

# 3D ADEPT **MAG**

## IMPRESSION **3D**

**DOSSIER :** FUSION LASER SUR LIT DE POUDRE OU JET DE MATIÈRE, QUELLE TECHNOLOGIE CONVIENT LE MIEUX À LA PRODUCTION D'INSERTS DE MOULES PERSONNALISÉS ?



Chaque jour, nos rédacteurs fournissent aux lecteurs des nouvelles, des rapports et des analyses sur l'industrie de la fabrication additive. Pour naviguer dans cette mine d'informations, nous avons défini une liste de sections et de sous-sections qui pourraient vous aider à trouver ce qui est important pour vous.

## AVEZ-VOUS DES INFORMATIONS RELATIVES À L'IMPRESSION 3D OU UN COMMUNIQUÉ DE PRESSE À PUBLIER?

Envoyez un email à [contact@3dadept.com](mailto:contact@3dadept.com)



COMMUNIQUÉ  
DE PRESSE



ÉTUDES DE CAS



PROMOTIONS



[contact@3dadept.com](mailto:contact@3dadept.com)

[www.3dadept.com](http://www.3dadept.com)

+32 (0)4 89 82 46 19

Rue Borrens 51,1050 Brussels - BELGIUM



Edité par **3D ADEPT MEDIA**

### **Création graphique**

Martial Y. , Charles Ernest K.

### **Rédaction**

Kety S., Yosra K.

### **Correction**

Jeanne Geraldine N.N.

### **Publicité**

Laura Depret  
Laura.d@3ddept.com

### **Périodicité & Accessibilité :**

3D ADEPT Mag est publié tous les deux mois sous forme de publication numérique gratuite ou d'abonnement imprimé.

### **Exactitude du contenu**

Même si nous investissons des efforts supplémentaires et continus pour garantir l'exactitude des informations contenues dans cette publication, l'éditeur décline toute responsabilité en cas d'erreurs ou d'omissions ou pour toute conséquence en découlant. 3DA Solutions décline toute responsabilité pour les opinions ou les affirmations exprimées par les contributeurs ou les annonceurs, qui ne sont pas nécessairement celles de l'éditeur.

### **Publicités**

Toutes les publicités et publications sponsorisées commercialement, en ligne ou imprimées, sont indépendantes des décisions éditoriales. 3D ADEPT Media ne cautionne aucun produit ou service marqué comme une publicité ou promu par un sponsor dans ses publications.

### **Responsabilité de l'éditeur**

L'éditeur n'est pas responsable de l'impossibilité d'imprimer, de publier ou de diffuser tout ou partie d'un numéro dans lequel figure une publicité acceptée par l'éditeur si cette impossibilité est due à un cas de force majeure, à une grève ou à d'autres circonstances indépendantes de la volonté de l'éditeur.

### **Reproduction**

Toute reproduction totale ou partielle des articles et iconographies publiés dans 3D Adept Mag sans l'accord écrit de la société éditrice est interdite. Tous droits réservés.

**ISSN : 2736-6626**

### **Questions and feedback:**

3D ADEPT SPRL (3DA)  
VAT: BE0681.599.796  
Belgium -Rue Borrens 51 - 1050 Brussels  
Phone: +32 (0)4 86 74 58 87  
Email: [contact@3ddept.com](mailto:contact@3ddept.com)  
Online: [www.3ddept.com](http://www.3ddept.com)



# Contenus

---

**Editorial** ..... 04

---

**Dossier** ..... 07

---

FUSION LASER SUR LIT DE POUDRE OU JET DE MATIÈRE, QUELLE TECHNOLOGIE CONVIENT LE MIEUX À LA PRODUCTION D'INSERTS DE MOULES PERSONNALISÉS ?

**Business** ..... 13

---

SPACS ET IPOS : EFFET DE MODE OU RÉEL INTÉRÊT POUR LES ENTREPRISES DE FABRICATION ADDITIVE ?

**Interview du Mois** ..... 19

---

DESKTOP METAL: COMMENT ET POURQUOI DESK-TOP METAL A-T-ELLE CONSTITUÉ UN PORTE-FEUILLE DE PLATES-FORMES DE "FA 2.0" ?

**Logiciels** ..... 27

---

AUTOMATISATION DES LOGICIELS DANS LA FABRICATION ADDITIVE : OÙ EN ÊTES-VOUS ?

