

Responsable du Fablab : BONNEMAISON Jean-Baptiste  
Tuteur IUT : LEGUEN Émilie

# **RAPPORT intermédiaire ESMP**

Étude des risques liés à l'impression 3D par dépôt de filament en plastique ABS et l'impression 3D SLA à base de résine qui durcit aux UV et d'autres plastiques

IUT HSE Promotion 2020-2022

Date de rendu : Vendredi 17 Décembre 2021

IUT de Gradignan  
15 Rue de Naudet,  
33175 GRADIGNAN



Responsable du Fablab : BONNEMAISON Jean Baptiste  
Tuteur IUT : LEGUEN Émilie

# **RAPPORT intermédiaire ESMP**

Étude des risques liés à l'impression 3D par dépôt de filament en plastique ABS et l'impression 3D SLA à base de résine qui durcit aux UV et d'autres plastiques

IUT HSE Promotion 2020-2022

Date de rendu : Vendredi 17 Décembre 2021

IUT de Gradignan  
15 Rue de Naudet,  
33175 GRADIGNAN



## **REMERCIEMENTS**

Nous tenons à remercier :

- Madame LEGUEN, professeur de mathématique à l'IUT de Gradignan, en tant que tutrice de stage, pour toute l'aide qu'elle a pu nous apporter lorsque nous avons des questions, et pour le temps qu'elle nous a consacré.
- Monsieur BONNEMAISON, responsable de l'association FabLab à Gradignan, qui, au cours de plusieurs rendez-vous, a pu prendre le temps de nous écouter sur les recherches que nous avons faites et a pu nous aiguiller en nous donnant des sources ou des vidéos, qui nous ont aidés pour le rapport.
- Monsieur Garrigou, professeur d'ergonomie à l'IUT de Gradignan, qui est en charge de tous les stages ESMP.
- Pierrick pour les réponses à nos questions.

## Résumé

Mots clés : Risques, Plastique, Imprimante 3D, COV, Sources fiables

Notre étude est basée sur l'étude des risques liés à l'impression 3D par dépôt de filament en plastique et l'impression 3D SLA à base de résine qui durcit aux UV et autres plastiques. Les différents plastiques étudiés sont le PLA, l'ABS, le TPU et le PETG et les résines. La problématique posée est de déterminer les risques chimiques liés à la fabrication additive pour protéger les adhérents et visiteurs du Fablab. M.BONNEMAISON, notre tuteur professionnel et responsable du Fablab, nous a demandé de lui apporter des informations, provenant de sources fiables, concernant les risques auxquels ils sont confrontés vis à vis de la fabrication additive dans leurs locaux de travail. Plus particulièrement, nous avons récolté des informations sur l'impression 3D et les différents matériaux utilisés. Pour ce faire, nous avons visionné des web-conférences et lu des études de chercheur comme celles de Mohammed ZEMZEM et de Cosmin PATRASCU.

Nous avons pu constater durant nos recherches, que lorsque les machines fonctionnent et fondent le plastique, ce processus libère des particules fines dans l'air. Les plastiques ont besoin de températures de plaques et d'extrusion différentes. Alors, les quantités de particules dégagées ne sont pas les mêmes pour tous les plastiques et évoluent avec la température. Les particules fines et ultra-fines dégagées sont des composés organiques volatils, dont certains sont nocifs et dangereux pour la santé. Pour les COV, le risque n'est pas avéré. Les locaux du fablab sont petits et comportent beaucoup de machines et il n'y a pas d'aérations mécaniques en place. L'enjeu pour nous est donc de proposer les meilleurs moyens de protection et de prévention adaptés au Fablab.

## Abstract

Key words : Risks, Plastic, VOCs, 3D Print, Reliable sources

Our study is based on the study of the risks associated with 3D printing by deposition of plastic filament and 3D printing SLA based on UV resin and other plastics. The different plastics studied are PLA, ABS, TPU and PETG and resins. The problem is to determine the chemical risks associated with additive manufacturing to protect Fablab members and visitors. Mr BONNEMAISON, our professional tutor and responsible of the Fablab, asked us to provide him with information, from reliable sources, concerning the risks they are exposed during the additive manufacturing in their work place. More specifically, we gathered information on 3D printing and the different materials used. To do this, we watched web-conferences and read studies articles such as those of Mohammed ZEMZEM and Cosmin PATRASCU.

We have seen in our research that when machines run and melt plastic, this process releases fine particles into the air. Plastics need different plate and extrusion temperatures. So, the quantities of particles released are not the same for all plastics and change with temperature. The fine and ultrafine particles released are volatile organic compounds, some of which are harmful and dangerous to health. For VOCs, the risk is not proven. The work place of the Fablab are small and have a lot of 3D painting machines and there are no mechanical vents in place. The goal for us is to offer the best means of prevention and protection adapted to the Fablab.

