

Présentation nouveau labo 3D HEPIA & technologie micro-DED

Prof. Dr.-Ing. Hannes Freiße

La Rentrée de la 3D
Office de Promotion des Industries et des Technologies (OPI)

Mardi 30 septembre 2025

Présentation nouveau labo 3D HEPIA & technologie micro-DED

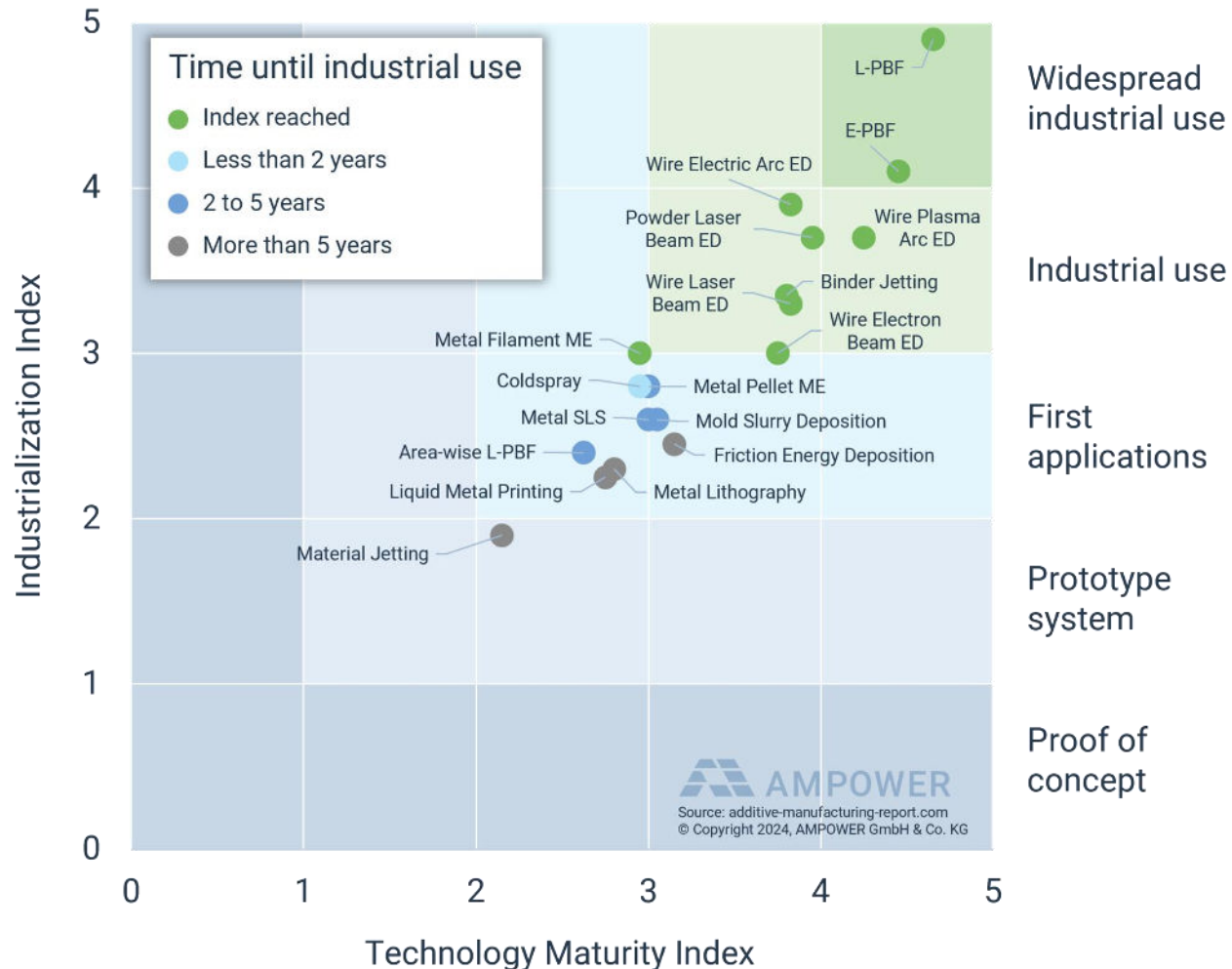
Présentation nouveau labo 3D HEPIA

- Focus Ra&D :
 - Fabrication additive (FA) des petites pièces métalliques
 - Industrialisation de la technologie micro-DED par laser
- Machines Ra&D pour différentes technologies FA
 - Offrir à l'industrie la possibilité de tester des technologies (fabrication de prototypes)
 - Développement de paramètres de procédé pour de nouveaux matériaux
 - Faire évoluer les technologies (intégration de capteurs dans les machines, amélioration des machines)

Présentation nouveau labo 3D HEPIA

4

AMPOWER Maturity Index: Metal AM 2024



- «Technology Maturity Index»
 - «TMI» montre à quel point la technologie est développée et fiable
