et ultrafines : sensibles à l'inflammation et à l'explosion
- Oxydes de nickel II III IV, oxyde de cobalt II, trioxyde de chrome, etc. : cancérogènes
- Styrène : inflammable, nocif par inhalation, ototoxique et reprotoxique suspecté, irritant, etc.
- Acétone : très inflammable, irritant oculaire, vertiges, somnolence
- Formaldéhyde : cancérogène, corrosif cutané, toxique par inhalation, etc.

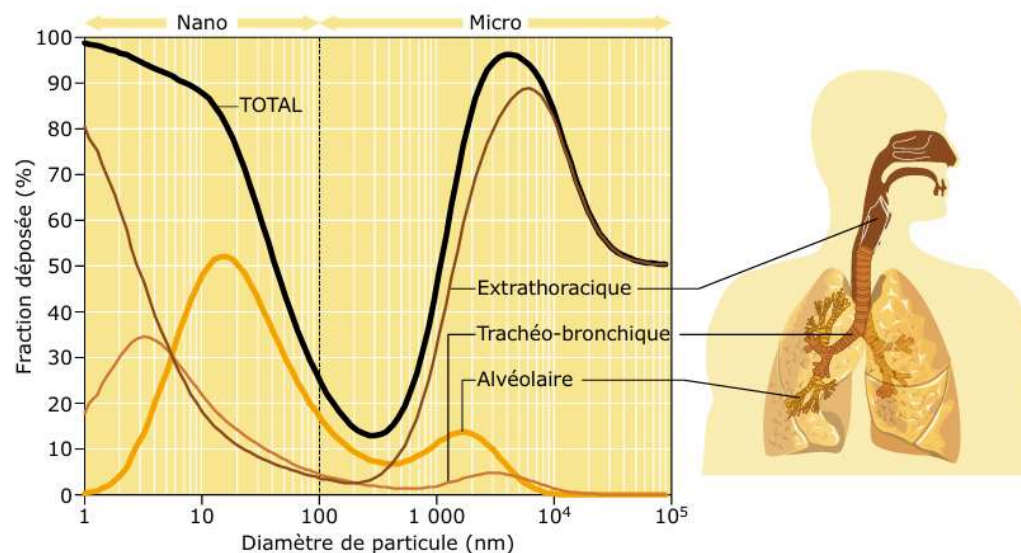
Matières combustibles



- ❑ Les matières premières polymères sont combustibles
 - ❑ Les émissions lors de la FA plastique peuvent former des atmosphères explosives

 - ❑ Les matières premières métalliques finement divisées (poudres) sont combustibles, voire inflammables, voire pyrophoriques (inflammation spontanée au contact de l'air).
- **Risque d'incendie ou d'explosion** en cas d'accumulation de gaz / vapeurs inflammables ou de mise en suspension de poussières inflammables
- Évaluation des risques spécifique

Particules ultrafines



- ❑ Particules ultrafines (PUF ou nanoparticules) : < 100 nm
- ❑ Générées lors de certains procédés thermiques ou mécaniques
- ❑ Déposition variable selon la **taille des particules** et leur **comportement dans l'air**
- ❑ Part des particules déposées dans le poumon profond plus importante que dans le cas des particules micrométriques
- ❑ Dépôt et accumulation au niveau des **alvéoles pulmonaires**
- ❑ Plus de particules se déposent **à l'effort** ou en cas de **fonction pulmonaire altérée**

Particules ultrafines

- ❑ Le devenir des nanomatériaux dépend notamment :
 - Du site de déposition
 - Des caractéristiques physico-chimiques des particules
 - De l'efficacité des mécanismes physiologiques d'élimination des particules

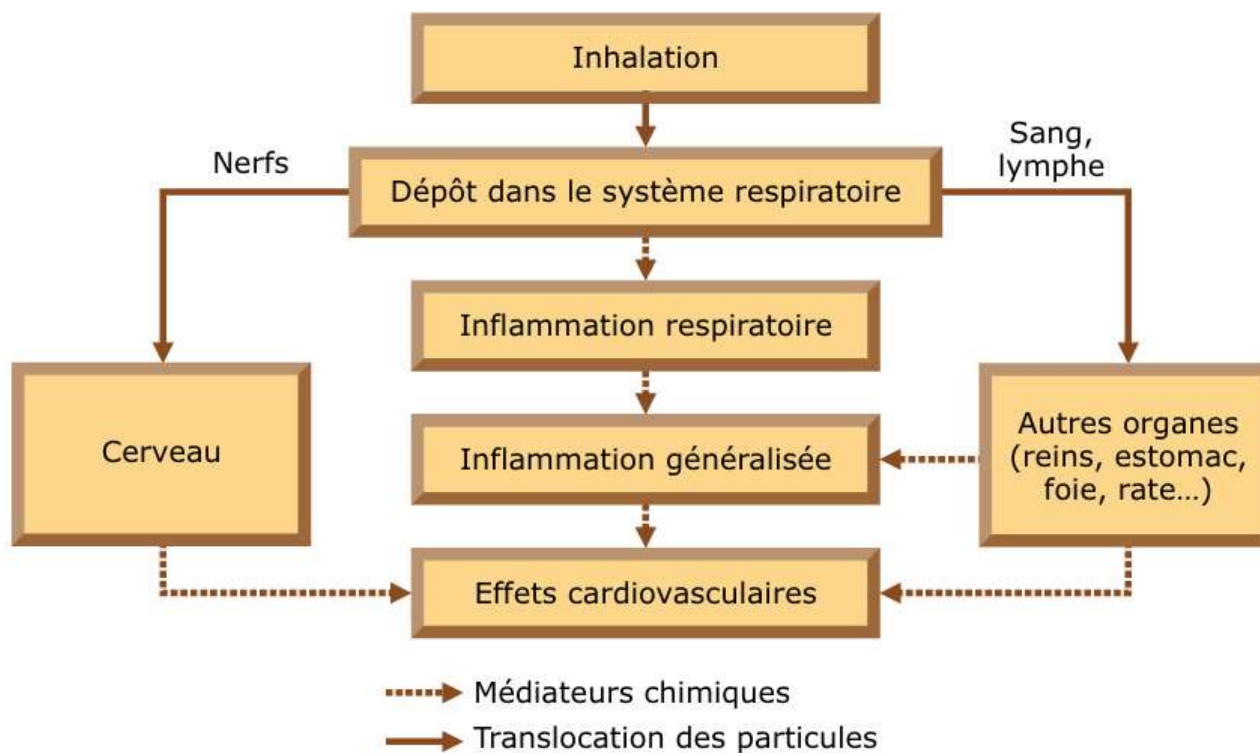
Après inhalation, certaines particules peuvent migrer vers :