## Table des matières

I Introduction :.....	8
II Analyse de la demande.....	9
1) Reformulation de la demande.....	9
2) Objectifs de la mission et enjeux.....	9
3) Cadre juridique.....	9
III Le Fablab.....	11
1) Présentation du Fablab.....	11
2) Les machines.....	11
3) La disposition des locaux.....	13
IV Les plastiques en fabrication additive.....	15
1) Intro plastique.....	15
2) ABS.....	15
3) PLA.....	16
4) TPU et PETG.....	17
5) Résine.....	19
V Protocole.....	21
1) Préparation du mesurage.....	21
2) Mesurages.....	21
3) Méthode d'interprétation des résultats .....	22
VI Conclusion :.....	23

## I Introduction :

Le Fablab est une association qui accueille du public pour des projets en rapport avec les nouveaux outils technologiques et notamment la fabrication additive. Nous pouvons y imprimer des pièces en 3D grâce à deux types de machines. Il y a les machines par extrusion de matière et celle par photo-polymérisation en cuve. Ce dernier est un bâtiment composé de 3 pièces, peu aérées qui comporte des bureaux de travail et les imprimantes 3D. Il y a deux personnes présentes continuellement au Fablab, et les adhérents qui y passent sont présents quelques heures par semaine.

Jean-Baptiste Bonnemaïson, notre tuteur professionnel et responsable de l'association, cherche à savoir si l'impression 3D est dangereuse pour les adhérents et les visiteurs. Le Fablab manque d'informations pour pouvoir affirmer à ses adhérents que l'impression 3D comporte des risques. Cependant ils sentent des odeurs pendant le fonctionnement des imprimantes. Il nous a donc demandé de leur fournir des informations trouvées à partir de sources fiables. Elles permettront d'affirmer si il y a un risque avéré ou juste suspecté. De plus, si il y en a un, il faudra proposer les mesures pour protéger les personnes de ces risques.

## II Analyse de la demande

### 1) Reformulation de la demande

- Comment peut-on affirmer que l'impression 3D et ses différentes machines comportent des risques ?
- A quoi sont liés ces risques potentiels ?
- Quels documents fiables peuvent permettre d'affirmer les risques ?
- Comment mettre en place des mesures de prévention et de protection adaptables au Fablab ?

### 2) Objectifs de la mission et enjeux

Les objectifs de la mission sont de déterminer, à partir de recherches et de mesures, les risques liés à chaque plastique utilisé lors de la fabrication additive par extrusion de matière et par photo-polymérisation en cuve. De plus, étant donné que le Fablab accueille un grand nombre de personnes, il faut en informer le plus sur les dangers auquel ils peuvent être confrontés chez eux.

Les enjeux sont de permettre au Fablab d'agir pour leur santé en employant des procédures d'aérations. Par conséquent, ils auront les clés pour pouvoir faire de la prévention lors de leur formation sur les machines qui servent à la fabrication additive. Cependant ils aimeraient pouvoir informer toutes les personnes qui achètent des machines d'impression 3D et les utilisent chez eux, souvent dans des endroits clos, sans avoir conscience des risques encourus.

### 3) Cadre juridique

L'utilisation de produits, surtout des produits chimiques, va entraîner une dispersion de ces derniers dans l'atmosphère des postes de travail. Cette dispersion peut provoquer des maladies professionnelles ou des intoxications chez les opérateurs et même être à l'origine d'incendies ou d'explosions.

Les particules fines sont les PM<sub>2,5</sub> (poussières dont le diamètre est inférieur à 2,5 micromètre) et PM<sub>1,0</sub> (poussières dont le diamètre est inférieur à 1,0 micromètre)

Les particules ultrafine sont les PM<sub>0,1</sub> (poussières dont le diamètre est inférieur à 100 nanomètres)

Actuellement la législation, nous délivre un encadrement seulement pour les particules fines PM<sub>2,5</sub> durant la période des pics de pollution en atmosphère, et cet encadrement pour les particules fines en suspension sont donnés en microgrammes par mètre cube.

Pour les PM<sub>2,5</sub> l'organisation mondiale de la santé (OMS) conseil de ne pas dépasser un seuil de 25µg/m<sup>3</sup> par an. La valeur limite est aussi fixé sur une moyenne de 25µg/m<sup>3</sup> par an. Il y a la directive 2008/50/CE qui fixe un objectif national de diminution de l'exposition pour les PM<sub>2,5</sub>.

Pour les particules ultrafines PM<sub>0,1</sub> leurs tailles sont 10 à 100 fois plus petites, et pour la même masse de matière, il y aura beaucoup plus de particules. Elles seront donc plus toxique que les particules fines. Lors de l'impression 3D il y a bien plus de particules ultrafines que de particules fines.

