

# L'impression 3D



**suva**

Mehr als eine Versicherung

Patrick Steinle  
Journées de travail de la CFST, 10.11.2016, Biel/Bienne

# L'impression 3D

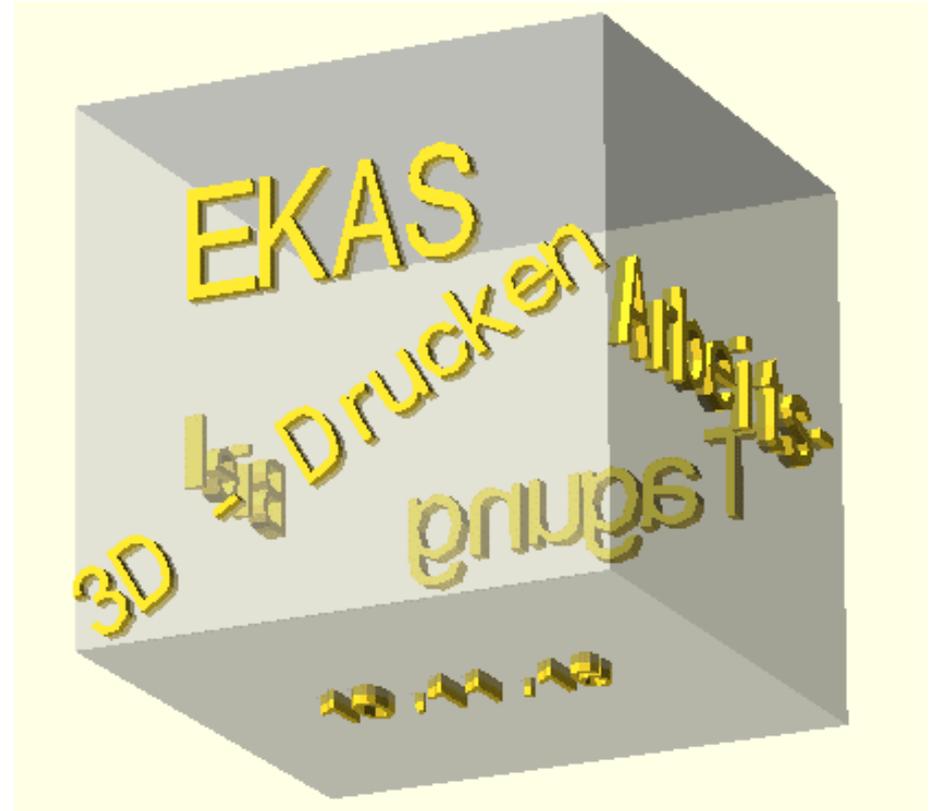
Qu'est-ce que c'est?

Quels avantages?

Comment ça marche?

Pourquoi la Suva s'en préoccupe-t-elle?

Quelles émissions?



# L'impression 3D: qu'est-ce que c'est?

Synonymes: fabrication additive, prototypage rapide

- Le terme désigne différents procédés permettant de fabriquer rapidement des objets directement à partir de modèles de CAO, sans outils ni moules et avec peu de pertes de matières.
- Ajout de matière (et non enlèvement).



# L'impression 3D: quels avantages?

- Peu ou pas de pertes de matières, construction légère
- Possibilité d'imprimer et de tester directement les modèles de CAO
- Pas de stocks, moins de transport: impression en temps réel industrielle, à domicile ou dans des copy shops
- Créativité, consommateur -> prosommateur (créateur)

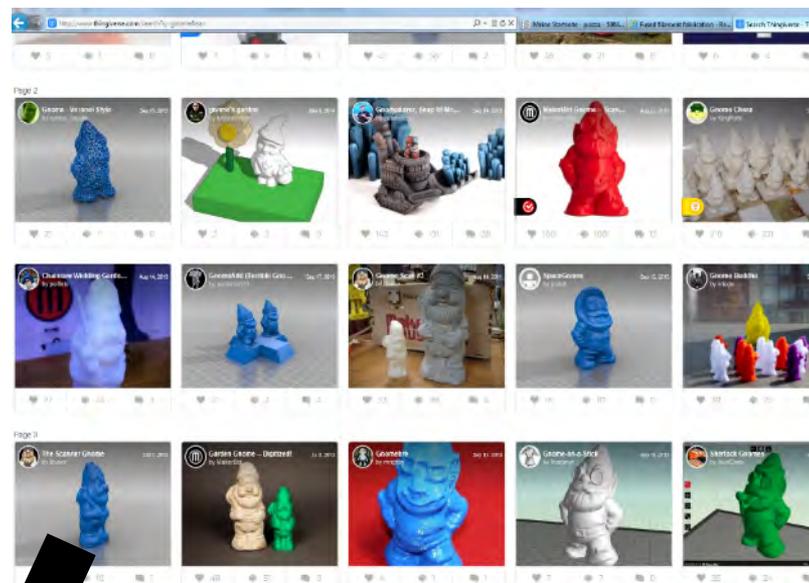
Convient (actuellement) aux prototypes, petites séries, pièces de rechange, objets personnalisés, maquettes, arts, gadgets...