- **le sang**
- **le système lymphatique**
- **les structures cérébrales**
- **la plèvre**
- **d'autres viscères (foie, rate, etc.)**



Particules ultrafines

- Devenir et effets potentiels sur l'organisme des nanomatériaux inhalés



Évaluation des risques chimiques – Ressources INRS

- ❑ Collection [« Fiches toxicologiques »](#)
- ❑ Base de données [« Plastiques, risque et analyse thermique »](#)
- ❑ Base de données [« Liste des substances chimiques classées CMR »](#)
- ❑ Outil [« Seirich »](#) :

FA plastique



FA métallique



04

Concentrations atmosphériques de référence

Concentrations atmosphériques de référence en milieu de travail

❑ Concentrations réglementaires :

➤ **Valeurs limites d'exposition professionnelles (VLEP)** réglementaires :

- Contraignantes (articles R. 4412-149 du Code du travail) ou indicatives (article R. 4412-150)
- Sur 8 heures (VLEP-8h) ou sur 15 minutes (VLEP CT)
- Concernent un ACD ou une famille d'ACD
- Peuvent ne concerner que certaines fractions (inhalable, thoracique, alvéolaire)

➤ **Concentrations moyennes en poussières à ne pas dépasser dans les locaux à pollution spécifique** (article R. 4222-10) :

- Poussières inhalables : 4 mg/m³ sur 8h
- Poussières alvéolaires : 0,9 mg/m³ sur 8h

→ Base de données « [Valeurs limites d'exposition professionnelle \(VLEP\) - Substances chimiques](#) »

❑ **Concentrations non réglementaires :**

- VLEP admises (circulaires)
- VLEP étrangères (ACGIH TLV, OSHA PEL, NIOSH REL, MAK allemandes)
- Autres : avis Anses, avis CER Echa, DNEL, etc.
- Risque Atex : LIE

Valeurs de référence en matière de qualité de l'air intérieur

- ❑ Qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments
- ❑ **Repères sanitaires pour la population générale** basés sur les connaissances scientifiques disponibles
- ❑ (Très) inférieures aux VLEP
- ❑ Pas juridiquement contraignantes
- ❑ Il en existe de plusieurs sortes
 - [Valeurs guides pour l'air intérieur \(VGAI\) proposées par l'Anses](#) (acétaldéhyde, benzène, ethylbenzène, formaldéhyde, monoxyde de carbone, toluène, etc.) sur la base d'effets sanitaires
 - Valeurs guides pour les poussières intérieures (VGPI) proposées par l'Anses ([plomb](#), [phtalates](#)) sur la base d'effets sanitaires
 - [Valeurs repères d'aide à la gestion de la qualité de l'air intérieur élaborées par le Haut Conseil de la santé publique \(HCSP\)](#) sur la base des VGAI de l'Anses et de considérations techniques, pratiques, réglementaires, économiques, sociologiques (formaldéhyde, benzène, tétrachloroéthylène, naphthalène, trichloroéthylène, acétaldéhyde, acroléine, particules)
 - Valeurs fixées par voie réglementaire

Valeurs de référence en matière de qualité de l'air intérieur

□ VGAI réglementaires (article R. 221-29 du Code de l'environnement)

- VGAI : niveau de concentration de polluants dans l'air intérieur fixé, pour un espace clos donné, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine, à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné

Substance	Valeur-guide pour l'air intérieur
Formaldéhyde	100 µg/m ³ pour une exposition à court terme
Benzène	2 µg/m ³ pour une exposition de longue durée

□ Valeurs réglementaires pour la surveillance de la QAI dans **certains établissements recevant du public** :

- Décret n° 2022-1690 du 27 décembre
- Sont exclus les locaux à pollution spécifique (article R. 221-30 du Code de l'environnement)

Substance	Valeur pour laquelle des investigations complémentaires sont menées	Valeur pour laquelle le préfet de département du lieu d'implantation de l'établissement est informé
Formaldéhyde	> 30 µg/m ³	> 100 µg/m ³
Benzène	> 10 µg/m ³	

05

Caractérisation de l'exposition

Caractérisation de l'exposition

2 voies d'exposition principales

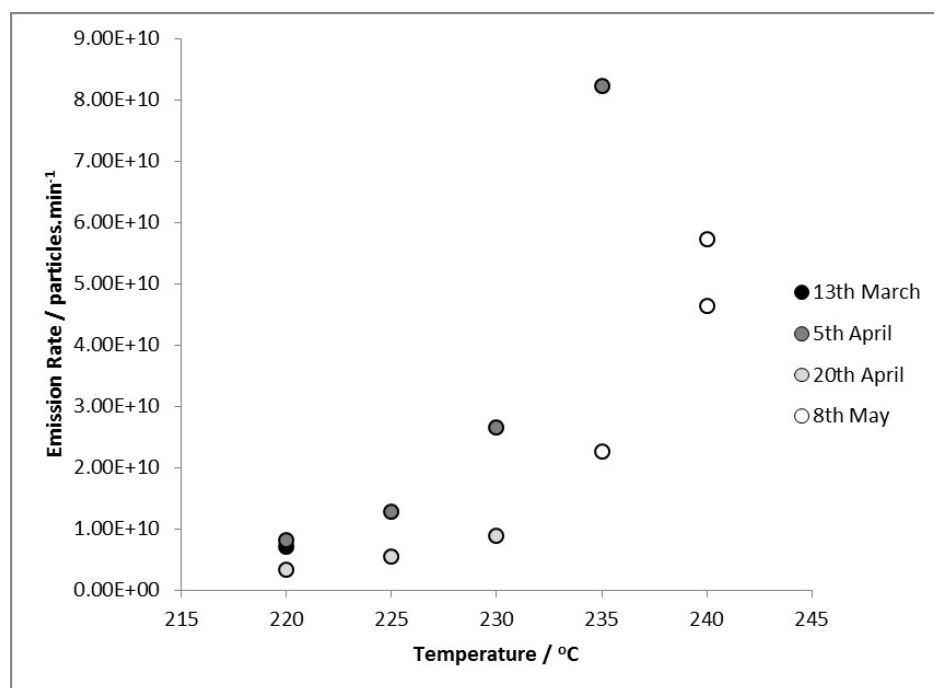
- ❑ Par **inhalation** des fumées dégagées lors de la fabrication, des vapeurs lors des étapes de finition ou de nettoyage, des poussières lors de la manipulation ou lors des étapes de finition, des gaz lors de la manutention...
- ❑ Par **contact cutané** avec des poussières ou des solvants

Extrusion de matière (polymère)