**Post-traitement** ..... 33

---

APERÇU DE L'UTILISATION DES FOURS DANS LA FABRICATION ADDITIVE

**Espace Startup** ..... 39

---

GAGNER DU TEMPS DANS LE DÉVELOPPEMENT DE PRODUITS : POURQUOI L'IMPRESSION 3D MÉTAL HYBRIDE DE MANTLE EST UN PARI INTÉRESSANT

# Bonjour & bienvenue



## Un effet de mode ou un réel intérêt ?

« En avez-vous réellement besoin ? » On m'a dit un jour que cette simple question, lorsqu'elle est appliquée, peut avoir un effet direct sur tous les comptes bancaires. Parfois, cela semble bien fonctionner pour ceux qui aiment faire du shopping, ou qui envient ce que les autres possèdent. Dans le domaine de la fabrication industrielle, lorsqu'une entreprise est la première à annoncer un nouveau produit, un nouveau service ou un nouveau mode opératoire, il y a de fortes chances que plusieurs autres entreprises suivent le mouvement... et fassent des annonces similaires. Cette théorie pourrait être mise en avant pour expliquer ce vent continu d'acquisitions, de « SPACs » et « d'introductions en bourse » qui embrasse de plus en plus tous les secteurs de la chaîne de valeur de la fabrication additive.

S'agit-il d'une simple tendance passagère ou existe-t-il un intérêt pour les entreprises de fabrication additive ? Un dossier exclusif de ce nouveau numéro tente de comprendre le monde boursier dans lequel les entreprises de fabrication additive font leur entrée.

Quoi qu'il en soit, quelles que soient les raisons qui conduisent à une SPAC, une IPO ou une acquisition, une chose est sûre, ce « vent » conduira à une croissance significative dans toutes les technologies de FA. Si vous nous demandez quelles sont les technologies de FA qui brilleront en premier et atteindront facilement un niveau avancé de production de pièces finales, nous vous donnerons une réponse « universelle », mais incroyablement vraie : **« tout dépend des applications »**. Toutefois, nous parions actuellement sur les technologies de FA telles que le jet de matière, la fusion laser sur lit de poudre ou l'impression hybride sur métal lié, qui permettent de créer des outils personnalisés pour les processus de fabrication traditionnelle, une capacité qui s'étend également au domaine du moulage par injection. Il s'agit de quelques-unes des technologies dont nous avons longuement parlé dans ce numéro.

En outre, cette croissance significative de toutes les technologies de FA ne peut être effective sans les producteurs de matériaux. Comme vous le découvrirez dans l'un des segments clés ou dans le tour d'horizon des actualités de ce numéro, ils fournissent les solutions nécessaires pour accroître la capacité de production et aider les machines à matérialiser ce que l'ingénieur a minutieusement pensé et conçu à l'aide de divers logiciels dédiés à la FA.

Enfin, alors que la FA continue de se développer dans divers segments, nous nous sommes rendu compte que certains sous-segments de l'étape de post-traitement sont souvent plus mis en avant que d'autres. Différents sous-segments de ce domaine de l'industrie ont commencé à occuper une place plus importante dans le paysage de la FA. 3D ADEPT Mag a exploré l'importance de l'un d'entre eux dans ce numéro et nous sommes impatients de voir ce que les autres nous réservent.



**Kety SINDZE**

Editrice-en chef chez 3D ADEPT Media

✉ [ketys@3dadept.com](mailto:ketys@3dadept.com)

Editorial



**formnext**

16 – 19 NOVEMBER 2021  
FRANKFURT / GERMANY

**mesago**

# Make the impossible possible!

We know that additive manufacturing offers undreamed-of potential. In addition to the printer, however you also need the upstream and downstream processes plus the experts, who have mastered the technology. You'll only find all this at Formnext! Find out more now and join us in Frankfurt.

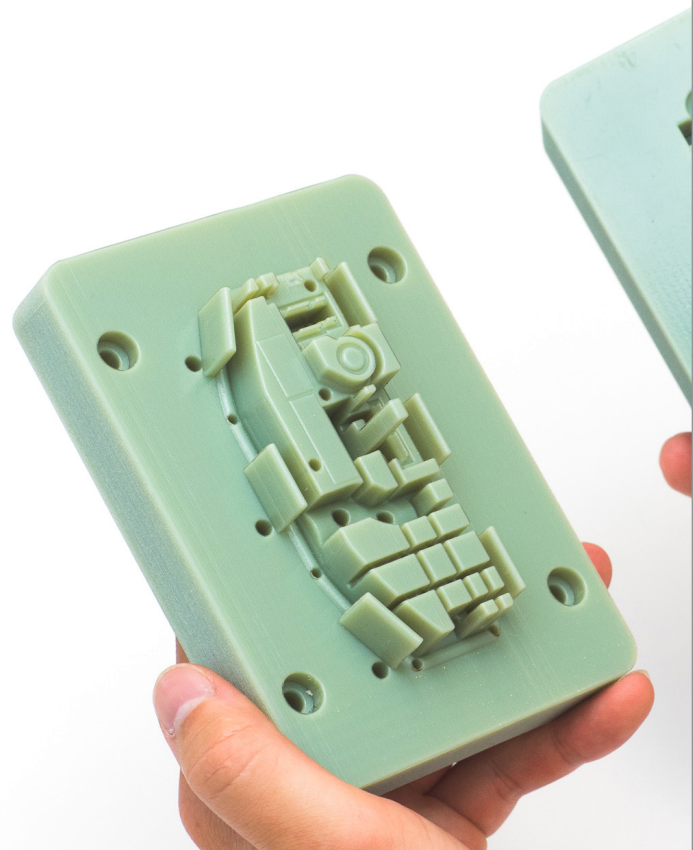
[formnext.com](http://formnext.com)

