

JOURNÉE
TECHNIQUE

Fabrication additive

Comment construire
une prévention adaptée ?



Les secteurs d'activités et les applications

François-Xavier Keller

Institut National de Recherche et de Sécurité

Département Ingénierie des Procédés

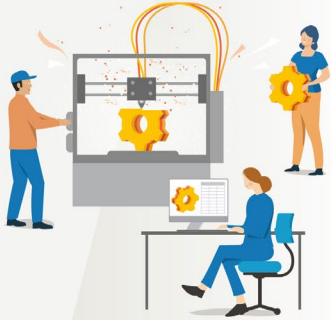
keller@inrs.fr

Mardi 17 mai 2022

Paris – Maison de la RATP

JT INRS FABRICATION ADDITIVE - 17/05/2022

Fabrication additive



Procédés de fabrication de pièces en volume par ajout de matière en couches successives.

Les premiers essais pour créer des objets solides avec des photopolymères ont lieu aux États-Unis à la fin des années 1960.

Au Japon, en 1980, Hideo Kodama crée l'ancêtre de la stéréolithographie.

Le 16 juillet 1984 un brevet sur la « fabrication additive » est déposé, par trois Français : Jean-Claude André, Olivier de Witte et Alain le Méhauté, pour le compte de la Compagnie industrielle des lasers (Cilas Alcatel).

Deux semaines plus tard, l'américain Charles Hull brevète la technique de stéréolithographie.

Fabrication additive – 2022



ISO/ASTM 52900 définit 7 grands procédés de fabrication additive

ISO/ASTM 52933 Fabrication additive - Environnement, hygiène et sécurité - Prise en compte de la réduction des substances dangereuses émises lors du fonctionnement de l'imprimante 3D non industrielle.

Commission UNM 920 - Fabrication additive

XP E67-006 Fabrication additive - Environnement, hygiène et sécurité - Exigences liées aux matériaux métalliques.

Commission UNM 920 - Fabrication additive

Familles de matière : métalliques (Fabrication Additive Métallique - FAM) / non-métalliques (Fabrication Additive Non-Métallique - FANM)

Etude du parc français de fabrication additive métallique



Occurrence des secteurs d'application



Industriels

Centres de recherche

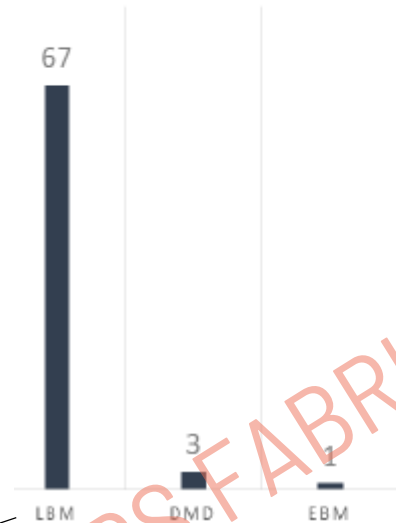
Services de FAM

Fabricants de machines

Etude du parc français de fabrication additive métallique



RÉPARTITION DES MACHINES IDENTIFIÉES PAR TYPE DE TECHNOLOGIE



Fusion (laser) sur lit de poudre

Projection de poudre

Faisceau d'électrons (sur lit de poudre)

LBM	67
3D systems	28
EOS	15
SLM Solutions	10
Renishaw	7
Realizer	2
Add-Up	1
Concept Laser	1
Confidentiel	3
DMD	3
Trumpf	2
BeAM	1
EBM	1
Arcam	1

©

Inox	316 L	4
	174PH	3
	155PH	2
Inconel	Corrax	1
	718	3
	712	1
Titane	N/D	3
	TA6V	8
	N/D	2
Acier	Maraging	3
Aluminium	AlSiMgO2	2
	AlAs7GO6	1
	N/D	4
Nickel	N/D	2
Cobalt	Chrome Cobalt	3
	N/D	1
Bronze	N/D	1