Polluant	Valeurs	VLEP	Commentaire
Styrène (ABS)	150 à 250 µg/m ³	100 mg/m ³	20x niveau bureaux
Isopropanol	40,8 mg/m ³	-	MAK 500 mg/m ³
TVOC	Émission max 3552 µg/h	-	Imprimante laser 5782–7735 µg/h
PUF (ABS)	10 ⁹ à 10 ¹¹ #/min	-	PLA < ABS
PUF (PLA)	10 ⁸ à 10 ¹⁰ #/min	-	

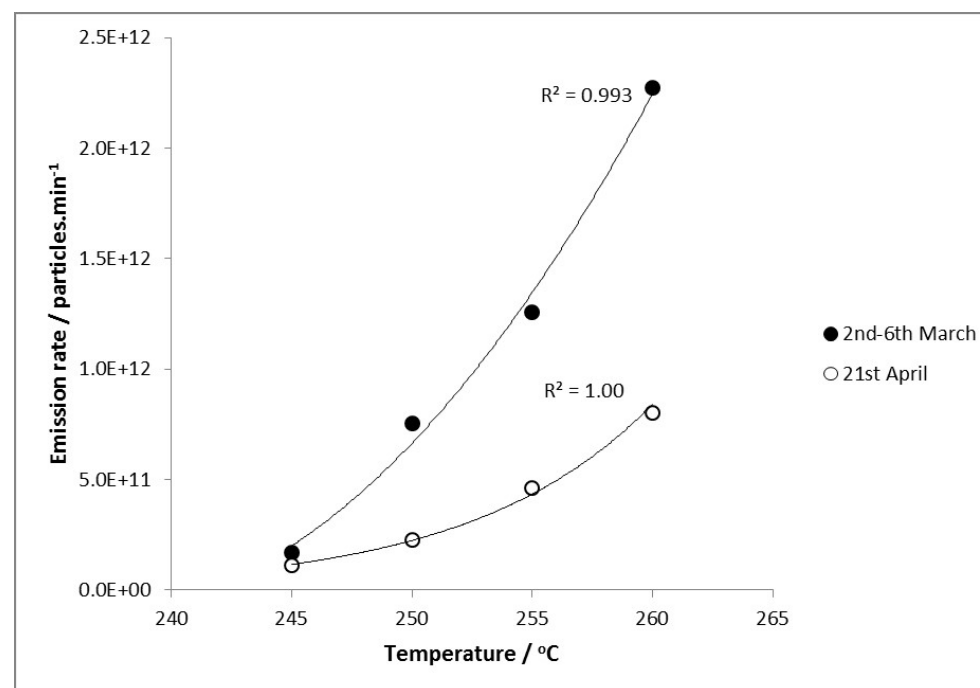
Influence de température sur l'émission

PLA



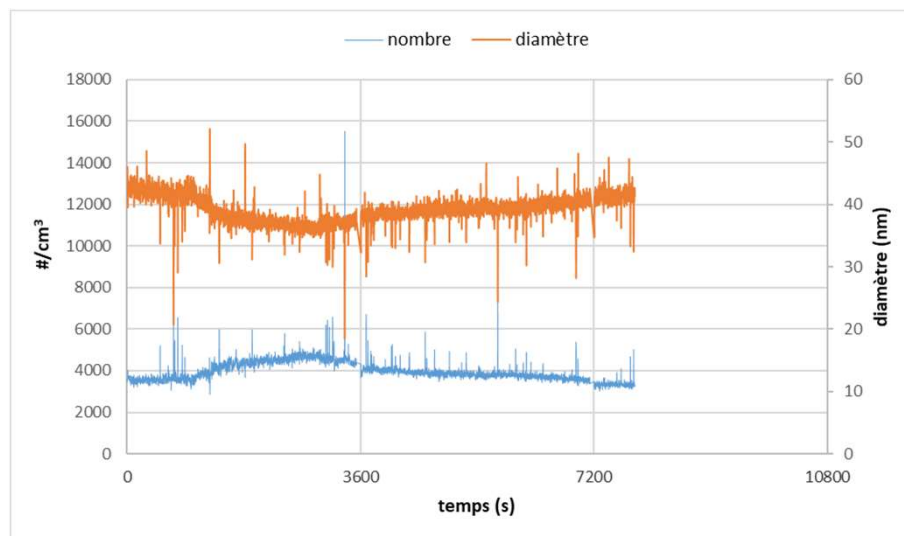
Samatha Hall & coll. 2019, RR1146, HSE

ABS



Photopolymérisation / Stéréolithographie (polymère)

Polluant	Valeurs	VLEP	Commentaire
Acétone	26 ppb	250 ppm	Infime
Acrylate de méthyle	5 à 20 ppm	18 ppm	-
TVOC	Émission 14300–23700 µg/h	-	Imprimante laser 5782–7735 µg/h Extrusion - 3552 µg/h



Projection de liant (polymère)

Polluant	Valeurs	VLEP	Commentaire
TVOC	Max 1725 µg/m ³	-	Valeur technique fumées de bitume 1600 µg/m ³
Particules (200-400 nm)	Émission 10 ⁴ #/min	-	4-7 ordres < Extrusion

STEINLE P. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 2016
STEFANIAK A. *Journal of Chemical Health and Safety*, 2019
STEFANIAK A. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 2017
AFSHAR-MOHAJER N. *Building and Environment*, 2015

Fusion sur lit de poudre (métal)

Polluant	Valeurs	VLEP	Commentaire
Nickel alvéolaire	48 à 110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ni métal ; VLEP admise) 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Composés du Ni)	Avis du CER de l'Echa : 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ni et composés)
Cuivre alvéolaire	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (fumées de Cu ; VLEP admise)	MAK 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Cobalt	52,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	Projet VLEP UE : 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (inhalable), 2,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (alvéolaire)
PUF	1,6.10 ⁴ #/cm ³	-	Soudage 4,8.10 ⁵ #/cm ³
PUF	0,12 à 0,33 mg/m ³	0,9 mg/m ³	-

Dépôt de matière sous énergie concentrée (métal)

Polluant	Valeurs	VLEP	Commentaire
PUF enceinte	10^6 \#/cm^3	-	Soudage $4,8 \cdot 10^5 \text{ \#/cm}^3$
PUF enceinte	$0,3-1,3 \text{ mg/m}^3$	$0,9 \text{ mg/m}^3$	-