- «Industrialization Index»
 - «II» montre à quel point elle est utilisée dans l'industrie

Présentation nouveau labo 3D HEPIA

Les sept groupes principaux de la fabrication additive (additive manufacturing, AM) sont définis par la norme ISO/ASTM 52900:

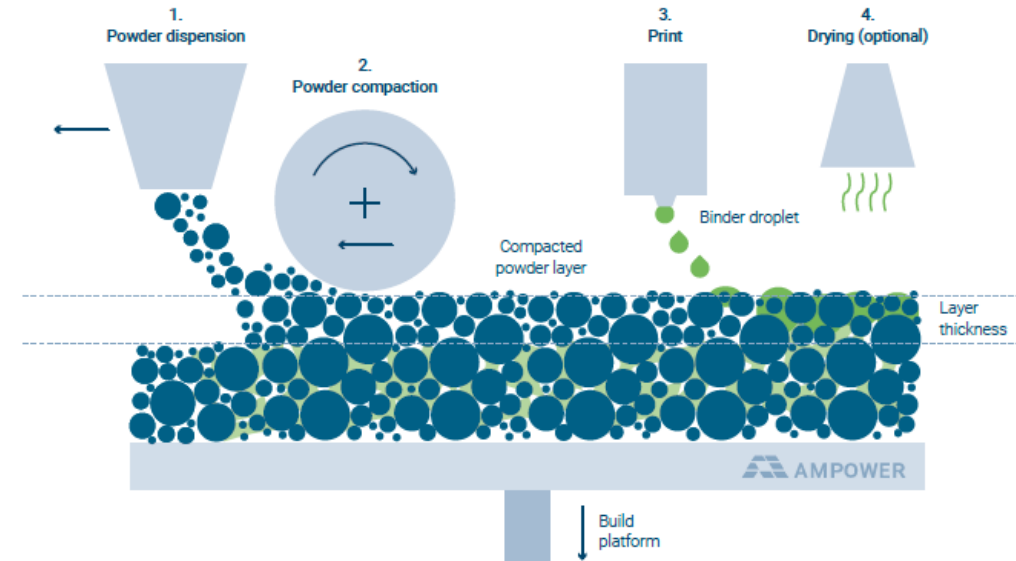
1. Jet de liant - Binder Jetting (BJT)
2. Matériau extrudé - Material Extrusion (MEX)
3. Jet de matière - Material Jetting (MJT)
4. Fusion sur lit de poudre - Powder Bed Fusion (PBF)
5. Feuille de laminage - Sheet Lamination (SHL)
6. Photopolymérisation en cuve - Vat Photopolymerization (VPP)
7. Dépôt d'énergie dirigé - Directed Energy Deposition (DED)

Présentation nouveau labo 3D HEPIA

6

1. Jet de liant - Binder Jetting (BJT)

- vient du MIT (brevet ~1993)
- TMI 3.8 + II 3.2
- 2 étapes
- forte croissance ces dernières années (automobile, aéronautique, médical, énergie)
- adapté à la production en série (cm^3/h élevé)