Les locaux où sont situés les imprimantes 3D, dans le cadre professionnel font partie des « locaux à pollution spécifique » définis par le Code du Travail. Certains article nous intéressent pour connaître les valeurs limites des ces pollutions. Comme par exemple l'article R4222-10 :

« Dans les locaux à pollution spécifique, les concentrations moyennes en poussières totales et alvéolaires de l'atmosphère inhalée par un travailleur, évaluées sur une période de huit heures, ne doivent pas dépasser respectivement 10 et 5 milligrammes par mètre cube d'air. »

Il y a aussi l'article R4222-12 qui nous indique que faire de ces polluants :

« Les émissions sous forme de gaz, vapeurs, aérosols de particules solides ou liquides, de substances insalubres, gênantes ou dangereuses pour la santé des travailleurs sont supprimées, y compris, par la mise en œuvre de procédés d'humidification en cas de risque de suspension de particules, lorsque les techniques de production le permettent. A défaut, elles sont captées 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 ainsi que des mouvements de l'air. S'il n'est techniquement pas possible de capter à leur source la totalité des polluants, les polluants résiduels sont évacués par la ventilation générale du local. »

### III Le Fablab

#### 1) Présentation du Fablab

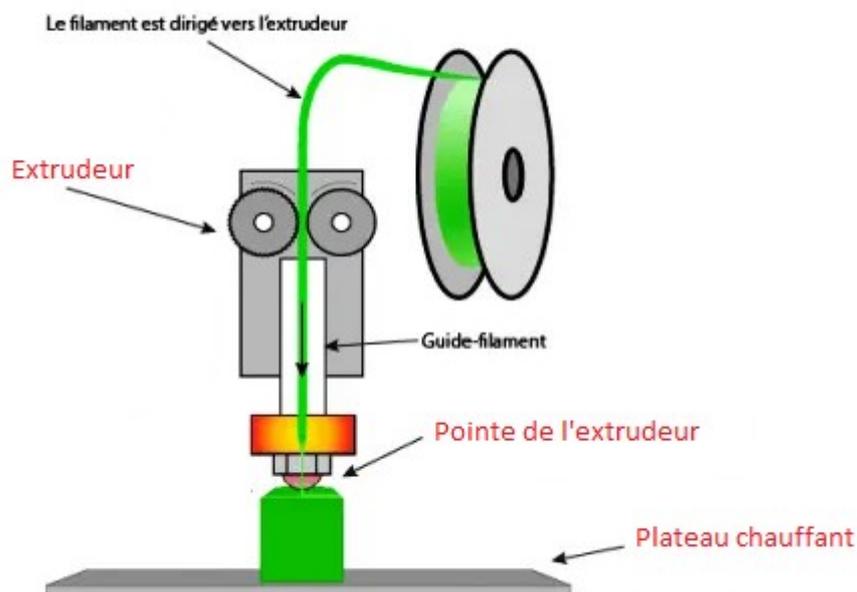
Le Fablab est une association qui accueille le grand public et des entreprises primo-innovantes pour des formations technologiques et pour accompagner à l'entrepreneuriat. Son objectif est de repenser les pratiques expérimentales dans une approche d'apprentissage et favoriser la transition numérique dans une démarche collaborative. Nous pouvons y retrouver des espaces ouverts sur des moyens de fabrication numériques pour prototyper par soi-même des solutions technologiques.

Ses missions principales sont les formations technologiques, pour tous, sur les machines et les méthodes, la promotion des sciences et de la technologie. De plus ils accompagnent à l'entrepreneuriat notamment des étudiants et à la maturation technologique des projets de start-ups. Le Fablab permet aussi, grâce à un réseau local, de recenser plusieurs projets, web conférences et documentations visible sur internet.

#### 2) Les machines

Une machine de fabrication additive par extrusion de matière est composée d'un extrudeur qui possède un moteur pas-à-pas et une roue crantée pour faire avancer ou reculer le filament. Cela permet de gérer de manière précise la quantité de matière à utiliser. Ensuite il est guidé, jusqu'à la pointe de l'extrudeur, pour être déposé en fines couches à l'endroit voulu. Il y a aussi un plateau chauffant qui permet de faire tenir le plastique pour ne pas avoir de décalage.

#### Principe de fonctionnement d'une imprimante 3D



Adapté de: <http://www.thingiverse.com/thing:29432> par edurobot.ch

Premièrement il y a l'Original Prusa i3 qui utilise des filament de 1,75mm de diamètre et qui a une buse de 0,4mm de diamètre. Sa vitesse d'impression est de 200 mm/s maximum. Ses températures maximum sont de 280°C pour l'extrudeur et de 90°C pour le plateau chauffant.

Pour les machines de fabrication additive par extrusion de matière, il y en a 4 autres qui ont toutes des caractéristiques similaires à celle ci-dessus.



*Original Prusa i3*



*Bobine de fil plastique*

Deuxièmement il y a la machine par photo-polymérisation en cuve, qui fonctionne avec de la résine, elle est de la gamme ELEGOO Mars Series. Il y a moins de caractéristiques que pour celle avec extrusion, il y a juste la vitesse d'impression qui est de 30 à 50 mm/h.



*ELEGOO Mars Series*

### 3) La disposition des locaux

Les locaux que nous allons étudier sont composés de 3 pièces de travail.