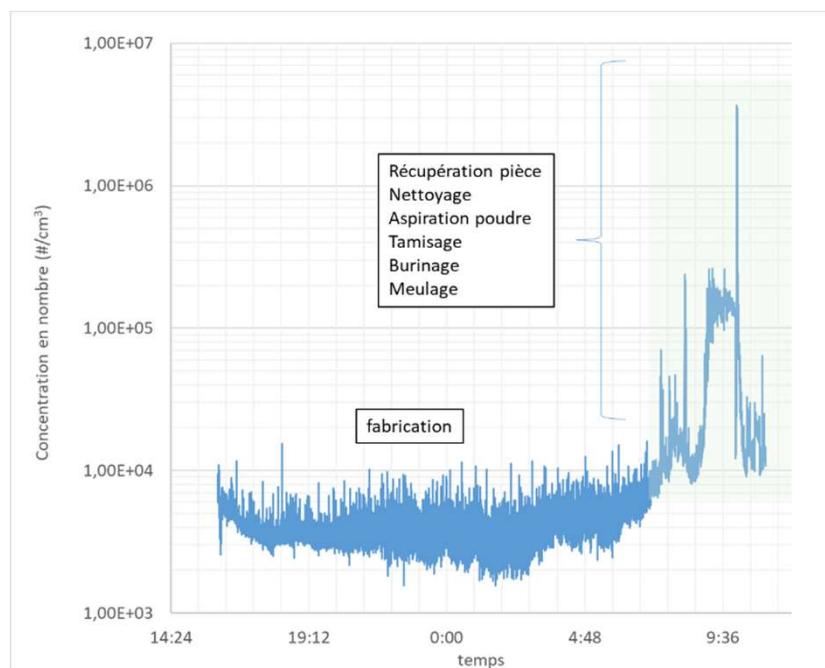
BEISSER R. *Gefahrstoffe- Reinhalt*, 2017

BAU S. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 2019

GRAFF P. *Journal of Industrial Ecology*, 2016

Exposition sur 8h vs Exposition ponctuelle

- ❑ Fusion sur lit de poudres – Céramiste dentaire
- ❑ Métrologie en temps réel
- ❑ Pendant la fabrication : Exposition \approx Bruit de fond
- ❑ Ouverture de la porte et post-production → **Pics d'exposition**



06

Polyexposition

Prise en compte de la polyexposition

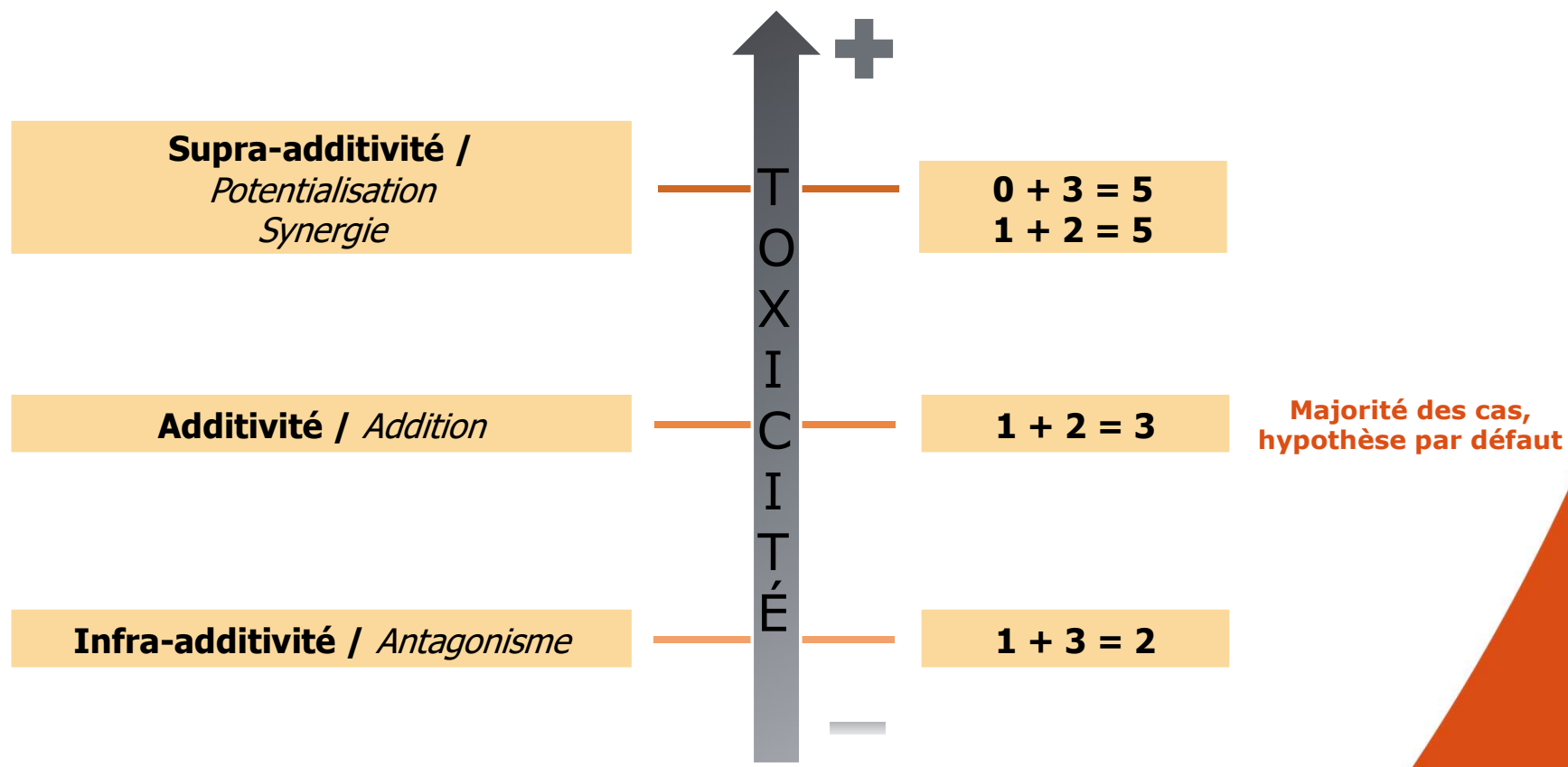
❑ Code du travail – Article R. 4412-6

« Pour l'évaluation des risques, l'employeur prend en compte, notamment : [...] En cas d'exposition simultanée ou successive à plusieurs agents chimiques, **les effets combinés de l'ensemble de ces agents** »

- Pour certaines technologies de FA : niveaux atmosphériques << VLEP mais nombreuses substances émises
- En fablab, co-activité et procédés multiples : fabrication additive, découpe ou gravure laser, machines d'usinage, imprimantes laser, imprimantes par sublimation, etc.