# L'impression 3D: comment ça marche?



CAO



Thingiverse



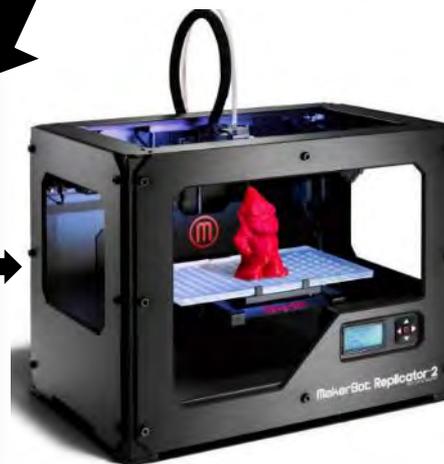
Original  
**suva**



Scanner 3D



Modèle



Imprimante 3D



Objet

# Méthodes courantes

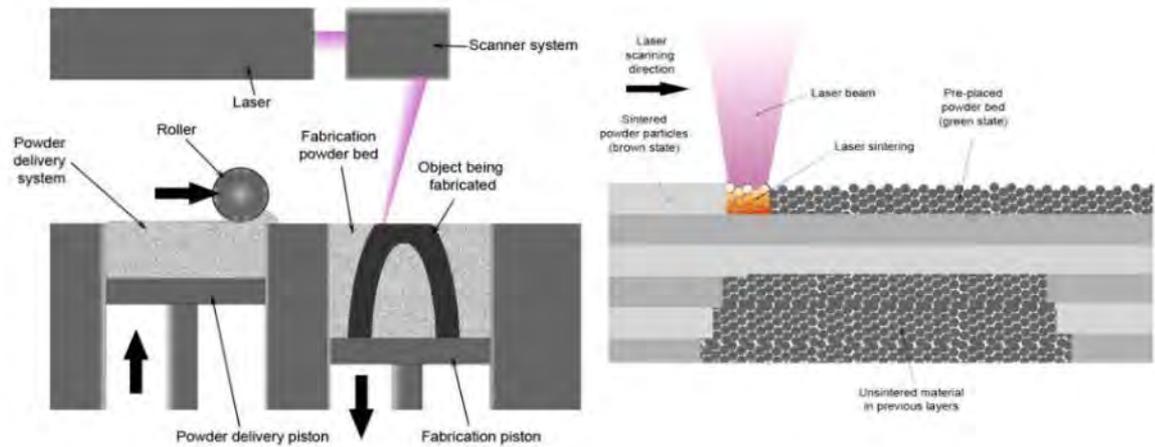
Frittage/fusion  
sélectifs par laser

Impression 3D par  
liage de poudre

Stéréolithographie

Multijet/Polyjet

Dépôt de filament  
fondu (FDM)



# Méthodes courantes

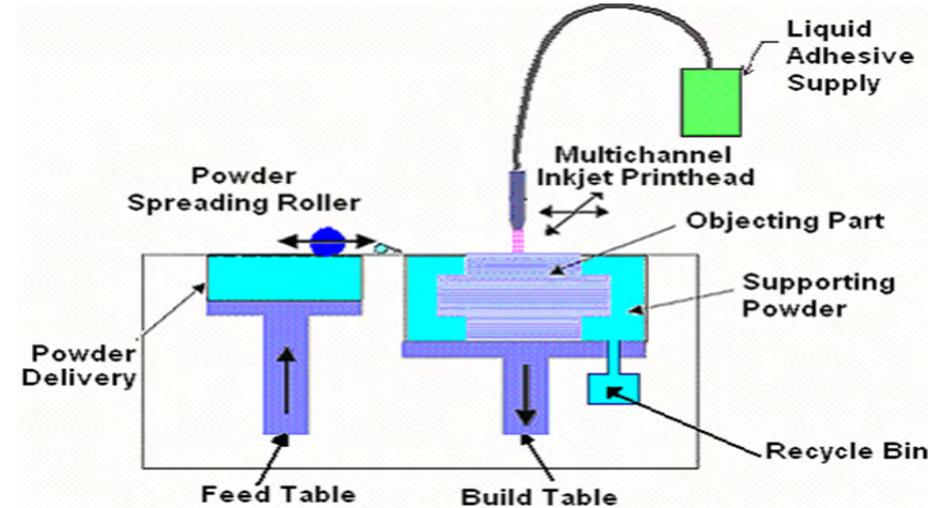
Frittage/fusion  
sélectifs par laser

Impression 3D par  
liage de poudre

Stéréolithographie

Multijet/Polyjet

Dépôt de filament  
fondu (FDM)



# Méthodes courantes

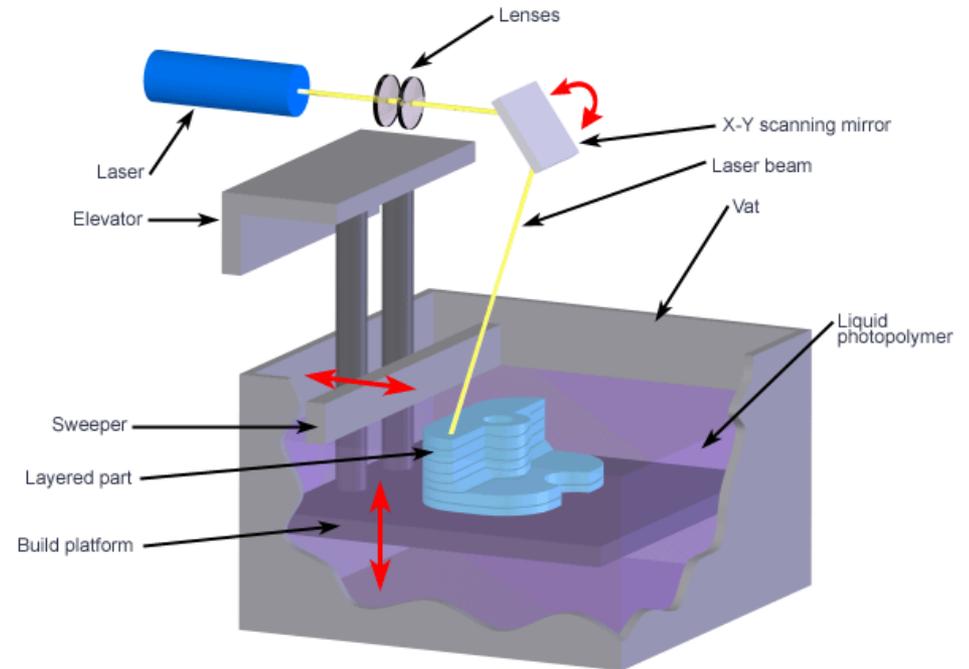
Frittage/fusion  
sélectifs par laser

Impression 3D par  
liage de poudre

**Séréolithographie**

Multijet/Polyjet

Dépôt de filament  
fondu (FDM)



# Méthodes courantes

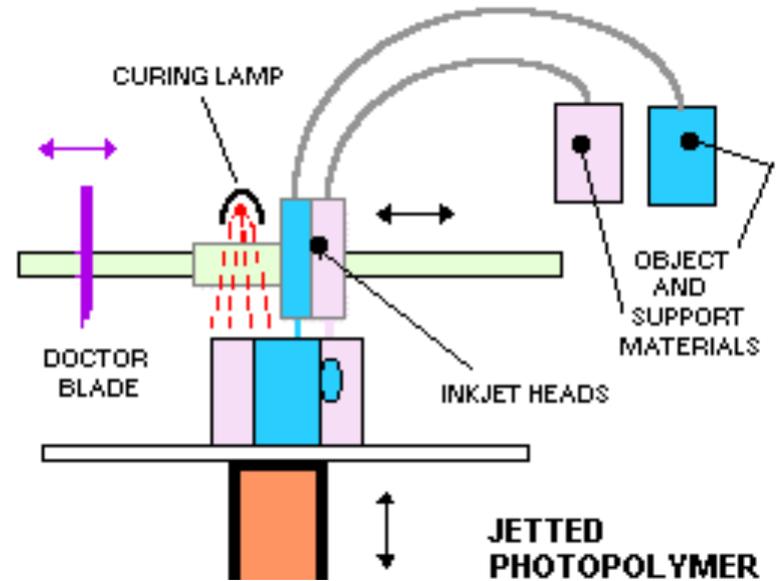
Frittage/fusion  
sélectifs par laser

Impression 3D par  
liage de poudre

Stéréolithographie

**Multijet/Polyjet**

Dépôt de filament  
fondu (FDM)