Dans la première il y a les machines de fabrication additive par extrusion de matière et les bureaux où travaillent les adhérents de l'association. C'est aussi dans cette pièce que les filaments de plastique sont entreposés dans une armoire. Il y a 5 imprimantes disposées proche des fenêtres. A savoir que cette pièce reste ouverte en permanence donnant sur un hall où il y a un espace de travail.

Dans la deuxième pièce il y a d'autres machines qui servent à faire des prototypes comme une machine de découpe laser qui fait beaucoup de bruit lorsque qu'elle est en route et la machine de fabrication additive par photo-polymérisation en cuve avec de la résine. A savoir que cette pièce reste fermée car les machines qui sont à l'intérieur sont bruyantes parce qu'elles fonctionnent avec un système d'aspiration des poussières émises.

La troisième pièce n'en n'est pas vraiment une, c'est un hall qui donne sur le couloir dans lequel il y a une grande table que les visiteurs du Fablab peuvent utiliser.

Schéma des locaux étudiés :



**Légende :**

- Zone de travail
- Zone où il y a les imprimantes 3D avec extrusion de matière
- Zone où il y a les imprimantes 3D avec de la résine
- Zone de rangement des bobines de filament

### Risque thermique :

Les solvants utilisés dans l'atelier Fablab peuvent être un risque potentiel d'inflammation, tandis que les poussières de matières plastiques ou de poudres métalliques peuvent quand à elle représenter un risque d'explosion. Lorsqu'il y a des concentrations de styrène dans l'atmosphère qui se rapprochent des valeurs limites d'explosivité, les risques d'incendie et d'explosion sont présent. Les résines non utilisées stockées dans des sacs endommagés ou bien dans des espaces clos dont la ventilation n'est pas optimale, peut provoquer des vapeurs inflammables qui s'accumulent.

Une augmentation incontrôlée de la température de la pointe de l'extrudeur suite à une défaillance de la thermistance peut provoquer un détachement de la pointe et un début d'incendie, pareil pour un court-circuit électrique en cas d'installation défectueuse.

## IV Les plastiques en fabrication additive

### 1) Intro plastique

Intro plastiques : Les acteurs associés à la fabrication additive au Fablab sont les polymères tels que les filaments de plastiques (ABS, PLA,...) et les photo-polymères (résines, liquides). Le risque lié à la fabrication additive que nous étudions est le risque chimique avec les produits utilisés et émis, tout les plastiques libèrent des particules lorsqu'ils sont chauffés, le nombre de particules libérées est différent selon le matériau et augmente avec la température. Le repérage du danger doit se concentrer sur les matières premières et les autres produits comme les solvants et les vapeurs produites.

### 2) ABS

L'ABS est un polymère thermo-plastique composé de 3 molécules, Acrylonitrile, Butadiène et Styène. Il est utilisé pour fabriquer beaucoup d'objets comme les claviers d'ordinateur, les LEGO, l'ameublement, les décorations, pièces nautiques, carrosserie...

L'avantage de l'ABS est qu'il est résistant aux chocs, il a un bel aspect de surface, il est facile à colorer et reste stable dans le temps. Cependant, il se comporte mal face aux UV (jaunissement exemple vieux ordinateurs), des adjuvants sont alors ajoutés (benzophénone), ils ont des propriétés dangereuses.

Le plastique ABS est très répandu dans l'impression 3D, au fablab, ils l'utilisent une température d'extrusion de 250° C et une température de plaque entre 100°C et 110°C.

#### **Caractéristiques :**

Cependant, lorsque l'on chauffe ce plastique, il émane des vapeurs et des particules ultrafines qui peuvent avoir des effets néfastes sur la santé. Le risque concernant les particules ultra fines n'est pas avéré, il est supposé.

Les particules ultra fines viennent se déposer dans les voies respiratoires et sont susceptibles de provoquer des allergies, irritations, lésions cellulaires. Leur taille infiniment petite leur confère une forte capacité de propagation dans le corps.

Des études de l'INRS montrent que le styrène (composant de l'ABS) est présent à 150 µg.m<sup>3</sup> à 250 µg.m<sup>3</sup> lors de l'impression, ils ont défini une VLEP de 100 mg.m<sup>3</sup> ce qui est 20 fois supérieur à un niveau d'exposition dans des bureaux.

Des composés organiques volatils (COV) sont aussi émis en plus grande quantité à l'extrusion, l'émission relevée est de 3552 µg.h, il n'y a pas de VLEP car ils n'ont pas enregistré de concentration.

L'émission de L'ABS lors de l'impression dépend de la température mais elle se situe en moyenne entre 10E9 et 10E11 particules par minutes.