©

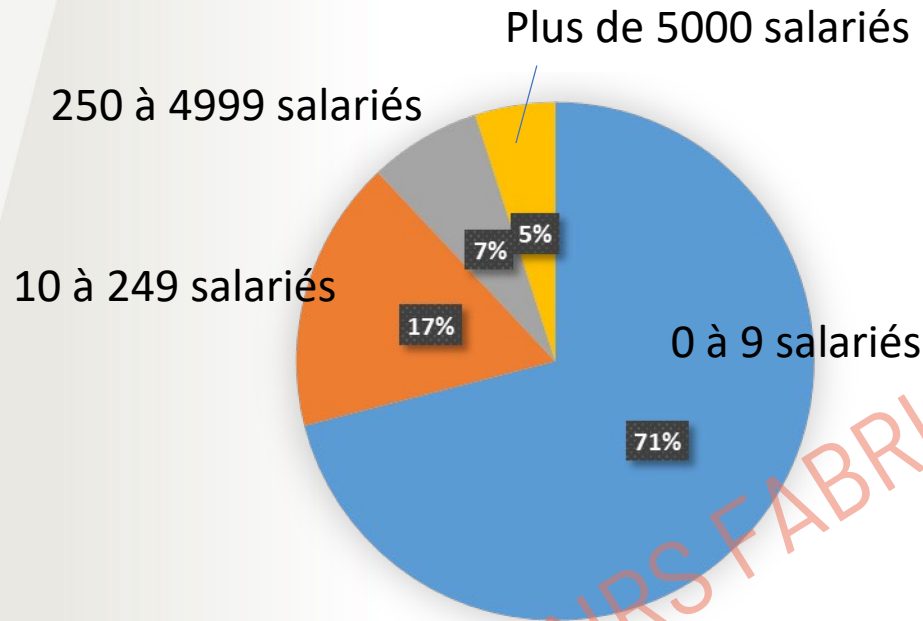
Type de poudres

Etude du parc français de fabrication additive non-métallique

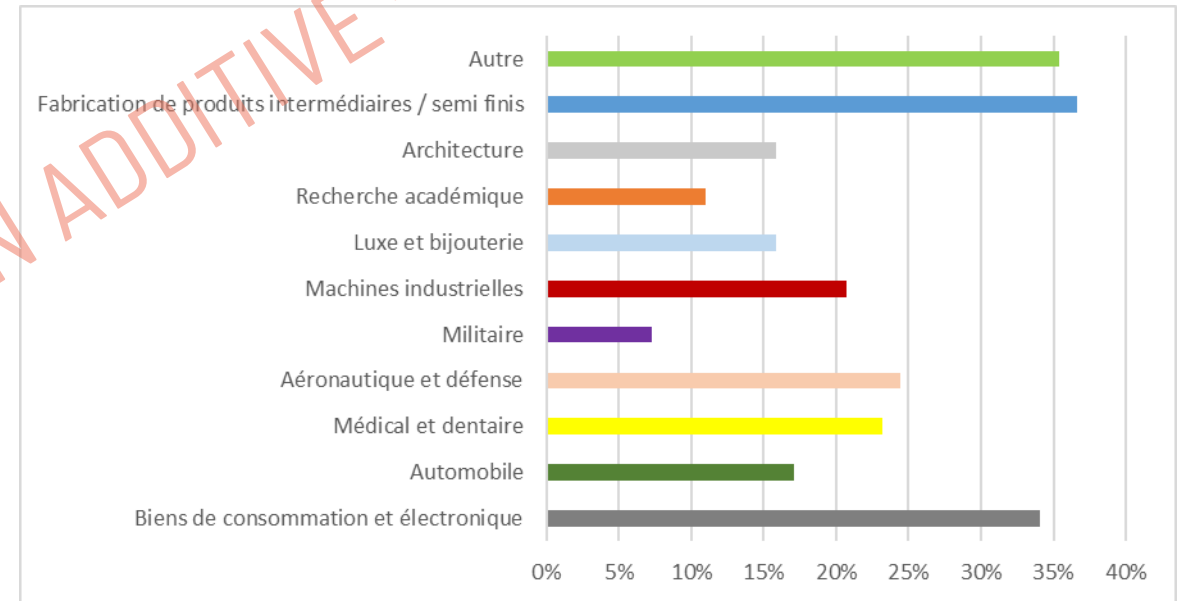
84 répondants à l'enquête :