# Méthodes courantes

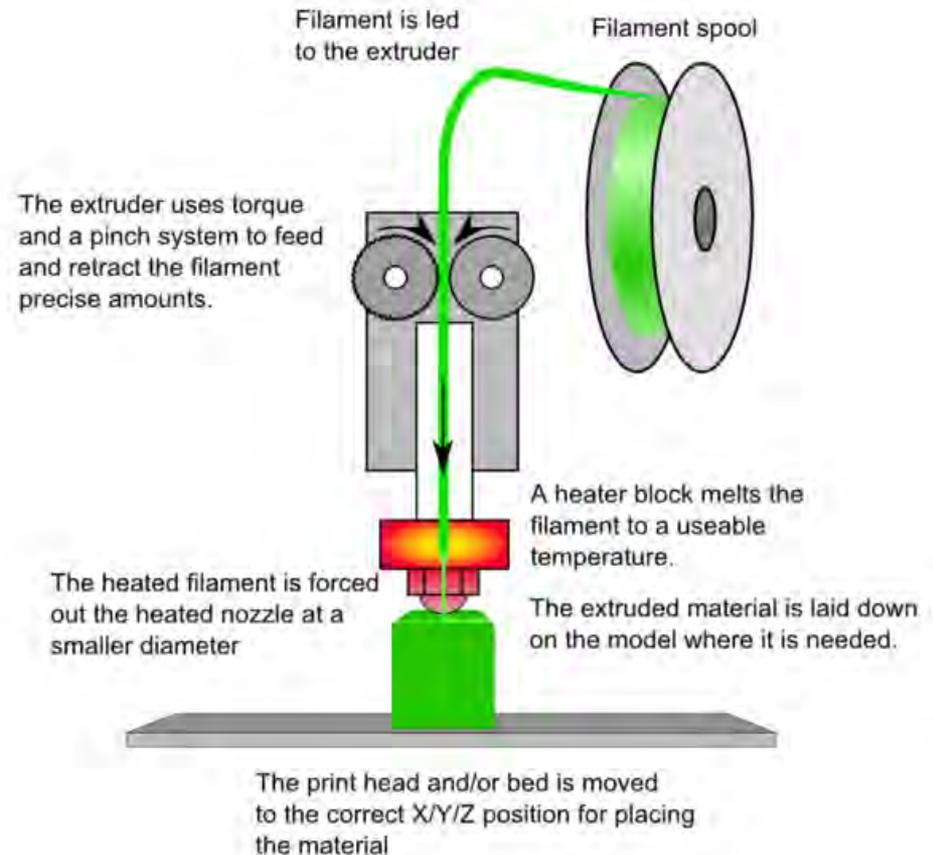
Frittage/fusion  
sélectifs par laser

Impression 3D par  
liage de poudre

Stéréolithographie

Multijet/Polyjet

Dépôt de filament  
fondu (FDM)



# L'impression 3D: pourquoi la Suva s'en préoccupe-t-elle?

**A long terme:** profonds changements envisageables dans de nombreux secteurs industriels (transport/logistique, bâtiment, production d'articles simples par «impression à domicile» ou dans des copy shops).

## **Stéréolithographie, frittage et fusion par laser:**

techniques déjà utilisées depuis longtemps dans l'industrie, mais appelées à gagner en importance du fait de l'amélioration des machines et de la baisse de leur coût.

**Nouveaux matériaux (céramique) -> nouveaux risques potentiels.**

## **Dépôt de filament fondu (FDM), technique Multijet:**

imprimantes peu coûteuses: diffusion massive possible dans les bureaux, les ateliers, mais aussi à la maison et pour les loisirs.

**Problèmes potentiels d'après l'expérience avec les imprimantes laser: risques pour la santé en raison des émissions possibles.**

# Imprimantes laser

# DGUV vs. nano-Control Sind Laserdrucker gefährlich?

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV):  
**Laserdrucker in separaten Räumen betreiben**  
Aber, es gibt keine Hinweise darauf, dass Emissionen aus Laserdruckern messbare Gesundheitsschäden hervorrufen.

nano-Control, Internationale Stiftung:  
**DGUV-Studie verharmlost Gefahren**  
Aufgrund der zu kurz angelegten Exposition und Prüfung erbrachte die Studie keine belastbaren Ergebnisse.



**BBU**

**ITG**  
im Bunde  
AG Innen-  
e/o Hans-  
Innenhofs  
+49 (0)4  
eMail: info@  
www.krank-d

**Krank durch Toner – fatale Folgen!**  
Ergebnisse der Auswertung von 1.750 Verdachtsfällen und einer online-Umfrage deuten auf ein immenses Problem.



**NEIN!**



**JA!**



Der Frage nach Feinstaub im Büro und der Gefährlichkeit von Laserdruckern ist jetzt die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) nachgegangen. Das Fazit: Es gäbe keine Hinweise darauf, dass Emissionen aus Laserdruckern messbare Gesundheitsschäden hervorrufen würden. Aber, Laserdrucker sollen in separaten Räumen betrieben werden. In der Pressemitteilung vom 26. Mai 2014 schreibt die DGUV:

Menschen, die über gesundheitliche Probleme durch Laserdrucker berichten.

Nach einer veröffentlichten Studie der Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU) und der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) zu Laserdruckeremissionen gäbe es keine Hinweise darauf, dass Emissionen aus Laserdruckern Gesundheitsschäden hervorrufen würden.

In dem Abschlussbericht, kommen die Forscher der LMU und der BAM zu dem Ergebnis, dass es keine belastbaren Hinweise gäbe, dass Laserdruckeremissionen objektiv messbare Erkrankungsprozesse verursachen. So seien keine auf die Emissionen zurückführbaren Änderungen der Lungenfunktion oder von Markern für Entzündungen beobachtet worden. Dies sei trotz der großen Zahl von Probanden, der Berücksichtigung von besonders empfindlichen Personen und des Einsatzes aufwändiger und genauer Messmethoden der Fall gewesen. Die Wissenschaftler weisen einseitig darauf hin, dass ihre Untersuchungen nur einen relativ kurzen Zeitraum sowohl der Exposition als auch der Nachbeobachtung abdeckten. Andererseits überstiegen die Partikelkonzentrationen bei den Untersuchungen die an Arbeitsplätzen üblichen Werte deutlich, so dass die Wahrscheinlichkeit für eine Wirkung gesteigert war.