Polluant	Valeurs	Vlep	Commentaire
ABS PUF	10E9 à 10E11 particules.min	-	Supérieur au PLA
Émission COV	3552 µg.h	-	
Styrène	150 µg.m3 à 250 µg.m3	100mg.m3	20 X niveau bureaux

### 3) PLA

Le PLA est un polymère biodégradable,  $(C_3H_4O_2)_x$ . Il est utilisé pour fabriquer beaucoup d'objets comme les emballages alimentaires (fruits et légumes..), ou dans la fabrication de très nombreux objets injectés, extrudés ou thermoformés. Il est aussi utilisé en médecine (chirurgie, stent), c'est l'un des principaux matériaux utilisés en fabrication additive.

Les avantages du PLA sont qu'il est biosourcé, biodégradable et ne contient pas de pétrole, il est transparent, pas sensible aux UV. Cependant, il est rigide, cassant, ne résiste pas à des remplissages chauds, ne se recycle pas.

Le plastique ABS est aussi très répandu dans l'impression 3D, au fablab, ils l'utilisent une température d'extrusion entre 200° C et 210°C ainsi qu'une température de plaque entre 50°C et 60°C.

*LEGO en ABS*



## Caractéristiques :

Ce plastique aussi émane des vapeurs et des particules ultrafines qui peuvent avoir des effets néfastes sur la santé.

Des études de l'INRS montrent que l'émission de L'ABS lors de l'impression dépend de la température mais elle se situe en moyenne entre  $10E8$  et  $10E10$  particules par minutes. Le PLA est donc moins émissif que l'ABS , on peut supposer qu'il est moins dangereux. Il n'y a pas de VLEP disponible.

Polluant	Valeurs	Vlep	Commentaire
PLA PUF	$10E9$ à $10E11$ particules.min	-	Supérieur au PLA



*Gobelets en PLA*

## 4) TPU et PETG

### TPU

Le TPU de son vrai nom le polyuréthane thermoplastique est un matériau qui rassemble la flexibilité du silicone et la résistance du plastique. En effet, il est résistant à la température et aux produits chimiques. De plus ils peuvent être fondus plusieurs fois et réutilisé. Il est utilisé dans l'industrie pour les joints usinés qui sont destinés aux applications pneumatiques ou hydrauliques. Grâce à ses propriétés, il est beaucoup utilisé pour les coques de téléphones et pour d'autres boîtiers électroniques.

Le TPU a soit une base polyester soit polyéther mais il se caractérise par un grand nombre de groupes uréthane d'où son nom. Sa composition est déterminée par trois composants : le polyol, le diisocyanate et les extenseurs de chaîne. Pour être utilisé en fabrication additive il a besoin d'une température d'extrusion de 240°C et le plateau d'une température de 40 à 50°C.

Le TPU est le matériaux le plus utilisé lorsque l'on souhaite imprimer un objet souple c'est la raison pour laquelle il est très dangereux pour les utilisateurs du grand public qui ne connaisse pas les risques. Pourtant peu voir aucune études n'a été réalisé au sujet de la dangerosité de ce plastique.



*Coque de téléphone en TPU*

## **PETG :**

Le PETG est le copolymère le plus utilisé dans l'impression 3D, c'est un mélange du PET (polyéthylène téréphtalate) et du glycol. Le PET est utilisé pour la fabrication de bouteilles rigides et c'est le plastique le plus utilisé du monde. Il est connu pour sa bonne résistance aux chocs, sa transparence et sa stabilité dimensionnelle. Seulement lorsqu'on l'utilise pour l'impression 3D il a tendance à surchauffer. C'est pour cette raison qu'il faut mieux utiliser du PETG. Il est utilisé le plus souvent dans les emballages (médicaux, aliments/boissons).

Le glycol permet de réduire la fragilité et l'aspect cassant du PET. Le PETG permet une stabilité thermique et une facilité d'extrusion ce qui fait qu'il est de plus en plus utilisé dans le monde de l'impression 3D. Il est notamment compatible au contact d'un aliment. Pour éviter que le matériau n'accroche pas lors de l'impression il est conseillé d'utiliser une feuille de BuildTak, c'est un mince film plastique qui adhère au plateau d'impression des imprimantes 3D. Il vaut mieux garder le PETG au sec, car il prend rapidement l'humidité.

Le PETG est plus résistant, solide et durable que le PLA et plus flexible que l'ABS. Sa température d'extrusion est comprise entre 220 et 260 °C et le plateau ne doit pas être chauffé à plus de 80°C. Au FabLab la température d'extrusion est de 250°C et 80°C pour le plateau. Le filament en PETG est le plus sûr pour la santé, les fumées produites sont inoffensives. Il a une bonne résistance à l'eau, aux acides et aux alcalins. Il n'est pas biodégradable mais il peut être recyclé à 100 %.



*emballage en PET*

## 5) Résine

Cela fonctionne par la méthode de stéréolithographie ( SLA ) qui est l'une des nombreuses utilisées pour l'impression 3D. Elle consiste à transformer la résine liquide en objets solides, pour ce faire une fine couche de résine est exposée au dessus de la plateforme. Ensuite la lumière UV va frapper partout le motif de l'objet, ce qui va instantanément durcir le liquide. C'est une superposition de couches de résine qui va former l'objet. Enfin l'objet va être cuit dans un four à ultraviolets. Pour les imprimantes SLA la longueur d'onde est de 450 nm.