[ampower2024]



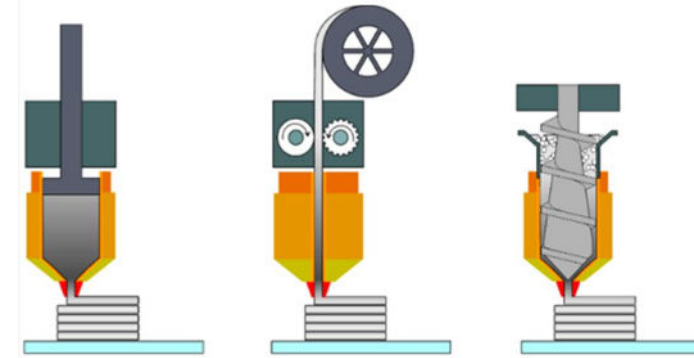
[ExOne2024]

Présentation nouveau labo 3D HEPIA

7

2. Matériau extrudé - Material Extrusion (MEX)

- Principe hérité du FDM polymère (années 1990)
- Adaptation aux métaux développée à partir des années 2010
- MEX métal = technologie jeune
- TMI 2.9 + II 3.0
- 2 étapes
- Filament $\varnothing \geq 0,4$ mm ou avec la pâte
- Machines moins chère
- Machine hybride avec usinage



[Jasik2025]

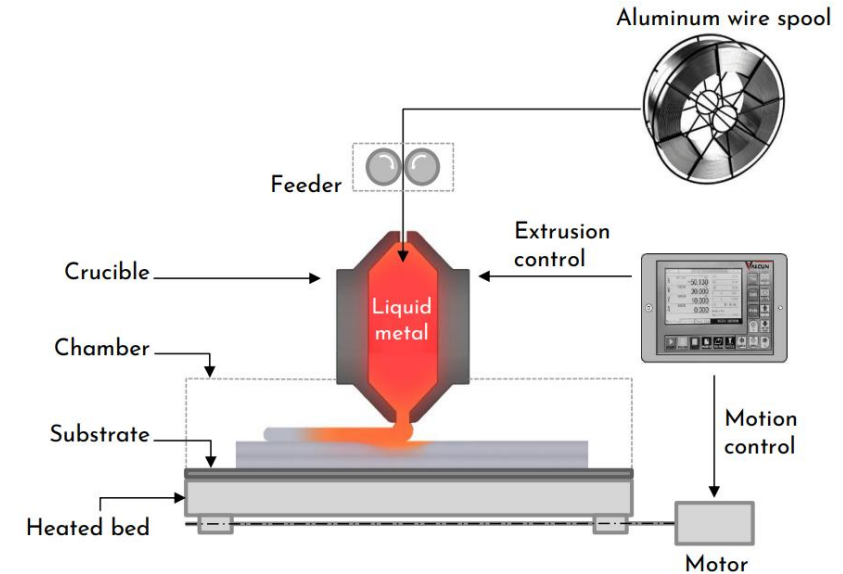


[3DGence2022]

Présentation nouveau labo 3D HEPIA

3. Jet de matière - Material Jetting (MJT)

- Hérité du jet de matière polymère (années 1990)
- Pour les métaux : très limité aujourd'hui, surtout au stade recherche / niche
- TMI 2.1-2.7 + II 1.9-2.2
- MJT métal = technologie jeune
- 1 étapes ou 2 étapes



Présentation nouveau labo 3D HEPIA

4. Fusion sur lit de poudre - Powder Bed Fusion (PBF)

- Origines dans les années 1990
- Développement industriel accéléré dans les années 2000–2010
- TMI 4.7 + II 4.9
- 1 étape ou 2 étapes
- Petites machines
- Multi-Matériaux
- micro-PBF



[3DMicroPrint2025]