Vormalbare Belastungen wären aber der Betrieb der Drucker direkt in den Büros. Deshalb raten sie den Betreibern, Laserdrucker und Kopiergeräte in einem separaten Raum zu betreiben. Somit wären die Beschäftigten vor der Belastung

**Erinnerungen an Asbest Gesundheitsgefahr durch Toner / Emission Laserdruckern und Kopiergeräten**

**Genotoxische Wirkung**  
Bei Inaktivierung von DNA, Erregung von 1 Milliarde Partikel pro Liter Luft

**Immer mehr Menschen, darunter Ärzte, Wissenschaftler, Ingenieure, Journalisten, Anwälte und Polizisten, informieren die ITG schriftlich über den Verdacht, dass ihre Erkrankungen durch Tonerstäube aus Laserdruckgeräten verursacht werden. Aktuell sind es über 1.800 Fälle. Die größte Berufsgruppe verurteilt die Polizei. Fast jeder zweite Polizist berichtet über gleiche Erkrankungen im Kollegenkreis. Die Wissenschaften betroffen sind Belegschaften in Servicetechnikern, von denen neun unter Krebs leiden. Off sind halbe Belegschaften betroffen sind unter Krebs leiden.**

**Wie Land digital solutions**

**DEXWET**  
Innovative Filter Systems

Die Übersicht der Produkt-Kompatibilität finden Sie unter [www.dexwet.com](http://www.dexwet.com).

**Laserdrucker können Ihre Gesundheit schädigen**

**Wie gefährlich ist Toner aus Laserdruckern?**  
5:21 min, aus Puls vom 30.4.2012

Die ITG hat Verdachtsfälle von Erkrankungen durch Aufklärung bemüht. Die Auswertung von 1.000 Fällen

Schon lange schwelt die Diskussion um die Schadstoffbelastung in Innenräumen durch Drucker und Kopierer. Eine neue Studie der Universität Freiburg im Breisgau konnte eine Krebsgefahr durch diese Geräte nicht ausschließen.

**Gesundheitsrisiken**  
Tonerstaubexponierte klagen häufig über eine laufende Nase, Bindehautentzündung, Hautreizung, Husten, Atemnot, Kopfschmerzen und sich um entzündliche und allergische Reaktionen. Möglicherweise reagieren Personen mit



STUTTGARTER-ZEITUNG.DE

Stuttgart Region BW Politik Wirtschaft Sport Panorama Kultur Wissen Reise Leben

3D-Drucker  
Beim Drucken entsteht Feinstaub

Von Christian Meier 13. August 2013 - 08:00 Uhr

Beim Schmelzen und Spitzen von Plastikfiguren entstehen ultrafeine Partikel. Schadet dieser Feinstaub der Gesundheit? Nach einer ersten Untersuchung raten Forscher dazu, 3-D-Drucker nicht unbedingt im unbelüfteten Büro zu betreiben.



Stuttgart - Beim Betrieb von Laserdruckern wird Tonerstaub in die Luft geblasen, und auch 3-D-Drucker setzen feine Partikel frei. Die Drucker für den Heimgebrauch verarbeiten meist Kunststoff. In fester Form wird das Plastik in eine Düse gepresst, die es schmilzt und es auf die Unterlage spritzt.

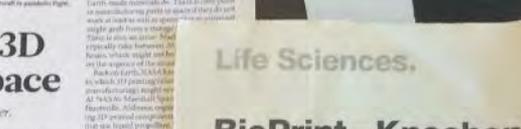


NASA to send 3D printer into space  
Machine will let astronauts create parts in orbit.



Paner wegen Pistolen aus dem 3-D-Drucker verhaftet  
Waffen aus Plastik könnten tödlich sein. Japan hat ein besonders strenges Waffengesetz.

Wenig Gewaltverbrechen  
Diese Gewerke sind nicht so gefährlich, wie man denkt.



BioPrint - Knochen aus dem 3-D-Drucker  
An der Hochschule für Life Sciences FH-NW wird seit Jahren an smarten Implantaten geforscht.



J'ai essayé d'imprimer un hippopotame en 3D  
Créer un objet cher soi-même est un défi.

Modèles sur Internet  
Une fois l'impression détaillée, il faut cliquer sur l'archive à la gauche de l'annonce.

STUTTGARTER-ZEITUNG.DE

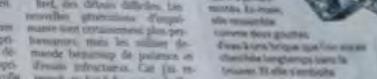
3D-Drucker  
Beim Drucken entsteht Feinstaub

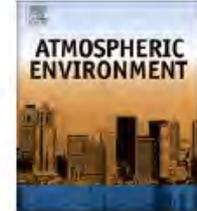
Von Christian Meier 13. August 2013 - 08:00 Uhr

Beim Schmelzen und Spitzen von Plastikfiguren entstehen ultrafeine Partikel. Schadet dieser Feinstaub der Gesundheit? Nach einer ersten Untersuchung raten Forscher dazu, 3-D-Drucker nicht unbedingt im unbelüfteten Büro zu betreiben.



Modèles sur Internet  
Une fois l'impression détaillée, il faut cliquer sur l'archive à la gauche de l'annonce.





## Technical note

Ultrafine particle emissions from desktop 3D printers<sup>☆</sup>Brent Stephens<sup>a,\*</sup>, Parham Azimi<sup>a</sup>, Zeineb El Orch<sup>a,b</sup>, Tiffanie Ramos<sup>a</sup><sup>a</sup>Department of Civil, Architectural and Environmental Engineering, Illinois Institute of Technology, Chicago, IL, USA<sup>b</sup>National Institute of Applied Sciences (INSA de Lyon), Lyon, France

## ARTICLE INFO

## Article history:

Received 22 April 2013

Received in revised form

24 June 2013

Accepted 26 June 2013

## Keywords:

Indoor aerosols

Three-dimensional printers

Thermoplastic emission

Molten extrusion deposition

## ABSTRACT

The development of low-cost desktop versions of three-dimensional (3D) printers has made these devices widely accessible for rapid prototyping and small-scale manufacturing in home and office settings. Many desktop 3D printers rely on heated thermoplastic extrusion and deposition, which is a process that has been shown to have significant aerosol emissions in industrial environments. However, we are not aware of any data on particle emissions from commercially available desktop 3D printers. Therefore, we report on measurements of size-resolved and total ultrafine particle (UFP) concentrations resulting from the operation of two types of commercially available desktop 3D printers inside a commercial office space. We also estimate size-resolved (11.5 nm–116 nm) and total UFP (<100 nm) emission rates and compare them to emission rates from other desktop devices and indoor activities known to emit fine and ultrafine particles. Estimates of emission rates of total UFPs were large, ranging from  $\sim 2.0 \times 10^{10}$  # min<sup>-1</sup> for a 3D printer utilizing a polylactic acid (PLA) feedstock to  $\sim 1.9 \times 10^{11}$  # min<sup>-1</sup> for the same type of 3D printer utilizing a higher temperature acrylonitrile butadiene styrene (ABS) thermoplastic feedstock. Because most of these devices are currently sold as standalone devices without any exhaust ventilation or filtration accessories, results herein suggest caution should be used when operating in inadequately ventilated or unfiltered indoor environments. Additionally, these results suggest that more controlled experiments should be conducted to more fundamentally evaluate particle emissions from a wider arrange of desktop 3D printers.