Cette technique d'impression à la résine vaut le coup car elle procure un niveau de résolution extraordinaire. Donc dans le cas de grande construction, il est recommandé d'utiliser cette technique. Cette technique peut être utile pour le milieu médical, grâce à sa grande précision. Mais également dans la création de bijoux, cependant il faut tout de même faire attention à vernir les pièces qui sont destinées à être portés car la biocompatibilité des résines n'est pour le moment pas assez connue. Il existe deux groupes de matériaux, la résine standard et avancés.

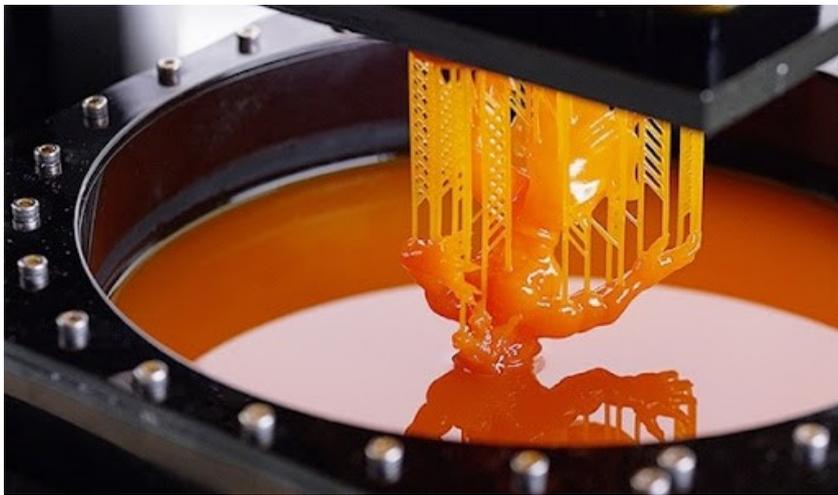
Les résines standards ont généralement un bon état de surface et des priorités mécaniques modérées, avec des propriétés proches à celles de l'ABS.

Les résines avancées ont de très bonnes propriétés mécaniques pour des applications fonctionnelles, et sont utilisés pour trois groupes distincts : l'ingénierie, dentaire et collables.

Lorsque l'on utilise l'impression 3D en résine, il y a des dégagement de fumées qui

peuvent compromettre la qualité de l'air intérieur, ces fumées posent un véritable problème pour l'environnement et pour les personnes du à leurs toxicités et nocivités. Notre peau peut également absorber ces produits chimiques, c'est pour cela qu'il est fortement déconseillé de toucher la résine non durcie avec notre peau. L'exposition de ces photo-polymérisations émet des composés organiques volatils (COV) entre 14 300-23 700 µg/h, il n'y a pas de VLEP car c'est une émission et pas une concentration. L'extrusion émet en moyenne 3552 µg/h. Il y a aussi émission de particules ultra fines (PUF) de 10<sup>8</sup> particules\*g imprimé. La photo-polymérisation est le processus qui permet de rendre solide de la résine liquide grâce à une lumière UV.

Dans le cas où on respire ces vapeurs, on peut ressentir des effets sur le nez, la gorge et les poumons. Cela va créer des inflammations et irritations et peut également créer de l'asthme en cas d'une exposition continue. Cela peut être aussi nocif pour les yeux en cas d'exposition trop près. Les matériaux utilisés sont assez chargés en composés et additifs chimiques.



*Impression par photopolymérisation*

## V Protocole

### 1) Préparation du mesurage

- Exploration du Fablab (machines, filaments plastiques)
- Se renseigner sur le nombre de personnes présentes au fablab
- Calculer les dimensions des pièces
- Renseigner sur le plan les bouches d'aération non utilisées

### 2) Mesurages

- Faire une mesure à l'extérieur (peut être que la rocade émet plus de particules)
- Faire une mesure avec aucune machine en fonctionnement et avec les fenêtres fermées
- Faire une mesure avec aucune machine en fonctionnement et avec les fenêtres ouverte
- Faire une mesure avec les machines en fonctionnement et avec les fenêtres fermées
- Faire une mesure avec les machines en fonctionnement et avec les fenêtres ouvertes
- Faire ces mesures pour chaque pièce
- Les mesures seront faites sur les bureaux et aux postes de travail, là où il y a potentiellement des adhérents

### 3) Méthode d'interprétation des résultats

Nous allons comparer les résultats obtenus à l'extérieur, avec les machines en fonctionnement, en arrêt, et dans les différentes pièces, nous allons aussi regarder si les particules se mettent en suspension quand quelqu'un entre dans la pièce. Nous comparerons les valeurs limites trouvées dans les articles, la plupart des plastiques n'ont pas de valeurs limites d'exposition. On prendra celle de l'ABS, le plastique le plus dangereux selon nos recherches qui à une VLE pour le styrène de  $100 \text{ mg/m}^3$ . Nous compareront les autres plastiques à celui-ci et on déterminera la dangerosité des différents plastiques en s'appuyant sur les concentrations en nanoparticules dans l'air obtenues. Ensuite nous réfléchirons à des mesures pouvant être mises en place.