La polyexposition chimique

Types d'interactions possibles



MiXie France

- ❑ Outil d'aide à l'évaluation des effets sur la santé de plusieurs substances chimiques (hypothèse de l'additivité des effets)
- ❑ <http://www.inrs-mixie.fr>
- ❑ Partenariat avec le Canada (Université de Montréal, IRSST)
- ❑ + de 450 substances

APPROCHE QUALITATIVE

Absence de mesures atmosphériques

Aucun calcul réalisé

Identification des **classes d'effets communes** entre les substances sélectionnées

APPROCHE QUANTITATIVE

Mesures atmosphériques disponibles

Détermination des Indices d'exposition **IE** et des Indices d'Exposition à effets Additionnels **IAE**

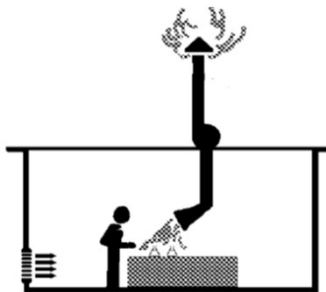
Identification **des situations à risque** en lien avec la polyexposition

07

Solutions pour la prévention des risques

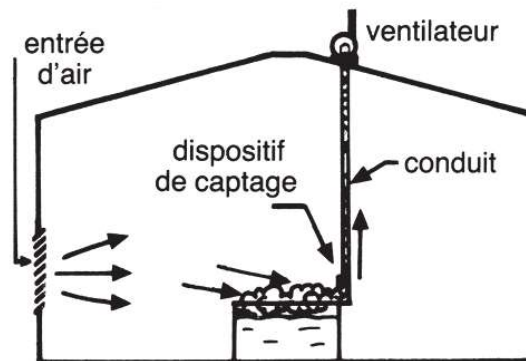
Aération et assainissement de l'atmosphère des lieux de travail

- Code du travail – Articles R. 4212-1 à 7, 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).

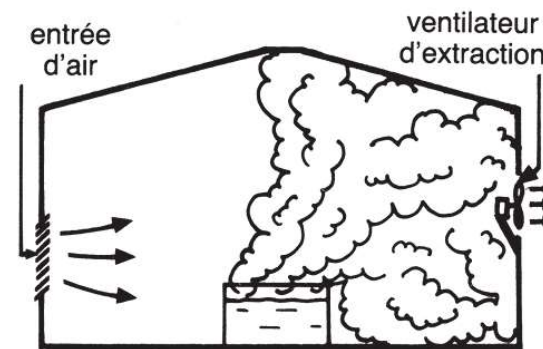


Aération et assainissement de l'atmosphère des lieux de travail

- ❑ Travail en système clos
- ❑ Encoffrement, automatisation, captage à la source
- ❑ Rejet de l'air extrait à l'extérieur après épuration
- ❑ « Ouvrir les fenêtres » n'est pas une solution pérenne
- ❑ Ventilation générale **en complément** du captage localisé
- ❑ Locaux en dépression par rapport aux locaux adjacents pour limiter la diffusion des polluants



a) Ventilation locale : assainissement par captage des polluants.



b) Ventilation générale : dispersion des polluants dans le local.

Recyclage d'air

- ❑ Le code du travail autorise le recyclage d'air sous certaines conditions (articles R. 4222-8 à R. 4222-9, et articles R. 4222-14 à R. 4222-17 du Code du travail)
 - « **L'air provenant d'un local à pollution spécifique ne peut être recyclé que s'il est efficacement épuré.** Il ne peut être envoyé après recyclage dans d'autres locaux que si la pollution de tous les locaux concernés est de même nature. En cas de recyclage, **les concentrations de poussières et substances dans l'atmosphère du local doivent demeurer inférieures aux VLEP** [...]. » (article R. 4222-14)
 - « Les installations de recyclage comportent **un système de surveillance permettant de déceler les défauts des dispositifs d'épuration.** En cas de défaut, les mesures nécessaires sont prises par l'employeur pour maintenir le respect des VLEP [...], le cas échéant, en arrêtant le recyclage. » (article R. 4222-16)

- ❑ L'INRS déconseille le recyclage d'air
- ❑ Ce dernier est à proscrire pour les agents CMR

Solutions de prévention – Stockage

- ❑ Limiter les quantités stockées
- ❑ Contenants étanches, étiquetés
- ❑ Locaux frais, à l'abri des rayonnements solaires et autres sources de chaleur
- ❑ Précautions particulières à certaines poudres métalliques réactives :
 - À l'abri de l'humidité, à bonne distance d'autres matériaux combustibles
 - Atmosphère inerte
- ❑ Locaux ventilés

Solutions de prévention – Pré-production

❑ Recyclage de poudres (tamisage)

- Circuit fermé ou poste de travail ventilé (sorbonne, cabine ouverte ventilée, dossier aspirant)

❑ Transferts de matières

- Circuit fermé (fusion sur lit de poudre : cartouches de poudre scellées, parfois boîte à gants intégrée à machine, etc.) ou sous captage localisé (anneau aspirant, bras aspirant)

❑ Précautions particulières à certaines poudres métalliques réactives

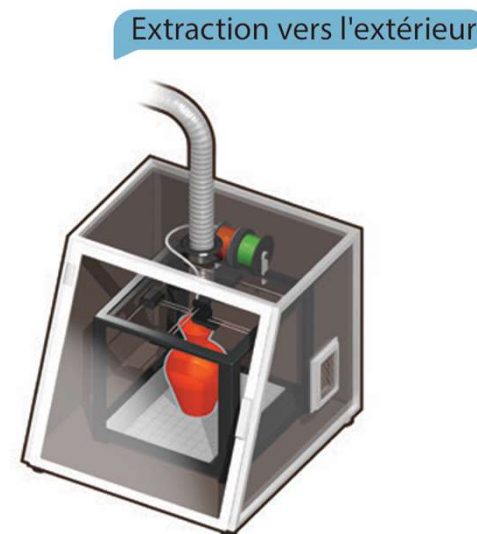
- Absence d'humidité
- Atmosphère inerte



Solutions de prévention – Production

□ Extrusion de matière

- Température la plus basse adaptée aux besoins techniques
- Matière la moins émissive adaptée aux besoins techniques
- Capotage de la machine et captage des émissions
- Ventilation générale



- Des systèmes d'épuration de l'air existent (filtre CA + filtre HEPA)

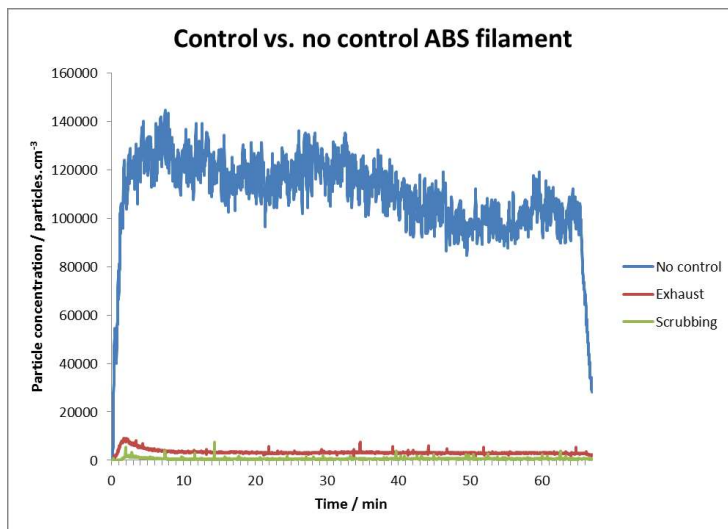
- Recyclage d'air
- Pas toujours étanches
- Pas de système de surveillance permettant de déceler les défauts des dispositifs d'épuration
- Fréquence de remplacement des filtres ?