Taille des entreprises

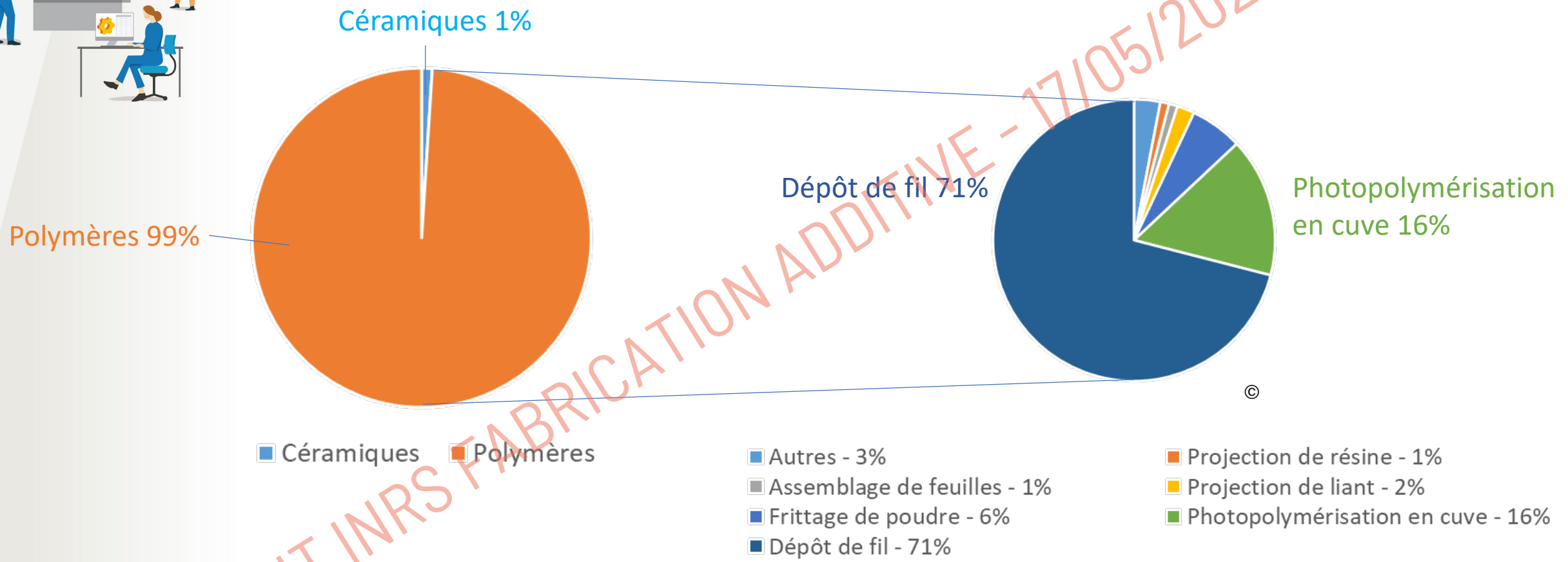


Secteurs d'activités



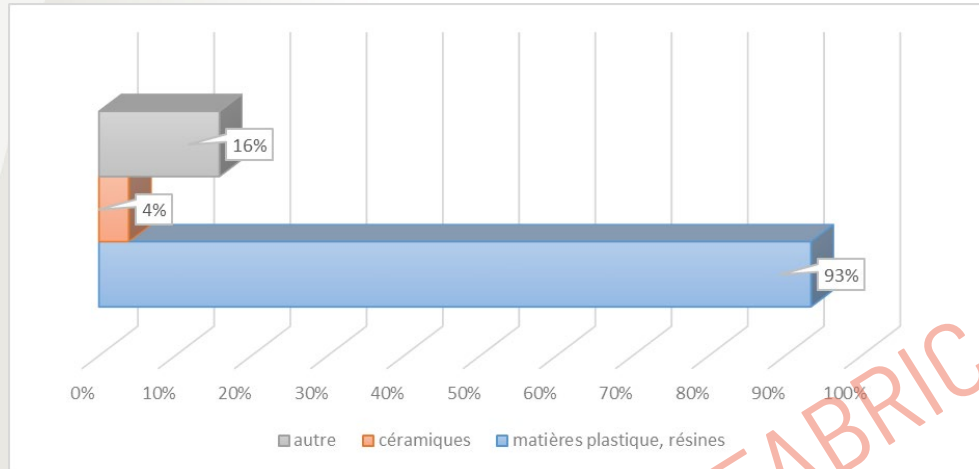
Etude du parc français de fabrication additive non-métallique

409 machines recensées :