© 2013 The Authors. Published by Elsevier Ltd. All rights reserved.

# Objectifs de l'étude de la Suva sur les imprimantes 3D

Dans le cadre d'un travail de MAS (MAS Santé au travail)

- Recherche des substances nocives: mesure des émissions d'une imprimante 3D courante (technologie FDM) en chambre d'essai
- Mesure de l'exposition aux principaux composants dans des conditions contrôlées, à l'intérieur
- Confirmation des résultats par des mesures avec d'autres modèles d'imprimante, en situation réelle

# Chambre d'essai d'émissions



## **Imprimante:**

3D Systems «Cube», 2<sup>e</sup> génération  
FDM avec ABS et filament de PLA de 1,75 mm  
14 x 14 x 14 cm  
env. CHF 1700



## **Objet standard:**

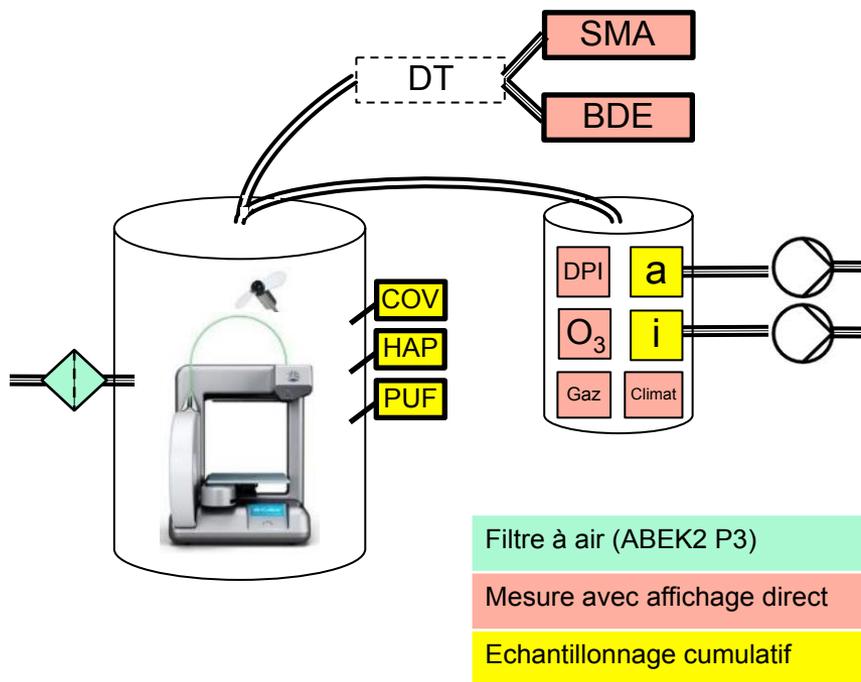
Objet n°32068 ([www.thingiverse.com](http://www.thingiverse.com))  
coquetier «chick egg cup»  
Durée d'impression 2 h 45  
20 g (PLA) et 16,8 g (ABS)



## **Chambre d'essai:**

Construction «maison», vieux cylindre de plexiglas de  
85 l sur plaque d'acier  
Flexibles antistatiques  
2 pompes de 10 l/min pour débit régulé  
Filtre ABEK pour l'entrée d'air