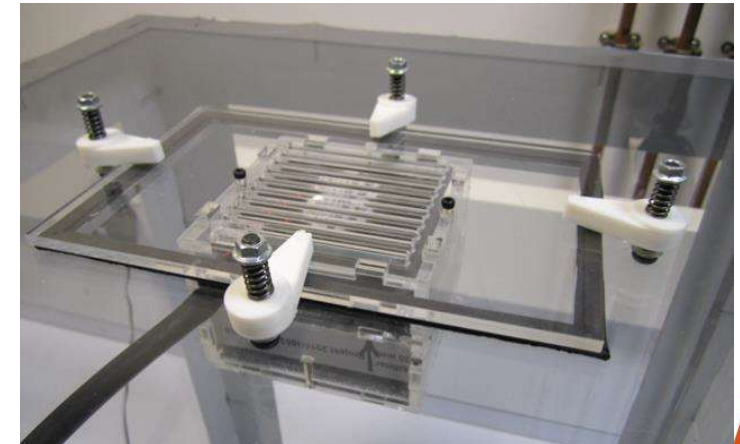
Solutions de prévention – Production

□ Extrusion de matière

- Enceinte + Filtration des émissions
- Filtre HEPA → Particules fines uniquement



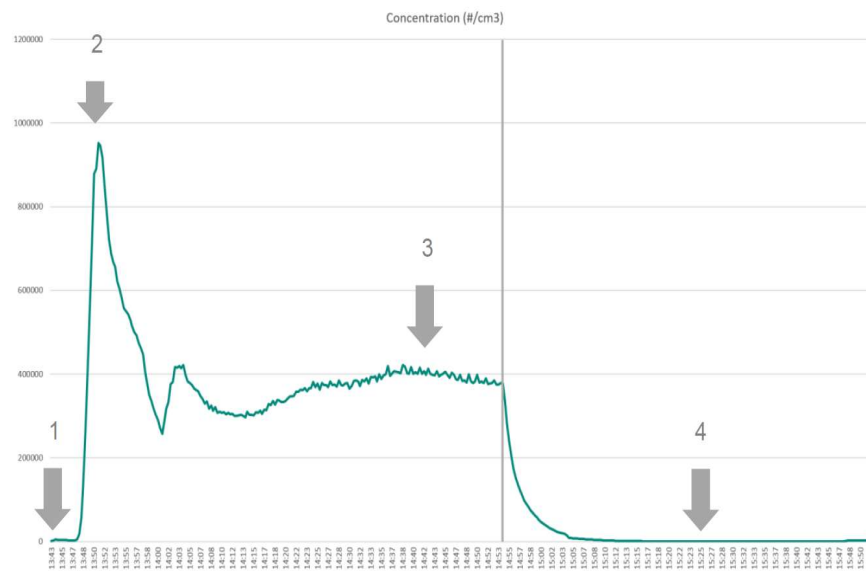
Samatha Hall & coll. 2019, RR1146, HSE



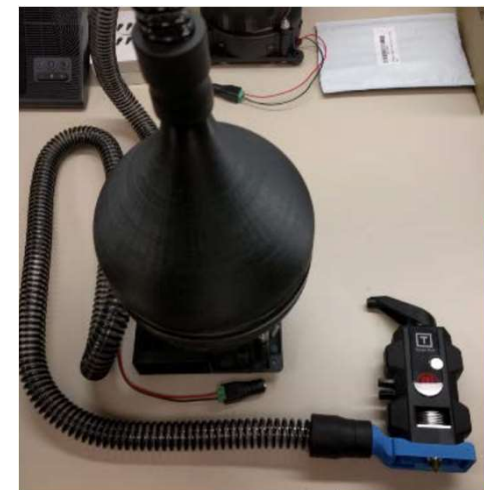
Solutions de prévention – Production

□ Extrusion de matière

- Captage à la source + Filtration des émissions
- Rejet vers l'extérieur



SARDA ESTEVE R. Study report 2017



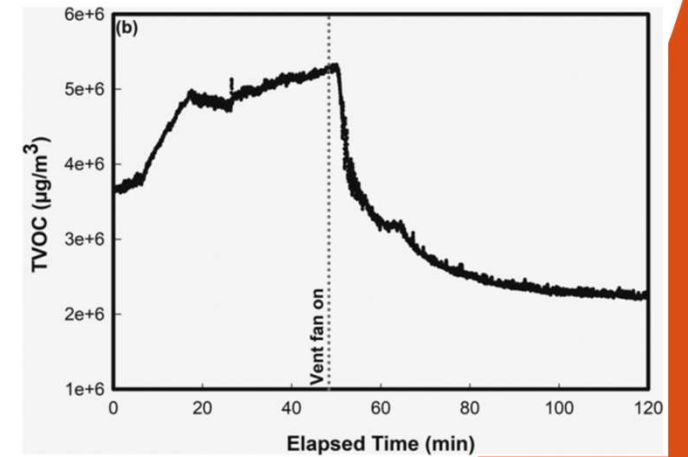
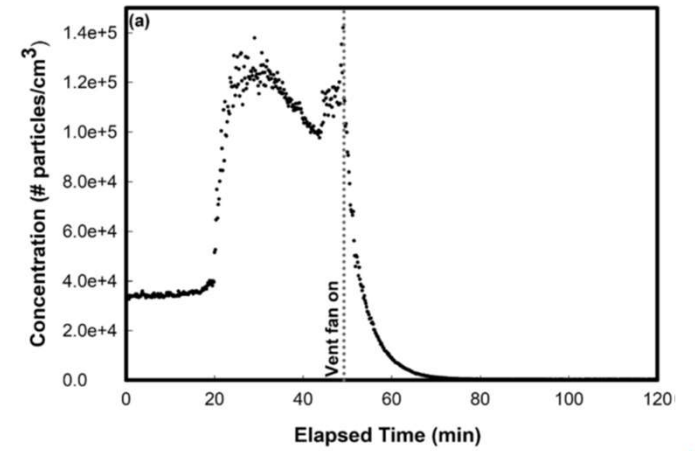
Production