**Where ideas take shape.**

#formnext



# FUSION LASER SUR LIT DE POUDRE OU JET DE MATIÈRE, QUELLE TECHNOLOGIE CONVIENT LE MIEUX À LA PRODUCTION D'INSERTS DE MOULES PERSONNALISÉS ?



*Les services de moulage d'inserts sont l'un des principaux services proposés par les plateformes de fabrication numérique. Un tel service permet d'accélérer le cycle de développement des produits dans les secteurs de la médecine, de l'automobile, des produits de consommation et des composants électroniques. Le fait est que, bien que les opérateurs ne remettent plus en question la capacité des technologies de fabrication additive à produire un résultat beaucoup plus rentable que l'outillage et la fabrication de moules conventionnels, ils se demandent encore quelle technologie de FA convient le mieux à la production d'inserts de moules prototypes.*

L'essor de l'impression 3D a eu des répercussions non seulement sur la production de pièces d'usage final en tant que technologie de fabrication directe, mais aussi en tant que technologie de fabrication indirecte. Par exemple, la fabrication additive est parfois utilisée pour créer des moules en vue d'un moulage en uréthane ou en silicone. Dans d'autres circonstances, elle est utilisée pour créer des outils tels que des gabarits ou des montages qui améliorent les performances des cellules d'usinage. Cette capacité à créer des outils personnalisés pour les processus de fabrication traditionnels s'étend également au domaine du moulage par injection, où la technologie d'impression 3D est utilisée pour créer des inserts de moule d'injection personnalisés. Mais lorsqu'il s'agit de créer un

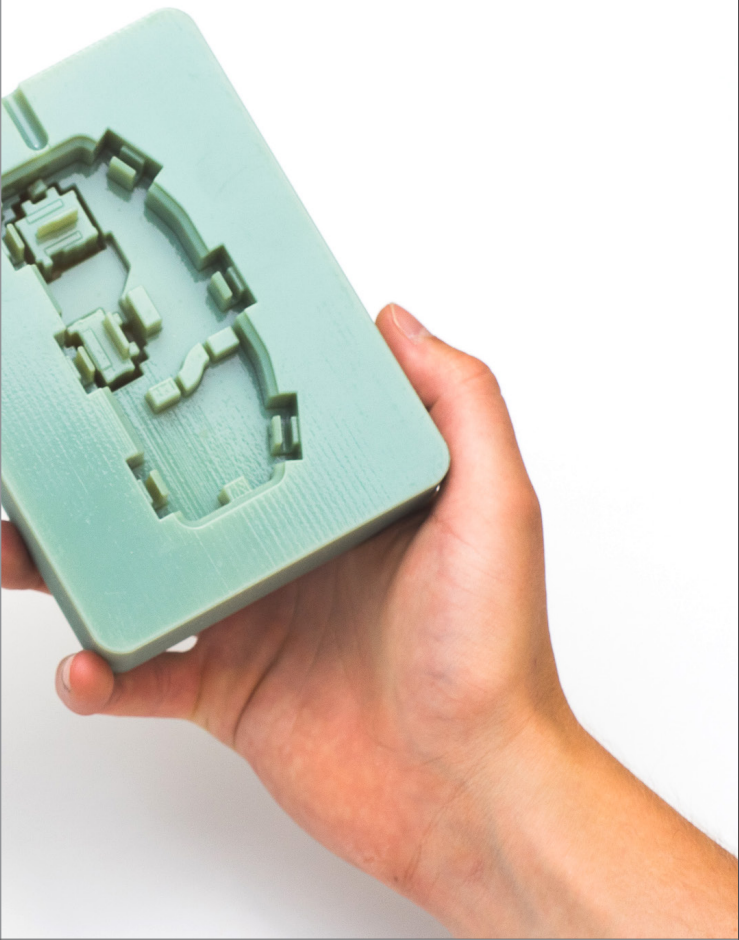
insert de moule personnalisé, quelle technologie est la meilleure ? Nous nous sommes entretenus avec quelques experts en fabrication numérique pour en savoir plus sur deux des technologies d'impression 3D les plus populaires utilisées pour cette application, le jet de matière et la fusion laser sur lit de poudre.