Visualization of the Multi-Material PBF-LB/M Process

Ina Meyer, Cameron Owen Messmann, Marcus Oel,
Tobias Ehlers, Roland Lachmayer

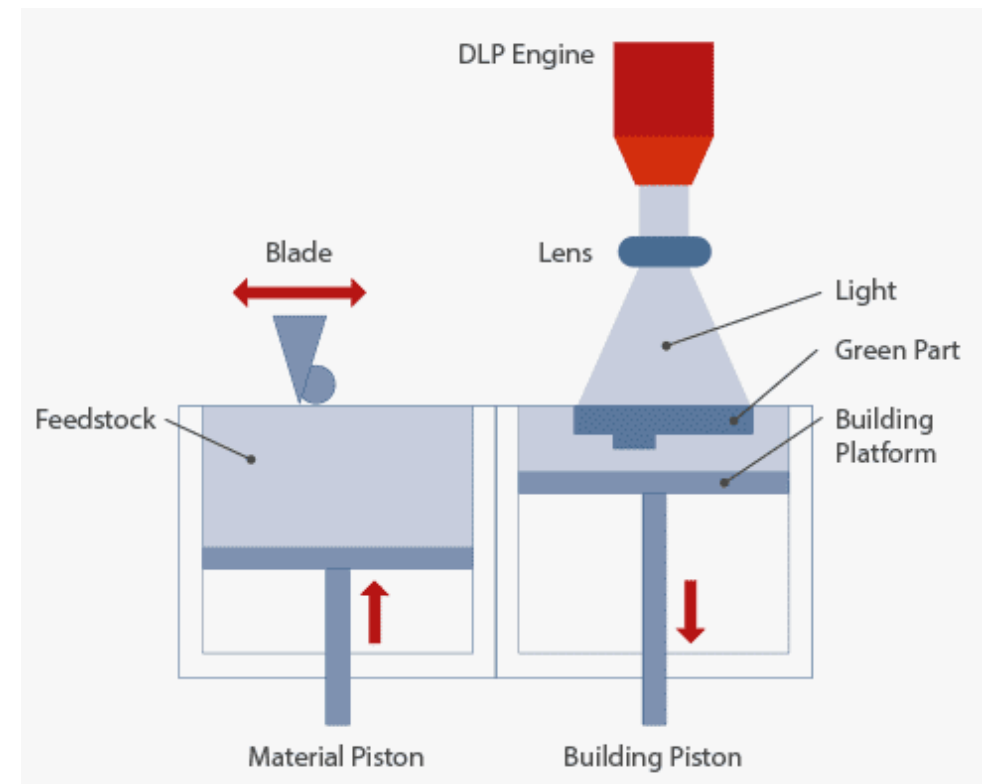
iPeG Institut für
Produktentwicklung
Et Gerätebau

Leibniz
Universität
Hannover

Présentation nouveau labo 3D HEPIA

6. Photopolymérisation en cuve - Vat Photopolymerization (VPP)

- À l'origine, procédé réservé aux polymères (inventée en 1986)
- Adaptations pour les métaux depuis ~2018
- TMI 3.1 + II 2.5
- 2 étapes
- Précision très élevée