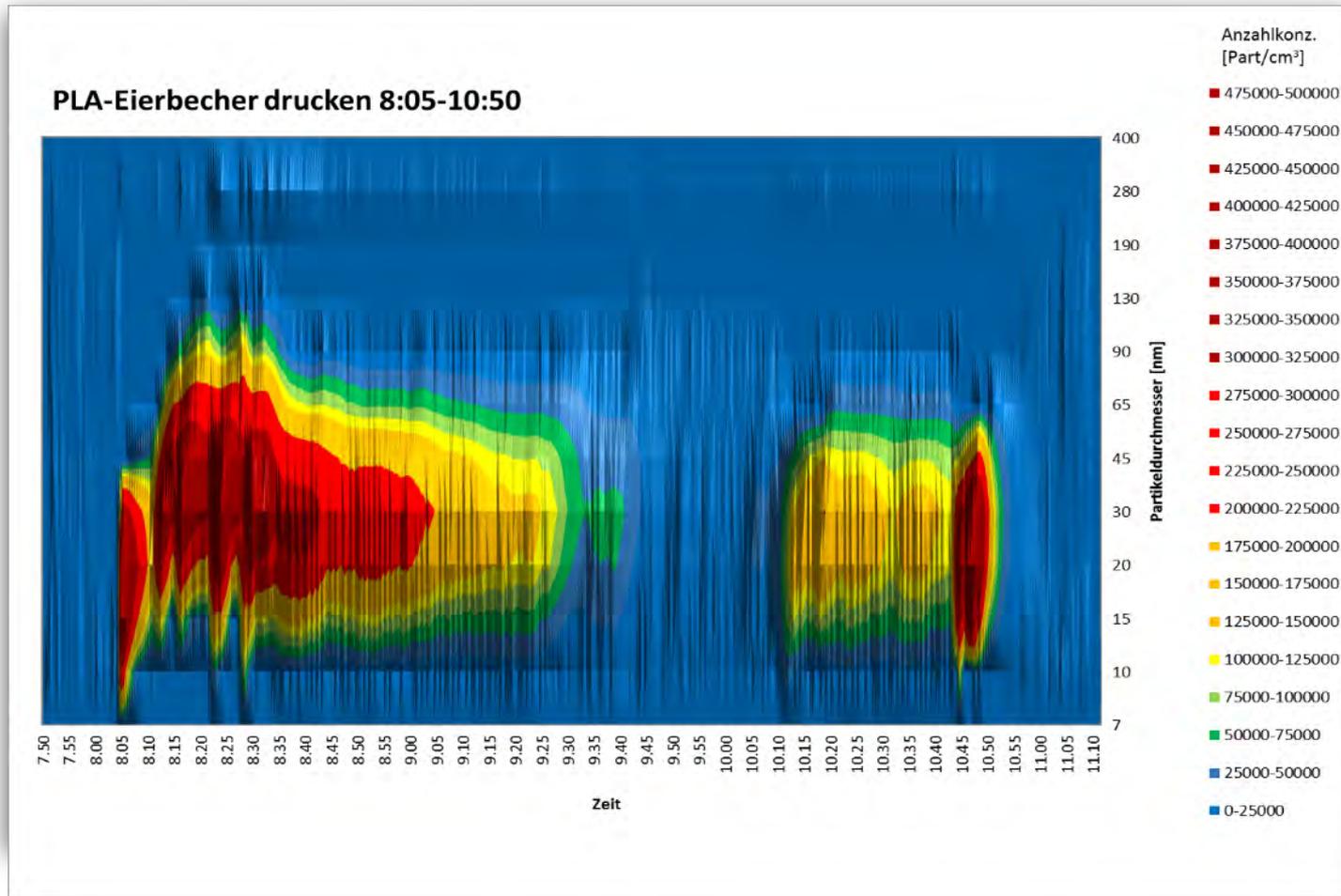
# Chambre d'essai d'émissions



COV	Composés organiques volatils
HAP	Hydrocarbures aromatiques polycycliques
PUF	Particules ultrafines
DT	Désorbteur thermique (élimine les gouttelettes)
SMA	Spectromètre à aérosols, compteur de particules
BDE	Batterie de diffusion électrique, aérosols ultrafins
DPI	Détecteur à photo-ionisation (COV > 1 mg/m <sup>3</sup> )
O <sub>3</sub>	Ozone
Gaz	O <sub>2</sub> , NO, NH <sub>3</sub> , CO
Climat	Température et humidité de l'air
a	Prélèvement de poussières alvéolaires
i	Prélèvement de poussières inhalables et métaux

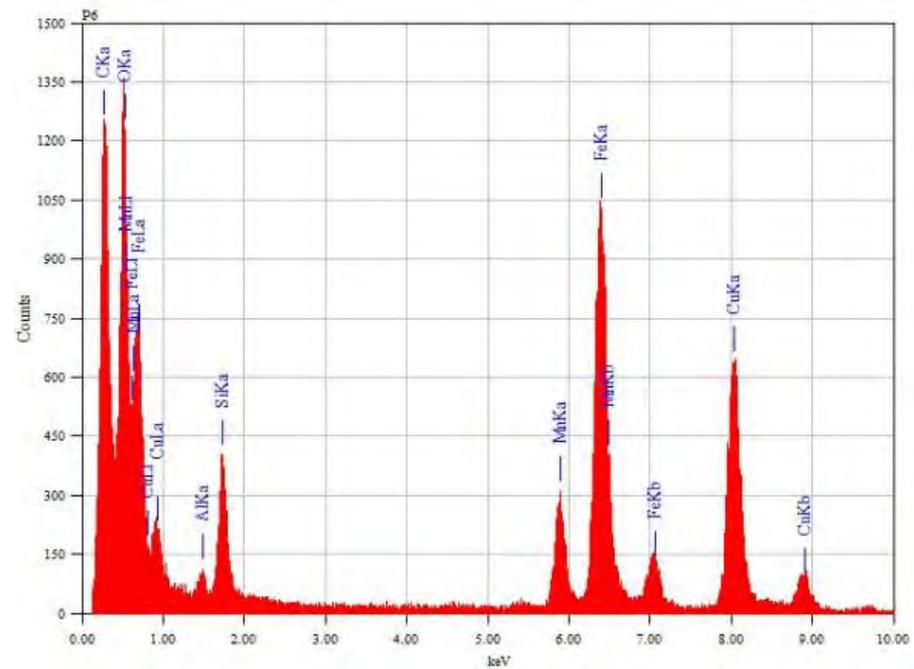
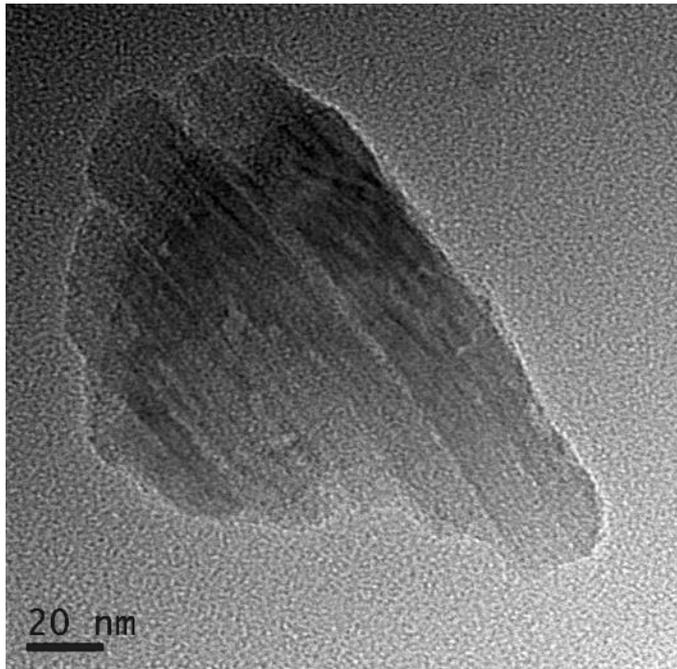
# Chambre d'essai d'émissions

## Aérosols ultrafins (volatils)



# Chambre d'essai d'émissions

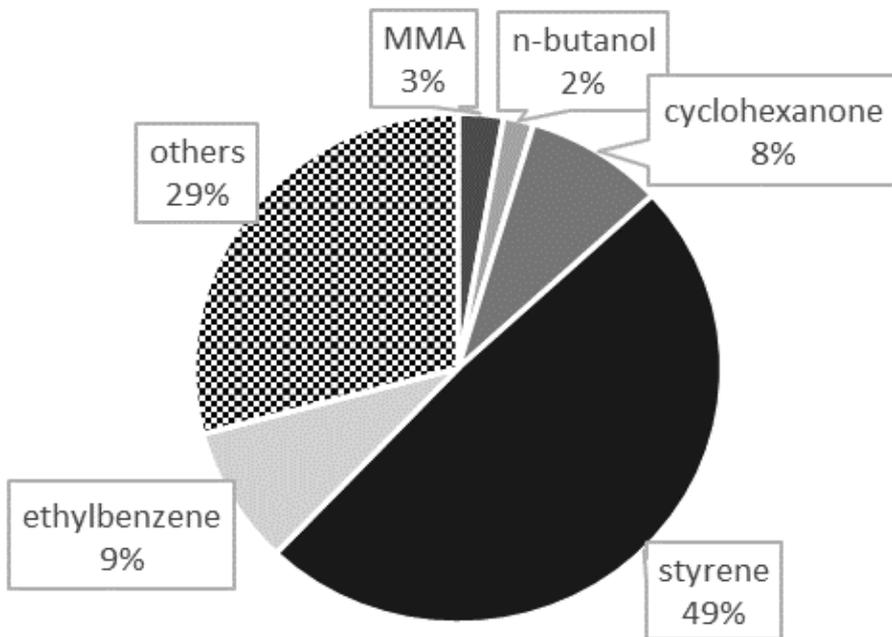
Quelques particules ferreuses détectées au microscope