## **L'utilisation des technologies de fabrication additive pour la production d'inserts de moules**

Dans le but de répondre aux besoins de personnalisation de masse, les entreprises de FA ont exploré leurs processus de fabrication pour produire l'outillage utilisé dans le moulage par injection, avec des niveaux de réussite variés.



Image: 3DHubs - Un moule d'injection imprimé en 3D



« Théoriquement, n'importe quelle technologie de FA peut être utilisée. On pourrait immédiatement penser à l'impression 3D par extrusion qui est probablement la technologie la plus utilisée pour les prototypes, mais c'est probablement parce que c'est la technologie que les gens connaissent le mieux. Il n'y a aucune raison de ne pas utiliser le SLS, d'autres procédés à lit de poudre comme le faisceau d'électrons, ou même le jet de liant. Au bout du compte, ce sont les résultats obtenus qui comptent le plus », a déclaré d'emblée **Cullen Hilkene**, CEO de 3Diligent, à 3D ADEPT Media.

Jusqu'à présent, la plupart des applications qui ont été partagées par les entreprises ont été réalisées à l'aide des technologies DLP, SLA, Freeform Injection Moulding, SLS, DMLS / SLM, ainsi que PolyJet. Cependant, DMLS et PolyJet sont les technologies les plus largement mentionnées pour de telles applications, c'est pourquoi nous nous concentrerons uniquement sur ces deux technologies dans le cadre de ce dossier.

Cela dit, quelle que soit la technologie de FA utilisée, il faut noter que « traditionnellement, le moulage avec des inserts métalliques est réalisé dans le but de renforcer les propriétés



Cullen Hilkene, CEO de 3Diligent

mécaniques des inserts, de réduire le temps de cycle et d'obtenir des articles moulés avec une meilleure qualité esthétique/dimensionnelle. »

Par ailleurs, toujours selon les experts de ZARE, un autre objectif de fabrication consisterait à intégrer un article aux propriétés thermiques spécifiques, dans un moule réalisé avec un matériau différent.

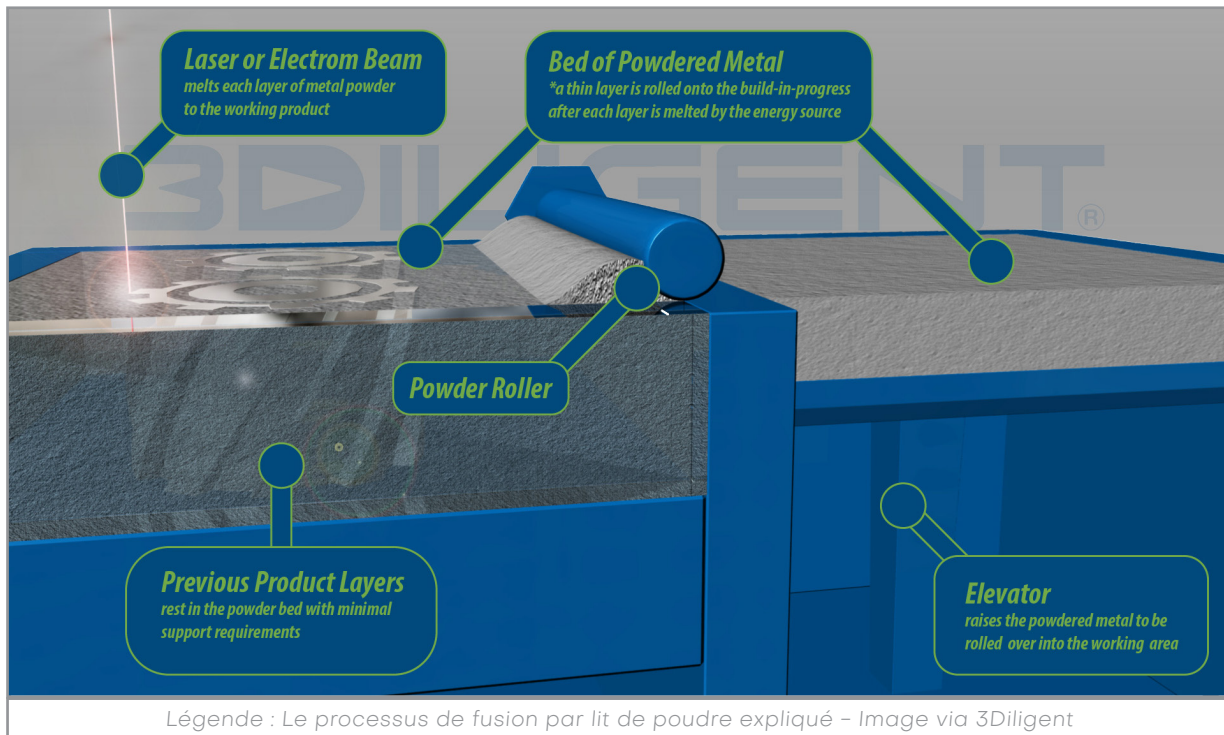
En outre, « une autre utilisation, plus critique, concerne la création de canaux de refroidissement particuliers et équidistants de la surface. Ces canaux de refroidissement permettent une plus grande dissipation de la chaleur dans l'unité de temps, avec pour conséquence une réduction de la durée du cycle de moulage et une réduction des déformations sur le produit fini, augmentant ainsi la qualité du produit final », ont-ils déclaré.

