



LA PRÉVENTION DES RISQUES LIES A LA FABRICATION ADDITIVE

ANF « QUELLES FINALITÉS POUR
QUELS MATÉRIAUX ET PROCÉDÉS? »

JUIN 2023



1
ORIGINE DU PROJET D'UNE
NOTE NATIONALE

1

UN QUESTIONNEMENT ANCIEN...

Quelques étapes :

- **Nomination d'un chargé de mission national au CNRS en 2011 (D. MONCOQ)**
- **Participation au projet européen NANOSAFE et à EPINANO (Santé Publique France ex INVS)**
- **Campagnes de mesures au poste de travail dès 2018 (« nanobadges® » Particlever puis ITGA) avec dès le départ un focus sur les imprimantes 3D**

1

INVENTAIRE DES IMPRIMANTES 3D

Lancement en septembre 2018

Synthèse réalisée en décembre 2018

Nombre :

401 imprimantes 3D recensées sur 189 laboratoires

Localisations :

112 imprimantes 3D dans des ateliers (28 %)

29 imprimantes 3D dans des bureaux (7 %)

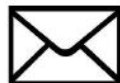
260 imprimantes 3D en salles dédiées, laboratoires... (65 %)

Coactivité ?

1



1. Prélèvement de particules



2. Expédition de la cassette

3. Analyse au laboratoire NANOBRIDGE



Impacteur (particules $< 3 \mu\text{m}$)

Membrane de collecte

1. détection de nanomatériaux

2. analyse complémentaires si nécessaire :

- Microscopie électronique
- Masse éléments chimiques
- Morphologie/taille

1

NÉCESSITÉ DE SYNTHÉTISER LES RETOURS D'EXPÉRIENCE

- ⦿ Collaboration avec l'INRS (M RICAUD)
- ⦿ Très nombreuses visites de terrain
- ⦿ Sollicitations croissantes des unités
- ⦿ Création d'un GT en novembre 2021

1

COMPOSITION DU GT

GRONDIN Jean, Médecin du travail, Délégation Aquitaine du CNRS

MAZE CORADIN Frédérique, Chargée de mission nationale pour la prévention du risque chimique au CNRS

MONCOQ Damien, Chargé de mission national pour la prévention des risques liés à la mise en œuvre des nanomatériaux au CNRS

OLAGNIER Valérie, Médecin du travail, Délégation Rhône Auvergne du CNRS

RICAUD Myriam, Ingénieure chimiste, Pôle Risques Chimiques - Département Expertise et Conseil Technique - Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS) ;

VASANTHAKUMAR Robin, Ingénieur prévention et sécurité à la CNPS

FENECH Yves CNPS



2

La note de janvier 2023

PREVENTION DES RISQUES LIES A LA FABRICATION ADDITIVE (IMPRESSION 3D)

« Cette note propose des conseils pratiques de prévention pour la fabrication additive (impression 3D) dans les structures opérationnelles de recherche et de service. Elle s'adresse aux directeurs et directrices d'unité, aux responsables d'équipes, aux assistantes et assistants de prévention et à l'ensemble des utilisateurs et utilisatrices des laboratoires. Elle est également une source de recommandations pour aider les préventeurs et les médecins du travail dans leur mission de conseil. Tous les risques décrits dans la présente note n'existent pas forcément dans toutes les activités menées au CNRS. Cette note a été voulue comme exhaustive quant aux risques susceptibles d'être rencontrés. Il convient donc d'évaluer les risques et de les hiérarchiser afin de définir un plan d'actions le plus adapté à la situation traitée. »