## VI Conclusion :

Les différents rendez-vous et les recherches sur les plastiques en impression 3D nous a permis d'informer M.Bonnemaison sur les risques potentiels qui y sont liés. Les plastiques émettent des particules fines et ultrafines dont les dangers sur l'organisme sont suspectés. En effet, quand les machines fonctionnent, elles chauffent le plastique, celui-ci libère des particules que les visiteurs du Fablab peuvent inhaler.

Le Fablab est confronté à un risque potentiel d'inflammation des solvants et d'explosion des poussières de matières plastiques, lié aux sources de chaleur nombreuses. Les risques d'incendie-explosion peuvent être présents car les plastiques émettent du styrène dans l'air pendant l'impression.

Nous sommes désormais en mesure de pouvoir proposer une méthode de mesurage pour décider si oui ou non, le fablab et ses adhérents s'exposent aux dangers liés aux composés organiques volatils et aux solvants émis dans l'air et réfléchir à un plan d'action.

## Bibliographie

Date de la recherche	Lieu de la recherche	Références exactes (sites, revues, ouvrages)	Remarques, avis...
24/11/2021	Internet	<a href="https://www.3dnatives.com/plastique-petg-18122019/">https://www.3dnatives.com/plastique-petg-18122019/</a>	Ces sources nous ont servit à trouver des information sur le plastique PETG utilisé lors de l'impression 3D. Ce sont des sites plutôt fiable.  aide à la définitions des COV  Informations chiffrés sur ABS et PLA  La photo-dégradation
	Internet	<a href="https://filament2print.com/fr/blog/49_petg.html">https://filament2print.com/fr/blog/49_petg.html</a>	
	Internet	<a href="https://www.ademe.fr/entreprises-monde-agricole/reduire-impacts/reduire-emissions-polluants/dossier/composes-organiques-volatils-cov/definition-sources-demission-impacts">https://www.ademe.fr/entreprises-monde-agricole/reduire-impacts/reduire-emissions-polluants/dossier/composes-organiques-volatils-cov/definition-sources-demission-impacts</a>	
	Internet	<a href="https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=Anim-256">https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=Anim-256</a>	
	Internet	<a href="https://fr.wikipedia.org/wiki/Photod%C3%A9gradation_d%27un_polym%C3%A8re">https://fr.wikipedia.org/wiki/Photod%C3%A9gradation_d%27un_polym%C3%A8re</a>	
01/12/2021	Internet	<a href="https://www.impressionen3d.com/a-quel-point-limpression-3d-en-resine-est-elle-">https://www.impressionen3d.com/a-quel-point-limpression-3d-en-resine-est-elle-</a>	Nous avons pu récupérer des informations très précises sur ces sites, sur la méthode stéréolithographie qui

	Internet	<a href="#">dangereuse/</a> <a href="https://www.kreos.fr/fabrication-additive/resine-liquide-et-stereolithographie/">https://www.kreos.fr/fabrication-additive/resine-liquide-et-stereolithographie/</a>	utilise de la résine.
	Internet	<a href="https://www.protolabs.fr/ressources/blog/les-avantages-de-l-utilisation-du-tpu-pour-les-pieces-elastomeres/">https://www.protolabs.fr/ressources/blog/les-avantages-de-l-utilisation-du-tpu-pour-les-pieces-elastomeres/</a>	Avantages du TPU
	Internet	<a href="http://www.alltec.net/polyurethane-thermoplastique/">http://www.alltec.net/polyurethane-thermoplastique/</a>	Composition TPU
	Internet	<a href="https://www.environnement.gouv.qc.ca/air/cov/index.htm">https://www.environnement.gouv.qc.ca/air/cov/index.htm</a>	Recherche sur le TPU
	Internet	<a href="https://www.actu-environnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition_compose_organique_volatil_cov.php4">https://www.actu-environnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition_compose_organique_volatil_cov.php4</a>	Recherche sur le TPU
08/12/2021	Internet	<a href="https://www.myprinter3d.fr/wp-content/uploads/2019/05/Fiche-technique-PRUSA-i3-MK3.pdf">https://www.myprinter3d.fr/wp-content/uploads/2019/05/Fiche-technique-PRUSA-i3-MK3.pdf</a>	Fiche technique de l'imprimante par extrusion de matière
	Internet	<a href="https://www.prusa3d.com/fr/categorie/original-prusa-i3-mk3s/">https://www.prusa3d.com/fr/categorie/original-prusa-i3-mk3s/</a>	Image de l'imprimante 3D Original Prusa