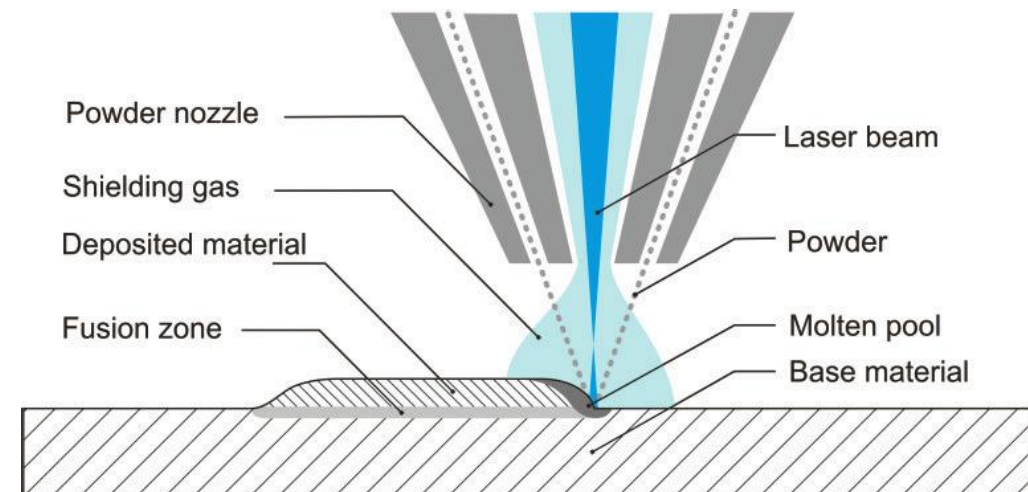


Présentation nouveau labo 3D HEPIA

7. Dépôt d'énergie dirigé - Directed Energy Deposition (DED)

- Moins adapté aux grandes séries de petites pièces
- productivité et précision plus limitées que le PBF
- Breveté en 1976 pour les revêtements
- Forte croissance industrielle depuis les années 2010
- TMI 3.8-4.2 + II 3-3.9

[DMG Mori AG]



[Graf2013]

Technologie micro-DED

Industrialisation de la technologie micro-DED par laser

- Développement de la technologie vers une précision plus élevée
- Réalisation de petites machines de bureau à coût réduit
- Passage du macro-DED au micro-DED - *défis, besoin de développement

	macro-DED	micro-DED
Puissance laser	2 kW – 40 kW	0,1 kW – 1 kW
Diamètre du spot laser	2 mm – 15 mm	0,2 mm – 0,8 mm
Taille des particules	50 μm – 150 μm	< 40 μm
Diamètre du jet de poudre	0,8 mm – 5 mm	0,1 mm – 0,6 mm*
Débit de poudre	10 g/min – 200 g/min	0,1 g/min – 5 g/min*

Technologie micro-DED

micro-DED par laser - 6 possibilités avec la même machine

1. Fabrication additive

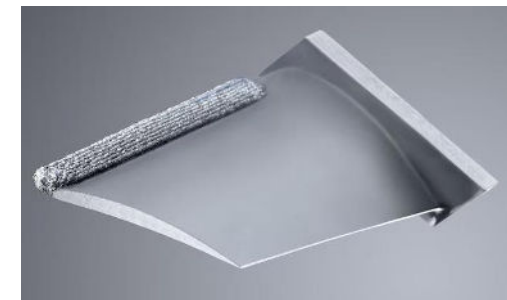
- Construction de volumes 3D (y compris sur des pièces existantes)
- Épaisseur de 0,5 mm ou moins
- Applications multi-matériaux possibles



[DMG MORI2025]

2. Maintenance, réparation et révision (MRO)

- Remplissage des volumes usés lors d'opérations de réparation sur des micro-pièces
- Rentabilité et durabilité accrues grâce à la réutilisation



[Trumpf2025]

Technologie micro-DED

micro-DED par laser - 6 possibilités avec la même machine

3. Rechargement laser (Laser Cladding)

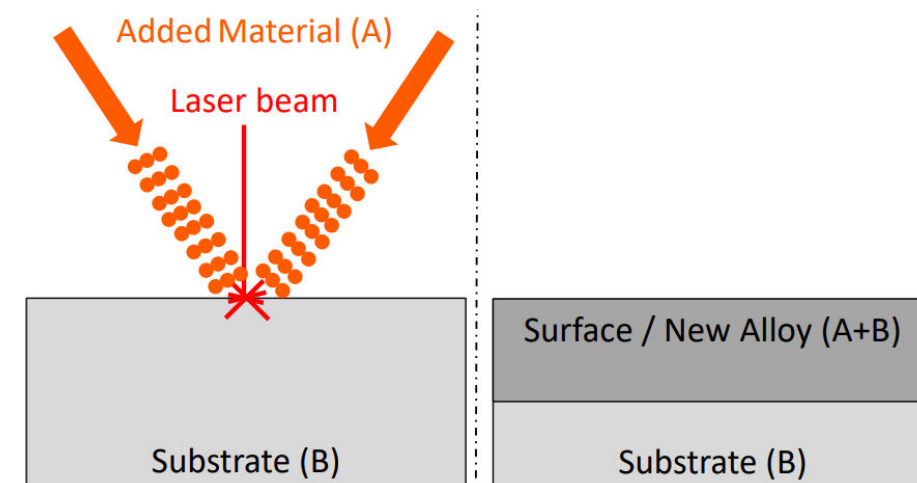
- revêtements (métaux ou polymères) fonctionnels sur des micro-pièces
- Possibilité de revêtements localisés ou partiels