SOMMAIRE

1. Contexte, différents procédés et matériaux associés
2. Produits utilisés
 - 2.1. Les matières plastiques
 - 2.2. Les poudres métalliques
 - 2.3. Autres produits mis en œuvre
3. Les risques
 - 3.1. Risque chimique
 - 3.1.1. Evaluation des risques
 - 3.1.2. Prévention des risques
 - a. Focus sur l'ouverture de la machine
 - b. Focus sur l'étape de pesée
 - c. Focus maintenance/nettoyage des équipements
 - d. Focus sur le post-traitement des pièces
 - 3.2. Autres risques
 - 3.2.1. Incendie/explosion
 - 3.2.2. Rayonnements
 - 3.2.3. Chutes
 - 3.2.4. Troubles musculosquelettiques (TMS)
 - 3.2.5. Risque machine
 - 3.2.6. Brûlure
4. Formation, consignes
5. Traçabilité des expositions
6. Surveillance médicale
7. ANNEXES
 - 7.1 Grille d'autoévaluation
 - 7.2 Métrologie
 - 7.3 Signalétique pour les expérimentations sans surveillance

3

RISQUE CHIMIQUES - EVALUATION

Evaluation des risques chimiques :

- inventaire et l'identification des dangers,
- hiérarchisation des risques potentiels
- évaluation du risque chimique pour la santé / sécurité.

NB : vigilance avec les dérivés métalliques de Ni, Co, Ti et alliages associés en raison de leur propriété cancérigène.

3

RISQUE CHIMIQUES – INVENTAIRE DES PRODUITS

L'inventaire des produits chimiques entrants, sortants et émis (produits de dégradation...) à chaque étape du procédé est la première étape de l'identification des dangers.

Les propriétés physico-chimiques et toxiques :

=> fiche de données de sécurité, fiches toxicologiques de l'INRS, base de données, etc.

3

CAPTAGE DES POLLUANTS

Pour maintenir les expositions au niveau le plus bas possible, qu'il existe ou non des VLEP, des installations de captage des poussières, des aérosols, des gaz doivent être prévues avec une évacuation à l'extérieur des locaux. Un dispositif de captage intégré à la machine dès sa conception est à privilégier pour une meilleure efficacité.

Toutes les machines n'en sont pas encore équipées et il importe d'être vigilant sur ce point et de s'orienter vers la généralisation de ces dispositifs. Les imprimantes 3D non capotées sont à proscrire quelle que soit la technologie employée.

3

Extraction
Ventilation
Fluides

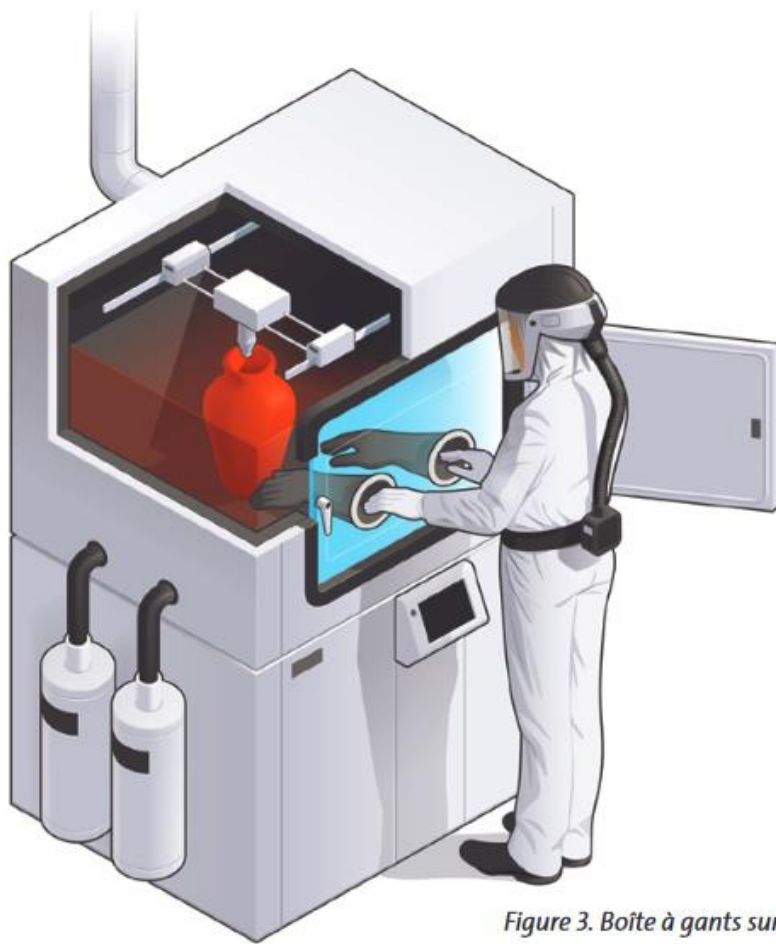


Figure 3. Boîte à gants sur la machine

Étanche (boîte à gants)
Extraction

Atmosphère inerte
(incendie, explosion)

Rejets après filtration
HEPA H14 (nano)

Changement de filtres ?