**Brève description de la DMLS (Direct Metal Laser Sintering) /fusion laser sur lit de poudre (LPBF = Laser powder bed fusion).**

Tout d'abord, notons que, même si la technologie DMLS est souvent utilisée de manière interchangeable avec la technologie Selective Laser Melting (SLM) ou LPBF, il convient de préciser que la technologie DMLS est une marque d'EOS, SLM, un terme introduit par l'Institut Fraunhofer en 1995, tandis que LPBF est le nom générique donné au processus de fabrication. C'est pourquoi l'appellation «**fusion laser sur lit de poudre**» sera celle utilisée dans ce dossier.

Effaçons toute confusion qui pourrait survenir ici : Le DMLS, qui signifie Direct Metal Laser Sintering, comporte le mot «Sintering» alors qu'en réalité, il fonctionne par fusion. Dans la même veine, le LPBF utilise le mot «Fusion» alors qu'on ne peut pas faire fondre un plastique, il faut le fritter.

Quoi qu'il en soit, pour ceux qui ne le connaissent pas, ce procédé de fabrication permet de produire des « pièces de forme nette et quasi nette directement à partir d'un fichier de dessin numérique avec des tolérances dimensionnelles inférieures à 0,1 mm » grâce à l'interaction entre un laser à haute énergie et une charge de poudre métallique.



Pendant le processus de fabrication, la machine remplit sa chambre de construction d'un gaz inerte, puis la chauffe à la température d'impression idéale. En fonction de l'épaisseur de la couche définie au préalable (généralement 0,1 mm d'épaisseur de matériau), une fine couche de poudre est appliquée sur la plate-forme de construction. Une fois que le laser à fibre optique (200/400 W) balaie la section transversale de la pièce, il permet la fusion des particules de métal entre elles. Une nouvelle couche de poudre est étalée sur la couche précédente à l'aide d'un rouleau. D'autres couches ou sections transversales sont fusionnées et ajoutées. Le processus est répété jusqu'à ce que la pièce imprimée en 3D soit complètement construite.

### Brève description de PolyJet/ Material Jetting

Le PolyJet est un procédé de fabrication qui fonctionne soit en continu, soit à la demande (**DOD = Drop on Demand**). Avec un processus similaire à celui d'une imprimante à jet d'encre bidimensionnelle, il fabrique des pièces en projetant des milliers de gouttelettes de photopolymère sur une plateforme de construction et en les solidifiant avec une lumière UV.

Dans les années 2000, **Objet-Geometries** a été la première entreprise à développer une imprimante 3D avec ce procédé, qu'elle a breveté sous le nom de PolyJet. Onze ans plus tard, en 2011, Stratasys a racheté Objet et, depuis lors, a élargi sa gamme de produits aux **solutions de jet de matière** (MJ = Material Jetting).

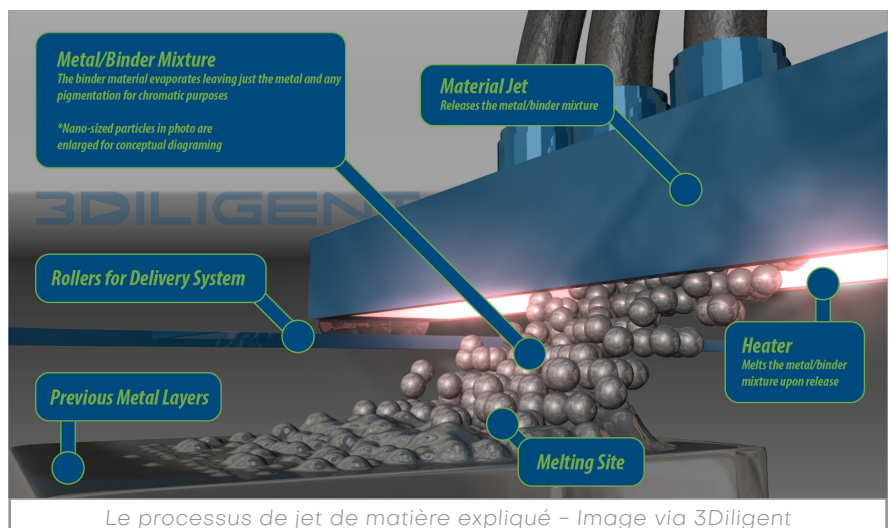
Aujourd'hui, le nom PolyJet reste associé aux imprimantes 3D de Stratasys. Cependant, Stratasys n'est pas la seule entreprise à développer des imprimantes 3D industrielles basées sur ce procédé, c'est pourquoi le terme «Material Jetting» sera utilisé dans cette démarche, car il désigne le nom général de ce procédé de fabrication.