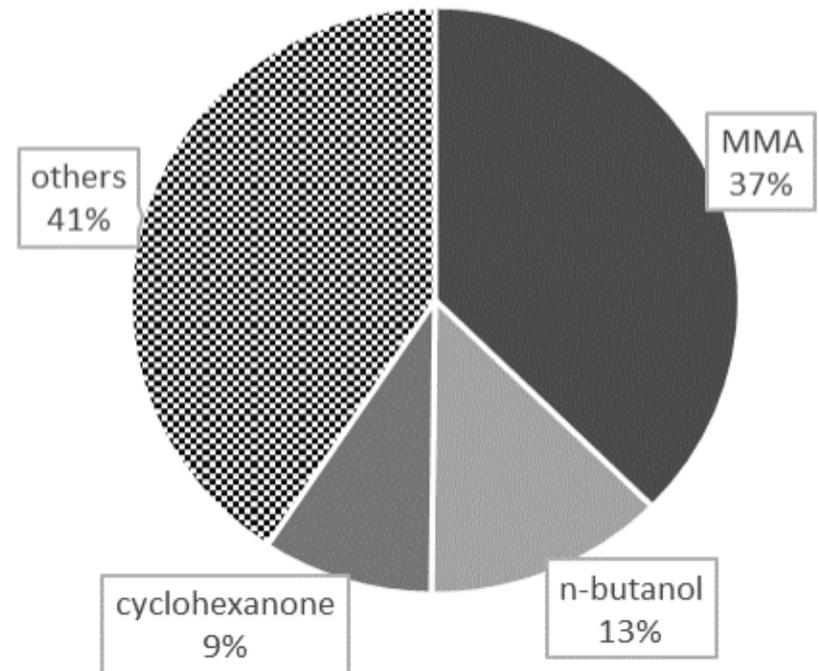
# Chambre d'essai d'émissions

COV: composants principaux, selon le type de plastique

ABS



PLA



# Chambre d'essai d'émissions – conclusion

- Composants principaux: aérosols ultrafins et COV (principalement styrène/méthacrylate de méthyle (MMA))
- Taux d'émissions comparable à celui d'une bougie ou d'une cuisinière à gaz
- Substances «critiques» (métaux, HAP) seulement à l'état de traces en valeur absolue



# Mesures de l'exposition à l'intérieur

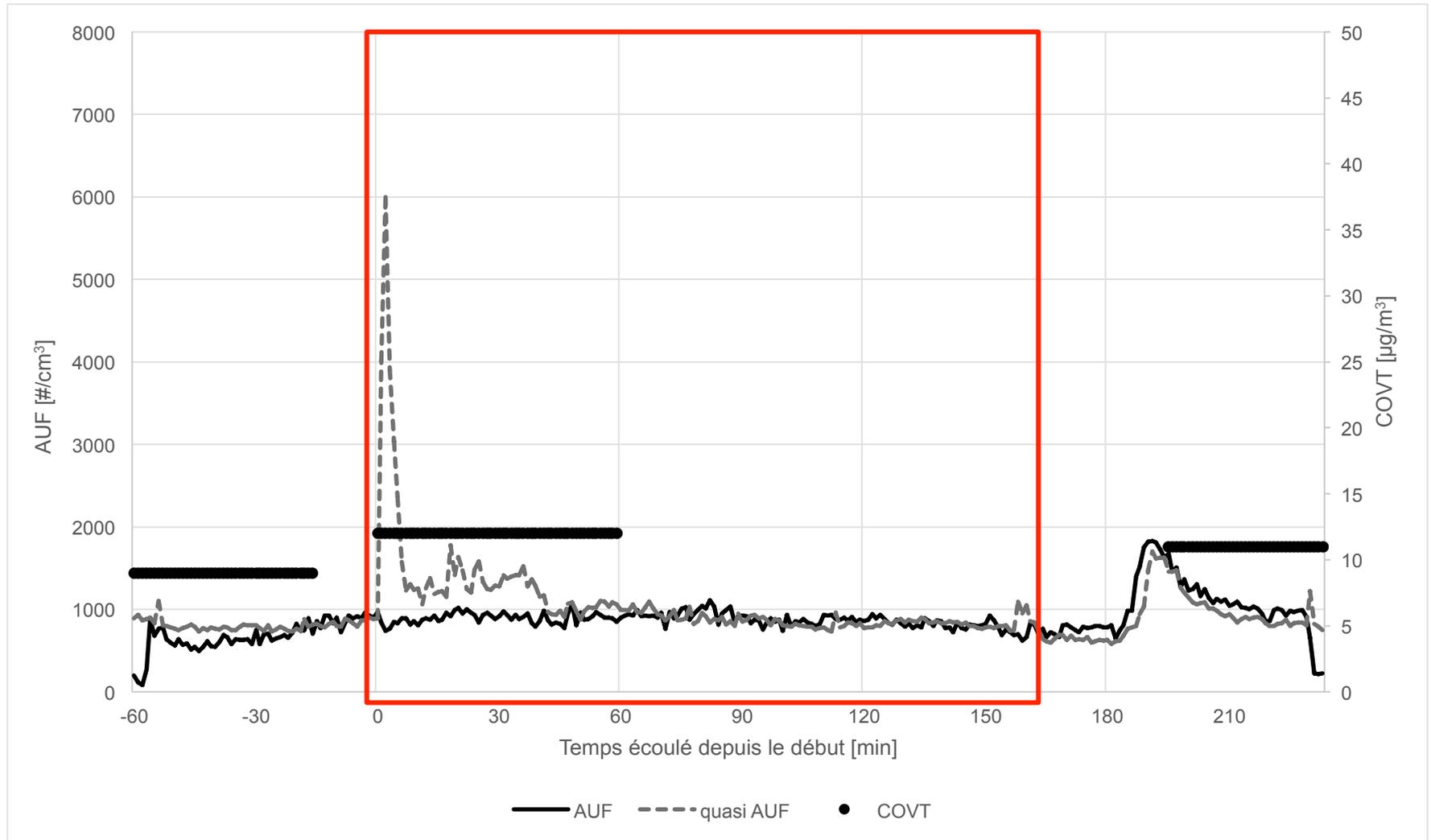


Bureau paysager:  
180 m<sup>3</sup>, env. 2 renouvellements d'air par heure (climatisé)