Maintenance
Nettoyage

3

VALEURS LIMITES D'EXPOSITION PROFESSIONNELLE

La liste des valeurs limites professionnelles est disponible sur le site de l'INRS :

<https://www.inrs.fr>, outil65

La liste des substances chimiques classées CMR est disponible sur le site de l'INRS :

<https://www.inrs.fr>, outil66

3

MESURES ORGANISATIONNELLES

- Les zones d'implantation des imprimantes 3D ne doivent jamais être situées dans des bureaux ou des couloirs ;
- Des consignes de sécurité adaptées doivent être affichées dans le local ;
- Une signalétique doit être apposée sur la porte du local en cas de fabrication additive durant la nuit ;
- L'accès aux imprimantes 3D doit être limité aux seuls agents concernés par la manipulation ;
- Le travail de nuit ou en horaires décalés pour des raisons de maintenance ou de rechargement en substrat doit être encadré : autorisation spéciale et exceptionnelle, aucune activité dangereuse et aucun travail isolé, signalétique.

3

ORGANISATION DU TRAVAIL



L'éloignement du poste sur écran (programmation, visualisation de la réalisation du produit) conduit à une nouvelle organisation du travail (utilisation de produit chimique à distance) et nécessite une vigilance accrue et la mise en place de consignes, en particulier pour l'intervention en cas de dysfonctionnement.

3

FOCUS : PESÉE

Le choix de l'emplacement du poste de travail dédié à la pesée est important, il faut éviter tout mouvement d'air (portes et fenêtres fermées, climatisation...) et il doit être en dehors des zones de passage.

L'utilisation d'un équipement de protection collective doit être privilégiée (sorbonne ou poste de pesée sécurisé).

A défaut, seule une nouvelle évaluation peut justifier la simple utilisation d'un EPI, type masque FFP3, impliquant des mesures complémentaires (séparation des activités, nettoyages réguliers des surfaces...)

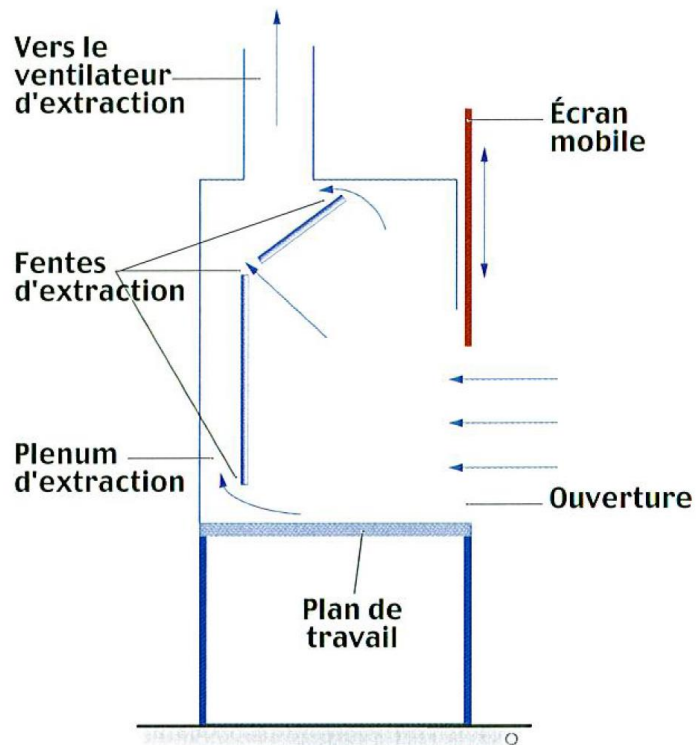
EPI : Equipement de Protection Individuelle

3

SORBONNE

Norme EN 14175

Filtration > H13



POSTE DE PESÉES

Extraction en
dehors des
locaux



3

Si l'évaluation conclut à un risque non faible, des mesures de l'exposition doivent aussi être effectuées régulièrement, quels que soient les produits chimiques impliqués.