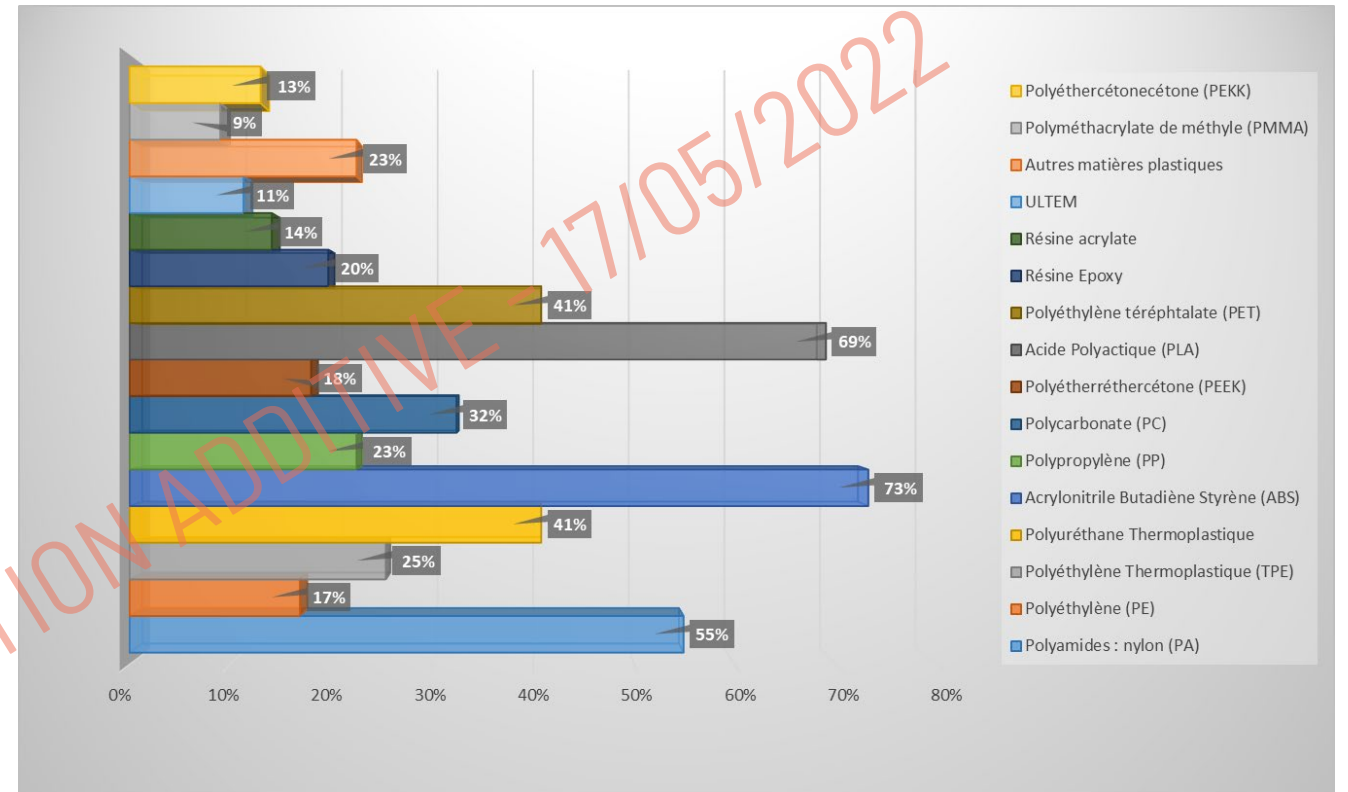


JT INRS FABRICATION ADDITIVE - 17/05/2022

Etude du parc français de fabrication additive non-métallique



Matières utilisées pour la FANM



Matières plastiques utilisées pour la FANM

Objectifs principaux



- Définir et caractériser les différents procédés présents dans l'industrie
- Mise en place d'une méthode de caractérisation des émissions
- Sensibiliser les fabricants et les utilisateurs de machines à la problématique du risque chimique

JT INRS FABRICATION ADDITIVE - 17/05/2022

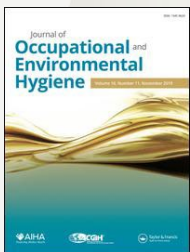
Fabrication additive - réalisations



Fabrication additive métallique

Caractérisation projection poudre métallique

Caractérisation fusion sur lit de poudre métallique



Occupational exposure during metal additive manufacturing: A case study of laser powder bed fusion of aluminum alloy
Journal of Occupational and Environmental Hygiene

Azzougagh, Keller, Cabrol, Cici, Pourchez

<https://doi.org/10.1080/15459624.2021.1909055>



Ultrafine aerosol transient phase measurement with real-time monitoring instrument applied to cleaning process of L-Pbf machine
Toxicology and Environmental Health Sciences

Azzougagh, Keller, Cabrol, Cici, Pourchez

<https://doi.org/10.1007/s13530-021-00117-2>

Fabrication additive non-métallique

Imprimante 3D polymère – fusion de fil

Imprimante 3D – photo polymérisation en cuve