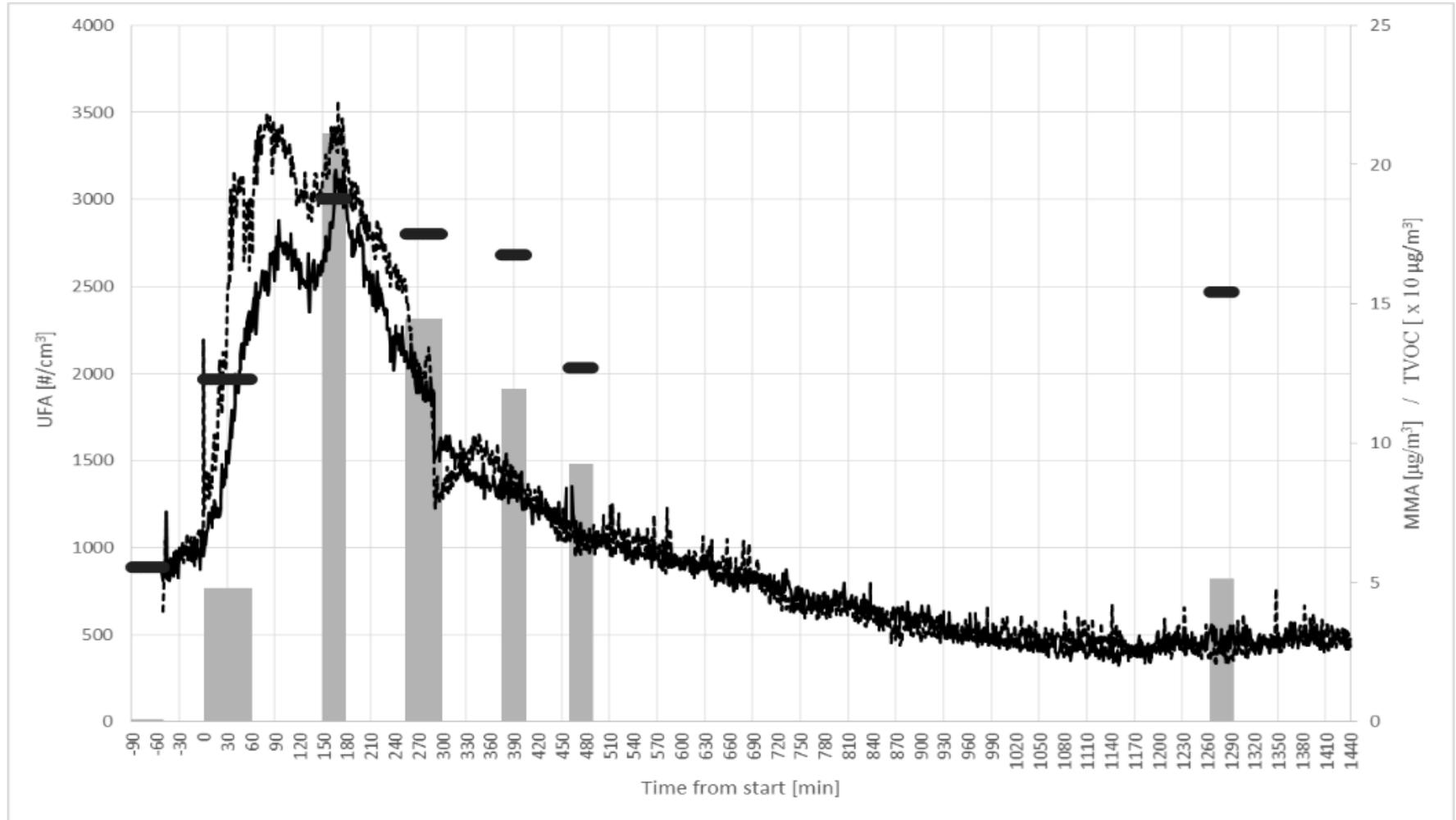


Bureau individuel:  
30 m<sup>3</sup>, ventilation naturelle, fenêtre et porte fermées

# Mesure de l'exposition, bureau paysager



# Mesure de l'exposition, bureau individuel



# Conclusion des mesures de l'exposition à l'intérieur

- Même les principaux composants (aérosols ultrafins et COV [MMA]) sont à peine détectables dans un grand bureau bien aéré.
- Dans un petit bureau non aéré, avec une exécution méticuleuse de l'essai, augmentation puis diminution bien mesurables des aérosols ultrafins et des COV.
- Même recommandation que pour les imprimantes et photocopieuses «normales»: installer les appareils le plus loin possible des postes de travail et pas dans de petits locaux non aérés.

# Mesures de l'exposition dans les entreprises



Entreprise A:  
imprimante Polyjet 3D Systems ProJet  
3500, local d'env. 50 m<sup>3</sup>,  
1,6 renouvellement d'air par heure  
(climatisé), presque pas d'autres activités



Entreprise B:  
imprimante FDM Stratasys uPrint SE  
Plus, sur mezzanine dans un atelier  
d'environ 4200 m<sup>3</sup>, aération naturelle,  
plusieurs machines d'usinage de métaux  
dans l'atelier



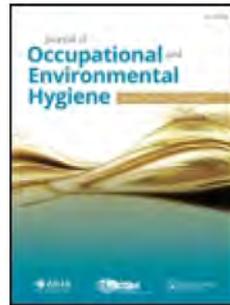
Entreprise C:  
imprimante SLM Solutions SLM 280  
HL dans local séparé d'environ 70 m<sup>3</sup>,  
aération mécanique, usinage de  
métaux dans le local attenant

# Conclusion des mesures de l'exposition dans les entreprises

- Imprimante Polyjet: pas d'émissions d'aérosols ultrafins et émissions de COV presque indétectables malgré une faible imprégnation de base
- Grosse imprimante FDM, imprégnation industrielle de base: émissions d'aérosols ultrafins mesurables uniquement à la sortie de l'aération, pas de COV spécifiques de l'imprimante décelables
- Imprimante SLM: traces de métaux, éventuellement contamination par l'atelier attenant
- **Dans les grands locaux bien aérés ou les environnements industriels, les imprimantes 3D actuelles n'occasionnent quasiment pas de contamination mesurable.**

# Merci de votre attention!

Pour aller  
plus loin:



Journal of Occupational and Environmental Hygiene

ISSN: 1545-9624 (Print) 1545-9632 (Online) Journal homepage: <http://www.tandfonline.com/loi/uoeh20>

**Characterization of emissions from a desktop 3D printer and indoor air measurements in office settings**

Patrick Steinle