Toutefois, pour les produits classés CMR de catégories 1A et 1B, ces mesures sont obligatoires quel que soit le résultat de l'évaluation.

Ces mesures deviennent des contrôles pour tout produit chimique (CMR ou non) disposant d'une VLEP réglementaire. Les mesures peuvent être faites en interne, les contrôles, quant à eux, sont obligatoirement effectués par un organisme accrédité et sont effectués au moins une fois par an et à chaque changement de procédé.

La métrologie (mesures et contrôles) permet d'affiner l'évaluation des risques par la caractérisation de l'exposition et d'évaluer l'efficacité des dispositifs de prévention existants, voire de les renforcer.



AUTRES RISQUES : MACHINE

Les imprimantes 3D doivent satisfaire au marquage CE issus de la directive machine 2006/42/CE.

Une attention particulière doit être portée aux équipements fabriqués ou modifiés en interne et se référer à la réglementation en vigueur.

Les éléments en mouvement, constituant les imprimantes 3D, peuvent entrer en contact avec l'opérateur et provoquer une blessure (chocs, coupures, écrasement, entraînement, emprisonnement). Avant utilisation, une évaluation du risque machine doit être réalisée pour établir des mesures techniques et organisationnelles et limiter ces risques.

AUTOEVALUATION - fabrication additive (imprimante 3D)

Avertissement :

Cette grille permet de réaliser un état des lieux et sert ainsi de base de travail pour améliorer la prévention des risques en s'appuyant sur les recommandations de la présente note.

Les réponses négatives (coche non) aux questions posées doivent amener l'évaluateur à définir et mettre en œuvre des actions correctives ou compensatoires.

Version : 3 du 08/08/2022	Décrire les étapes exposantes et préciser les produits mis en œuvre lors de ces étapes
Inhalation (poudres, vapeurs de produit, nano-aérosols...)	
Contact cutané	
Contact oculaire	

4

	Oui	Non	S.O.	Commentaire
Généralités				
Evaluation des risques réalisée				
Document unique renseigné (inventaire et plan d'actions)				
Maintenance préventive des équipements réalisée				
Procédure d'urgence rédigée, affichée, opérationnelle				
Plan de prévention / permis de feu rédigé(s) pour l'intervention d'entreprises extérieures				
Fiche de poste rédigée et affichée				

4

	Oui	Non	S.O.	Commentaire
Locaux				
Signalétique affichée sur la porte d'accès				
Revêtements de surfaces lisses, nettoyables, <u>décontaminables</u> (sols, paillasses, murs)				

	Oui	Non	S.O.	Commentaire
Prévention des expositions				
Locaux séparés des activités tertiaires (couloir, bureau...)				
Mesure(s) d'exposition réalisée(s) au poste de travail ou sur un opérateur (valeur en mg/m ³ ou µg/m ³)				
Inventaire des produits et mise à disposition des FDS				
Principe de substitution mis en œuvre				
Réduction de la production d'aérosols par le procédé				
Réduction du nombre de salariés exposés				



5 DOCUMENTATION

Dispositifs de contrôle des nanoparticules – CNRS – 2021

Fabrication additive utilisant des poudres métalliques – INRS – ED144 - 01/2020

Protection individuelle contre les risques chimiques – INRS

Explosion sur les lieux de travail – Ce qu’il faut retenir - INRS

L'explosion d'Atex sur le lieu de travail – INRS – ED6337 – 06/2020

Réussir l'acquisition d'une machine ou d'un équipement de travail – INRS – ED6231 – 05/2016