	Internet	<a href="https://manuals.plus/fr/elegoo/elegoo-mars-series-3d-printer-manual#mars_2_pro_printer_tech_specs">https://manuals.plus/fr/elegoo/elegoo-mars-series-3d-printer-manual#mars_2_pro_printer_tech_specs</a>	Image de l'imprimante par photo-polymérisation	
	Internet	<a href="https://www.a3dm-magazine.fr/news/materiaux/tpu-materiau-impression-3d-souple">https://www.a3dm-magazine.fr/news/materiaux/tpu-materiau-impression-3d-souple</a>	Image du roller en TPU	
	Internet	<a href="https://packaging-ecoresponsable.com/PLA-nouvelle-matiere-bio/">https://packaging-ecoresponsable.com/PLA-nouvelle-matiere-bio/</a>	Produit de la dégradation thermique	
15/12/2021	Internet	<a href="https://www.alveo3d.com/fr/nanoparticules-imprimantes-3d/">https://www.alveo3d.com/fr/nanoparticules-imprimantes-3d/</a>	Nous avons eu recours à ces sites dans le but d'en savoir plus sur les valeurs limites d'exposition et faire notre cadre juridique. Le site légifrance est très fiable.	
	Internet	<a href="https://www.airparif.asso.fr/la-reglementation-en-france">https://www.airparif.asso.fr/la-reglementation-en-france</a>		
	Internet	<a href="https://www.legifrance.gouv.fr/">https://www.legifrance.gouv.fr/</a>		
	Internet	<a href="https://www.plasticcollectors.com/fr/blog/what-is-abs-plastic/">https://www.plasticcollectors.com/fr/blog/what-is-abs-plastic/</a>		Photo jouet en ABS
	Internet	<a href="https://catalogue.groupe-fullace.fr/produits/5552-tasse-a-cafe-en-pla">https://catalogue.groupe-fullace.fr/produits/5552-tasse-a-cafe-en-pla</a>		Photo gobelets en PLA

## **Glossaire :**

Fabrication additive : Technologie de fabrication de pièce créée à travers une conception numérique. Cette construction s'effectue couche par couche par apport de matière ou par transformation de matière. Elle présente plusieurs technologies recensées dans la norme NF ISO 17296-2 : la photo-polymérisation en cuve, la projection de matière, la projection de liants, la fusion sur lit de poudre, l'extrusion de matière, le dépôt de matières sous énergie concentrée et la stratification de couche.

Les composés organiques volatiles (COV) : Les COV sont l'ensemble de plusieurs milliers de composés, notamment des hydrocarbures et des solvants, qui ont des caractéristiques très variables. Ils sont néfastes pour la santé, certains sont toxiques ou cancérigènes. Ils entrent dans la composition de nombreux produits courants comme dans les peintures, l'encre, les colles, les détachants,...

Particules ultrafines (PUF) : Les PUF sont des particules de taille nanométrique, c'est-à-dire de taille inférieure à 100 nm de diamètre. Elles sont si petites qu'elles se comportent comme des gaz. Les PUF ont une capacité à pénétrer profondément dans les poumons puis à traverser la barrière pulmonaire.

Température d'extrusion : C'est la température à laquelle le plastique sort de la pointe d'extrusion de la machine. Cette température est propre à chaque plastique.

Température du plateau : Elle correspond à la température du plateau pour que le plastique adhère à celui-ci lors de l'impression 3D. Cette température est propre à chaque plastique.

## Annexes

Tableau du déroulement des tâches

Date	Tache	Remarques
10/11/21	Rendez-vous avec M.Leguen et Rencontre de M.Bonnemaison	Prise de connaissance de la demande, visite du Fablab, Objectifs de recherches et lieux de recherches avec M.Leguen
17/11/21	RDV avec M.Bonnemaison,	Présentation des machines du fablab et du wiki, présentation des plastiques, observation de l'impression 3D
24/11/21	RDV avec M.Bonnemaison, recherches bibliographiques sur les différents plastiques	Difficultés à trouver des sources fiables, on annonce notre méthode à M.Bonnemaison, prise de photo des produits, des machines et des armoires de stockage
01/12/21	RDV avec M.Bonnemaison, recherches bibliographiques sur les différents plastiques et leurs risques	Nous avons trouvé de bons articles, des webinaires, et nous nous sommes renseigné avec M.Pasquereau par rapport à un outil permettant de mesurer les particules émises
08/12/21	Rédaction du pré-rapport, RDV avec M;Leguen	Nous avons fait notre plan, notre répartition du travail, et avons commencé nos parties
15/12/21	Rédaction du pré-rapport	Pré-rapport fini

Tableau de la répartition des tâches :

Julien Lescamela	Pornin Eitan	Dumond Jérôme
PETG et Résine	Introduction plastiques , informations ABS et PLA	Partie sur le Fablab
Cadre juridique	Couverture	TPU
Risque thermique	Abstract	Résumé
	Introduction	Enjeux et objectifs
	Partie Méthode et protocole	Glossaire
Relecture et correction des fautes		