[Kugler Bimetal2025]

4. Alliage laser (Laser Alloying)

- Création de nouveaux alliages en mélangeant la poudre injectée avec le matériau du substrat



micro-DED par laser - 6 possibilités avec la même machine

5. Injection laser de particules (Laser Melt Injection)

- Intégration de particules céramiques dures dans la surface pour augmenter la résistance à l'usure



[Freiße2020]

6. Soudage et brasage de micro-pièces

- Utilisation de poudre pour améliorer le pontage des jeux
- Utilisation de poudre pour influencer spécifiquement la métallurgie du joint soudé



[Trumpf2025]

Normes pour la fabrication additive

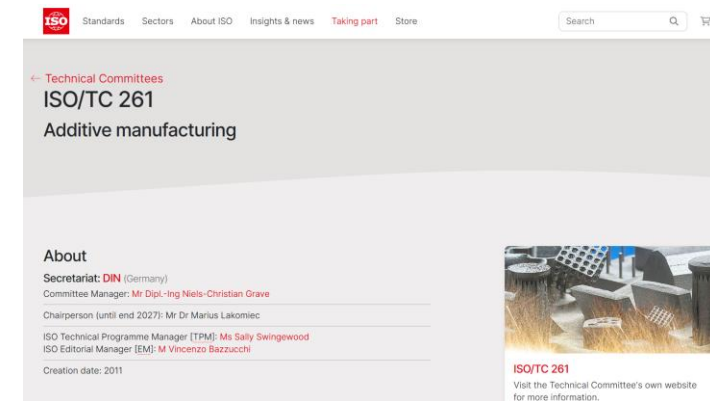
Histoire de la fabrication additive

- Années 1980 Naissance du concept : premières technologies (stéréolithographie – SLA) pour la fabrication additive des polymères
- Années 1990 Terme "Rapid Prototyping" (RP) utilisé massivement pour désigner les technologies d'impression 3D
- Années 2000-2010 Élargissement des applications vers la production fonctionnelle, pas uniquement le prototypage
- Depuis 2010 Émergence du terme "Additive Manufacturing (AM)" (Fabrication Additive (FA)) → utilisé par les comités de normalisation

Normes pour la fabrication additive

Comité ISO principal : ISO/TC 261 – Additive Manufacturing

- Création : 2011
- Objectif : Développer des normes internationales pour les procédés de fabrication additive, les matériaux, la terminologie, les essais, la conception, la qualité et la sécurité
- La toute première norme publiée par l'ISO/TC 261: ISO 52900:2015 – Fabrication additive — Principes généraux — Terminologie
- 27 normes publiées
- 21 projets en cours



Normes pour la fabrication additive

Comités nationales

- France AFNOR fondé en 2010
- Allemagne DIN fondé en 2018
- Suisse SNV fondé en 2014
 - SWISSMEM /NK 1261 “Rapid Prototyping and Rapid Manufacturing”
 - Toutes les personnes intéressées, issues du monde scientifique et de l’industrie, sont cordialement invitées à participer activement au comité suisse de normalisation
 - Contact: Gian Baschung gian.baschung@amds.ch



Thank you for your attention!