□ Extrusion de matière

- Extraction des émissions et rejet à l'extérieur



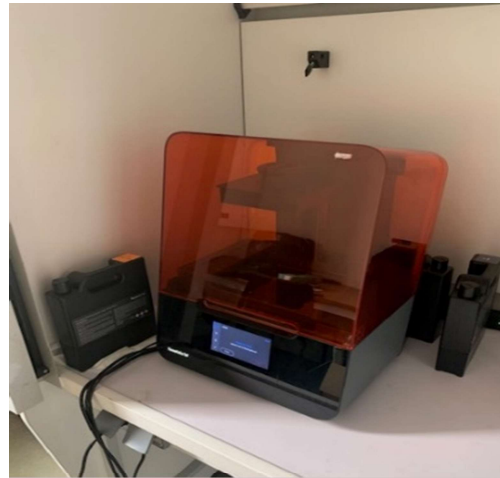
STEFANIAK A. *Journal of Chemical Health and Safety*, 2019
Dessin d'Eugene Smith



Solutions de prévention – Production

❑ Photopolymérisation / Stéréolithographie (polymère)

- Sous sorbonne



❑ Fusion sur lit de poudre

- Machines étanches adaptées aux types de poudres
- Sous atmosphère inerte (protection du métal contre l'oxydation et limitation du risque d'incendie / explosion)
- Rejet des gaz de purge vers l'extérieur

Solutions de prévention – Post-traitement

□ Récupération de la pièce

- Temporisation avant ouverture

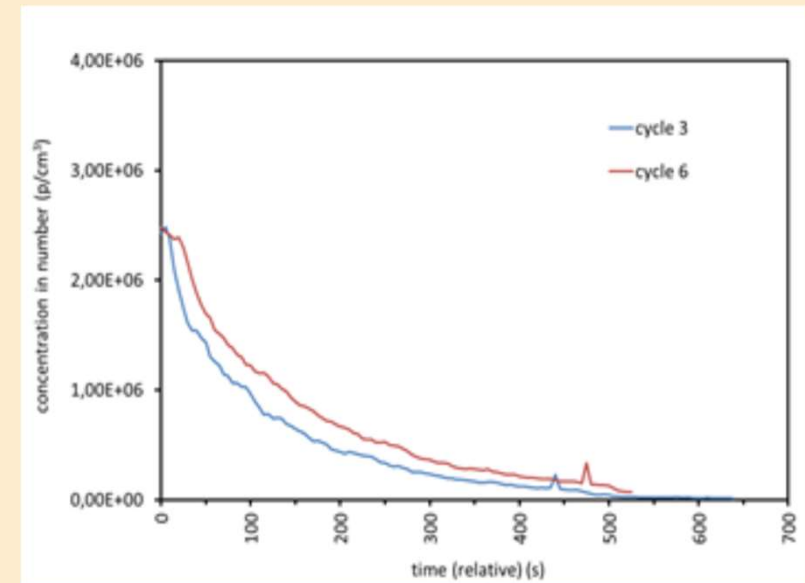
□ Récupération de la matière première non utilisée

- Circuit fermé (système d'aspiration intégré à la machine, si possible), captage localisé

□ Nettoyage des pièces et usinage

- Système clos (boîte à gants, cabine de dépoussiérage/sablage, etc.)
- Poste ventilé (cabine ventilée) avec vitesse d'air minimale au point d'émission de 0,5-1,0 m/s (ou supérieures en fonction de la vitesse initiale des polluants → ED 695)
- Si utilisation de fluide de coupe : captage localisé + remplacer régulièrement le fluide de coupe pour limiter l'accumulation des substances dangereuses (particules métalliques, HAP, etc.)
- Si utilisation de bacs à solvant → fermés hors des phases d'utilisation et ventilés

Exemple de temporisation : FA par projection de poudres – Débit de ventilation à l'intérieur de la chambre de fabrication : 330 m³/h



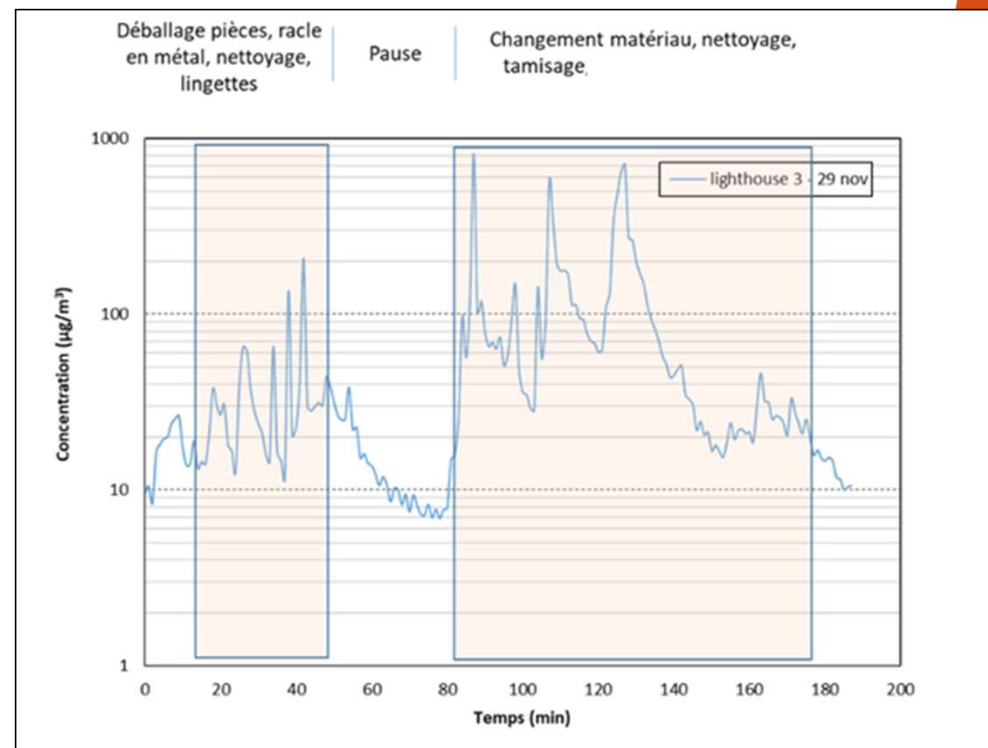
Solutions de prévention – Nettoyage et Maintenance