Le processus d'impression commence par le versement de la résine photopolymère dans le conteneur de matériau. Cette résine doit être chauffée (entre 30 et 60 °C) afin d'atteindre la viscosité appropriée.

Lorsque le chariot de l'axe X commence

à se déplacer sur la plaque de construction, les têtes d'impression commencent à projeter sélectivement des centaines de minuscules gouttelettes de résine. Les sources de lumière UV suivent la trajectoire des têtes d'impression et durcissent instantanément la résine pulvérisée. Une fois qu'une couche entière est terminée, la plateforme de construction descend d'une couche en hauteur et le processus est répété jusqu'à ce que la pièce soit entièrement formée.

Avec les progrès technologiques, les fabricants de machines ont développé des imprimantes 3D dotées de plusieurs têtes d'impression afin de réaliser une impression multi-matériaux. Selon la machine utilisée, les imprimantes 3D multi-matériaux peuvent permettre l'utilisation d'un matériau de support dissoluble ou de plusieurs variétés ou couleurs de matériau fonctionnel.





En outre, au fil du temps, plusieurs types de technologies de projection de matériaux ont été développés afin de répondre aux divers besoins des industries. Il s'agit par exemple de procédés de projection de matériaux qui fonctionnent avec de la résine et des cartouches, de procédés de projection de matériaux qui fonctionnent avec de l'encre, de procédés de projection de matériaux qui fonctionnent avec de la cire et des cartouches ou même de procédés de projection de matériaux qui fonctionnent avec du métal et des cartouches.

« S'il est important de faire la distinction entre le jet de matière qui traite les métaux d'une part et les plastiques d'autre part, il convient de noter que les inserts de moule sont généralement fabriqués en métal », note Hilkenne.

Toutefois, cela ne signifie pas qu'il est impossible de produire un insert de moule en plastique. En fait, les technologies de FA susmentionnées qui peuvent être utilisées pour produire des inserts de moule incluent la FFF qui traite les matériaux plastiques. Il s'agit ici de comprendre ce qui explique le passage des procédés de fabrication traditionnels aux procédés de fabrication additive, puis le choix d'une technologie de FA spécifique plutôt qu'une autre.

Dans ce cas, bon nombre des difficultés traditionnelles de la conception pour le moulage par injection en métal se sont présentées dans la conception de l'outillage en plastique. Cependant, la plupart de ces problèmes sont souvent amplifiés en raison de la moins bonne finition de surface d'un moule imprimé en 3D par rapport à un moule métallique similaire, d'où le choix d'un processus de FA métallique pour cette production.

En outre, les recherches montrent que les inserts de moule en plastique imprimés en 3D ont révolutionné la fabrication des moules dans le secteur de la transformation des plastiques. Le faible coût des moules ainsi que la mise en œuvre rapide des modifications de conception ont séduit les utilisateurs au début, jusqu'à ce qu'ils se rendent compte que les résultats n'étaient pas toujours durables. En outre, en raison des températures plus élevées des matériaux et des pressions d'injection élevées, les cycles de fonctionnement des moules en plastique imprimés en 3D diminuent souvent. La recherche de solutions plus stables pour les petites séries et les quantités moyennes a conduit de nombreux fabricants à envisager des alternatives de FA métal.

## Pour la production d'inserts de moule, qu'est-ce qui fera pencher la balance en faveur de LPBF ou de MJ ?

Afin d'évaluer quelle technologie convient le mieux à la production d'inserts de moules, nous avons comparé ces deux technologies sur la base de cinq critères principaux : **la complexité de la géométrie, le post-traitement, le calendrier, le volume de production et les coûts.**



Image via ZARE - Inserts de moules

Cette analyse est principalement basée sur notre entretien avec **Cullen Hilkenne, CEO de 3Diligent**, une entreprise qui concrétise la fabrication numérique distribuée. Des contributions externes d'autres entreprises ainsi que des recherches ont également permis d'apporter l'évaluation la plus précise de ces processus.