Fabrication additive ou impression 3D utilisant les poudres métalliques

ED 144



Fabrication additive ou impression 3D utilisant des matières plastiques

ED 148

Fabrication additive – différents risques



- Risques **chimiques**
 - gaz/vapeurs et/ou poussières potentiellement dangereuses pour la santé des opérateurs
 - particules fines (μm) / ultrafines ($\sim 100\text{ nm}$)
- Risques potentiels découlant de l'**utilisation de poudres** (inhalation, contact, pyrophoricité (aluminium, zinc...), incendie, explosion)
- Risques spécifiques associés à l'utilisation de **sources lasers**, de faisceaux d'électrons ou buse chauffante (250°C)
- Troubles musculo-squelettiques (**TMS**)
- Traitement des **déchets**
- Modification des **organisations** (*artisans numériques, postes distants*)

Fabrication additive – Opérations exposantes



- fabrication
- alimentation en matières premières des machines
- récupération pièces
- parachèvement
- nettoyage
- maintenance
- ventilation présente sur la machine
- ventilation des locaux contenant les machines

Fabrication additive – Secteurs investigués



Entreprise	Secteur d'activité	FAM	FANM
1	Armement	x	x
2	Divers	x	x
3	Dentaire	x	
4	Energie	x	
5	Divers	x	x
6	Dentaire	x	x
7	Divers		x
8	Centre Technique	x	
9	Sport		x
10	Energie		x
11	Centre Technique	x	
12	Aéronautique	x	
13	Ecole	x	
INRS	Centre de recherche		x



JT INRS FABRICATION ADDITIVE - 17/05/2022

Merci de votre attention