□ Nettoyage des postes de travail

- Nettoyer régulièrement
- Proscrire le nettoyage par soufflage, privilégier le nettoyage par aspiration (aspirateur industriel adapté à la nature des poussières) ou à l'humide (selon la nature des poussières)

□ Maintenance - Fusion sur lit de poudre

- Personnel formé et informé sur les risques existants
- Atmosphère suffisamment riche en oxygène
- Enlever le maximum de poudre et de sous-produits en circuit fermé
- Ventiler la machine et l'atelier où se trouve la machine
- Utiliser des EPI
- Risque associé au laser est rajouté (écrans de protection)



08

Conclusions

Conclusions

- ❑ Chaque **couple technique/matière première** présente des risques différents
- ❑ L'évaluation et la prévention des risques chimiques repose sur **un inventaire exhaustif** des agents chimiques utilisés et générés **à chaque étape du procédé** (étiquetage, FDS, etc.)
- ❑ Les étapes de pré-production et post-production peuvent être particulièrement exposantes
- ❑ Les substances émises sont potentiellement nombreuses
- ❑ Même en l'absence de dépassement des concentrations atmosphériques de référence en milieu professionnel
 - **Certaines substances sont CMR**
 - **Polyexposition**
- ❑ La prévention du risque d'inhalation repose en premier lieu sur **le travail en circuit fermé** et **la ventilation**, complétés au besoin par des mesures organisationnelles et des équipements de protection individuelle

09

Ressources

Pour en savoir plus



□ Fabrication additive

- Dossier web [« Fabrication additive »](#)
- [« Fabrication additive ou impression 3D »](#), TP 47, RST, INRS, 2021
- [« La fabrication additive : quelle prévention en entreprise ? »](#), DC 29, HST, INRS, 2021
- [« Fabrication additive \(ou impression 3D\) : quels risques pour la santé ? Quelles solutions de prévention ? »](#), Webinaire INRS, 2020
- [« Fabrication additive »](#), Journée technique INRS, 2022
- [« Fabrication additive ou impression 3D utilisant les poudres métalliques »](#), ED 144, INRS, 2020
- [« Fabrication additive ou impression 3D utilisant des matières plastiques »](#), ED 148, INRS, 2020



Pour en savoir plus

❑ Évaluation des risques

- Outil [Seirich](#)
- Base de données « [Plastiques, risque et analyse thermique](#) »
- Base de données « [Liste des substances chimiques classées CMR](#) »
- Base de données « [Valeurs limites d'exposition professionnelle \(VLEP\) - Substances chimiques](#) »



❑ Polyexposition

- Dossier web « [Polyexposition](#) »
- Outil [MiXie France](#)
- « [Guide d'utilisation de MiXie France](#) », NS 358, INRS, 2024
- « [Mieux prendre en compte les polyexpositions chimiques](#) », Webinaire INRS, 2021
- « [Polyexpositions au travail : enjeux pour la prévention, méthodes et perspectives](#) », Journée technique INRS, 2023



❑ Qualité de l'air intérieur

- Dossier web « [Qualité de l'air intérieur](#) »
- « [Effets sanitaires et valeurs guides pour l'air intérieur](#) », Ministère de la santé

Autres ressources existantes

□ Normes sur la Fabrication additive

- NF EN ISO/ASTM 52931 : Fabrication additive de métaux – Environnement, santé et sécurité – Principes généraux pour l'utilisation de matériaux métalliques
- NF EN ISO/ASTM 52938-1 : Fabrication additive de métaux – Environnement, hygiène et sécurité – Partie 1 : exigences de sécurité pour les machines PBF-LB
- PrEN ISO/ASTM 52961 : Fabrication additive de polymères – Environnement, santé et sécurité – Principes généraux pour l'utilisation de polymères avec extrusion de matériau

10

Hors-sujet

Hors-sujet



- ❑ Communiqué de presse « [L'INRS met en garde contre les équipements laser manuels utilisés pour des opérations de soudage, décapage et découpe.](#) »
- ❑ **L'utilisation d'équipements de soudage, décapage ou découpe laser portatifs** nécessite une évaluation des risques et la mise en place de mesures de prévention spécifiques
 - Risque optique (laser, UV, IR, visible)
 - Fumées de soudage, décapage, découpe laser
 - Risque de départ de feu ou de brûlures



Communiqué de presse

Paris, le 10 février 2026

L'INRS met en garde contre les équipements laser manuels utilisés pour des opérations de soudage, décapage et découpe.

Les équipements laser manuels utilisés pour des opérations de soudage, décapage et découpe, se développent très rapidement dans les entreprises grâce à leur polyvalence et leur efficacité. Toutefois, leur utilisation pour des applications ambulatoires, rend les mesures de prévention habituellement recommandées difficiles à mettre en œuvre. Suite à des études récentes, l'Institut national de recherche et sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles (INRS) alerte sur les risques liés à ces équipements (risques chimiques, risques liés au faisceau laser et aux rayonnements parasites).

Les équipements laser manuels utilisés pour des opérations de soudage, décapage et découpe, se développent rapidement dans les ateliers. Leur souplesse d'emploi et leur efficacité technique s'accompagnent toutefois de situations d'exposition à des dangers spécifiques, liées notamment à la proximité immédiate entre l'opérateur et la zone d'interaction laser-matière.

Des risques multiples et souvent combinés

Les équipements laser manuels exposent les opérateurs à des risques qui ne se limitent pas au seul faisceau laser. Selon l'application et les matériaux traités, ils peuvent notamment générer :

- des émissions de **rayonnements optiques parasites dangereux**, directs et réfléchis, dans l'ultraviolet, le visible et l'infrarouge ;
- des **émissions de substances dangereuses** sous forme de fumées, de gaz ou de particules, issues de la matière ou des revêtements traités ;
- des **risques d'inflammation ou de brûlures** liés à l'énergie mise en jeu.

Ces risques peuvent se cumuler et concerner non seulement l'opérateur, mais également les personnes présentes dans l'environnement proche du poste de travail.

Des risques chimiques liés aux émissions de fumées, particules fines et gaz

L'INRS a conduit une étude pour caractériser les émissions de fumées générées par les opérations de décapage laser manuel. Réalisés en laboratoire, les essais ont porté sur le décapage de peintures thermolaquées sur acier.

Les résultats montrent que les fumées sont principalement constituées de :



Merci de votre attention



Notre métier,
rendre le vôtre plus sûr

www.inrs.fr

Posez vos questions à l'INRS :

<https://www.inrs.fr/services/assistance/questions.html>