### Complexité de la géométrie

Il va sans dire que certains produits sont faciles à fabriquer par moulage par injection en raison de leur conception simple à cavité unique et de leur taille. Cependant, ce n'est un secret pour personne que la FA est attrayante en raison de sa capacité à produire des géométries complexes, notamment des canaux de refroidissement complexes.

Selon **Hilkenne**, le procédé LPBF gagne un point ici, car la technologie convient au refroidissement de pièces aux formes complexes. Selon l'expert, le défi au niveau de la fabrication consiste à maintenir une température uniforme à la surface du moule pour refroidir la matière fondue chaude à l'intérieur de la cavité. Non seulement ce processus de refroidissement prend du temps, mais il entraîne souvent des coûts de production élevés. Pour dissiper la chaleur en un temps très court pendant le processus de fabrication, les ingénieurs doivent reconstruire le canal de refroidissement près de la surface de la pièce. Par rapport au fraisage traditionnel, le procédé LPBF apporte des améliorations significatives à ce niveau car il donne aux ingénieurs la possibilité de concevoir des géométries libres, en fondant couche sur couche des poudres métalliques, tout en assurant une dissipation régulière de la chaleur à travers la chambre.

### Post-traitement

Certaines technologies de FA ne nécessitent pas de post-traitement une fois l'étape de fabrication terminée. Dans ce cas précis, le procédé LPBF perd un point car la technologie « n'imprime pas toujours de manière aussi lisse que les autres procédés de fabrication, d'où la nécessité d'une étape de post-traitement à la fin du processus d'impression », note le CEO de 3Diligent.

En revanche, pour les applications où la résistance à l'usure n'est plus le facteur le plus critique, le **Material Jetting** est reconnu pour fournir des pièces imprimées en 3D avec une grande précision et un excellent état de surface.

### Temps, coûts et production en volume

Par rapport aux procédés de fabrication conventionnels qui prennent souvent plusieurs semaines, les deux procédés de FA permettent aux opérateurs de gagner du temps. Néanmoins, en comparant ces procédés LPBF et MJ, on constate que le LPBF est plus coûteux et nécessite plus de temps de production que le MJ.

Non seulement le processus de fabrication avec le procédé LPBF nécessite une étape supplémentaire de post-traitement – qui est déjà considérée comme l'étape la plus coûteuse du processus de production global –, mais parfois, la production d'inserts de moule doit répondre à des solutions spécifiques au client qui ne peuvent être définies à l'avance.

En ce qui concerne le volume, l'une des premières étapes au niveau de la production consiste généralement à déterminer si un moule va

être utilisé pour fabriquer 30 ou 30 000 pièces. Une fois les prototypes approuvés, les procédés de fabrication conventionnels deviennent généralement l'option idéale pour la production en série. Néanmoins, entre les deux procédés de fabrication que nous analysons aujourd'hui, on constate que le Material Jetting convient mieux à la production de moules à faible tirage.

### Alors, que devons-nous garder à l'esprit ?

Le tableau ci-dessous donne un aperçu des éléments qui ont été évalués pour comparer le LPBF et le MJ pour la production d'inserts de moule.

Technologies/ Critères d'analyse	Principal processus concurrentiel dans la gamme traditionnelle	Complexité de la géométrie	Post-traitement	Temps	Coûts	Production de volume
Fusion laser sur lit de poudre	Fraisage traditionnel	Idéal pour les formes complexes	Étape supplémentaire de post-traitement	Plus de temps de production	Coûteux par rapport au procédé MJ	Production en gros volume
Jet de matière		Excellents résultats précis	Pas d'étape de post-traitement intensif	Réduction du temps de production par rapport au LPBF	Moins cher que le LPBF	Idéal pour les moulages à faible tirage

### Et maintenant ?

Nous ne pouvons pas dire avec certitude que les défis entourant la conception des outils dans les industries de moulage par injection seront tous relevés dans un avenir proche. Cependant, on peut témoigner des différents procédés de fabrication qui permettent aujourd'hui de produire un outil aux géométries complexes, « avec des dimensions précises, une alimentation en matière dans la cavité, des canaux de refroidissement et une éjection facile de la pièce solidifiée ».

Deux de ces technologies ont été évaluées aujourd'hui. Ce que nous retiendrons, c'est que les inserts de moule imprimés en 3D peuvent être produits dans des délais rapides (1 à 2 semaines, contre 5+ semaines avec le fraisage traditionnel). Plus important encore, les technologies de FA sont idéales pour les conceptions de moules où des changements ou des itérations sont probables, pour les pièces relativement petites (moins de 150 mm) et pour les faibles quantités produites.

Malgré ces avancées au niveau de la production, il faut noter que nous ne savons pas toujours si, oui ou non, ces pièces imprimées en 3D sont mises sur le marché en tant que produit autonome ou en tant que partie d'une structure plus importante. Sans compter qu'il n'existe aucune indication claire du cycle de vie d'un moule imprimé en 3D.

### Contributions et ressources

**3Diligent** est le principal contributeur qui a été invité dans ce dossier exclusif. Basée en Californie (États-Unis), cette société est un fournisseur de services de fabrication numérique en réseau dont le portefeuille technologique comprend, entre autres, l'impression 3D, l'usinage, le moulage et le moulage par injection. Il nous semble intéressant de nous appuyer sur son expertise dans un large éventail de processus de production, pour comprendre la production d'inserts de moules avec Material Jetting et LPBF. Il est intéressant de noter que, lorsqu'on lui demande quelle technologie de fabrication ses opérateurs utilisent le plus pour la production d'inserts de moule, **Cullen Hilken**, CEO, répond qu'ils sont « guidés par les circonstances de la fabrication. Cependant, pour la plupart des cas d'utilisation, l'usinage reste l'option la plus intéressante économiquement, pour produire des volumes massifs. » Enfin, 3Diligent est également connu pour son logiciel propriétaire ProdEX, qui permet aux industriels de soumettre un appel d'offres par le biais d'un portail sécurisé basé sur le cloud afin de recevoir des offres de projet de la part de fabricants préqualifiés en matière d'impression 3D, d'usinage CNC, de moulage et de moulage par injection.

Les autres ressources comprennent :

- Contribution des experts de [ZARE](#).
- « Using Additive Manufacturing to Produce Injection Moulds Suitable for Short Series Production », un rapport de Conor Whleana & Dr. Con Sheahanb de la School of Engineering, University of Limerick, Limerick, Irlande.
- Couverture médiatique sur [www.3dadept.com](http://www.3dadept.com)



# Gas-Atomized Titanium Powder

# TILOP

## Titanium Low Oxygen Powder



OTC has been producing titanium powder since 1991. The manufacturing process employs the gas atomization method, which is the most suitable for mass production. As one of the largest manufacturers of aerospace grade titanium sponge, we provide a stable supply high quality titanium powder that meets all your requirements.

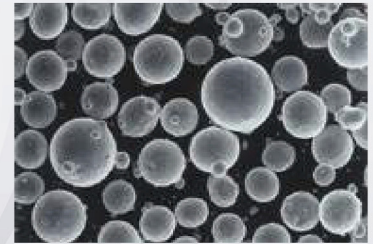
### Possible powder for production

- CP Titanium
- Ti-6Al-4V, Ti-6Al-4V ELI
- Trially produced other alloys (e.g. Ti-Al Alloys, Ti-6Al-7Nb)

### Markets & Applications

- Additive Manufacturing (AM)
- Metal powder Injection Molding (MIM)
- Hot Isostatic Pressing (HIP)
- Others

Appearance



OSAKA Titanium technologies Co.,Ltd.

URL <https://www.osaka-ti.co.jp/>

Contact Address High-performance Materials Sales and Marketing Group  
Tokyo Office / Sumitomo Hamamatsucho Building 8F, 1-18-16 Hamamatsucho, Minato-ku, Tokyo 105-0013, Japan  
Tel:+81-3-5776-3103, Fax:+81-3-5776-3111 E-mail: TILOP@osaka-ti.co.jp

engineered  
and made  
in Germany



# solukon

## Pioneer and Technical Leader of Automated Powder Removal

- Reproducible cleaning results
- Certified protection against hazardous & explosive metal dust
- Completely inert material handling
- Collection of residual powder for reuse
- Time saving up to 90%
- Unique Smart Powder Recuperation Technology SPR®
- Ready for OPC-UA

[solukon.de](http://solukon.de)

# SPACS ET IPOS : EFFET DE MODE OU RÉEL INTÉRÊT POUR LES ENTREPRISES DE FABRICATION ADDITIVE?



**Une tentative de compréhension du monde boursier dans lequel les entreprises de fabrication additive (FA) s'engouffrent.**

Même si la pandémie de Covid-19 a accéléré l'utilisation de la FA dans divers domaines de fabrication, il convient de noter qu'au-delà de ces industries, il existe des marchés financiers qui sont souvent liés de manière vitale aux performances économiques. En effet, l'influence du développement financier sur la croissance économique est l'une des questions de recherche les plus difficiles que les macroéconomistes et les économistes financiers ont eu et ont encore à discuter. Pourtant, la réalité de notre secteur révèle que le nombre de sociétés de gestion d'actifs qui s'introduisent en bourse par le biais de fusions avec des sociétés d'acquisition à vocation spécifique (**Special Purpose Acquisition Companies = SPACs**) plutôt que par des introductions en bourse classiques (**Initial Public Offerings = IPOs**) est de plus en plus élevé.

- Comment fonctionnent les SPACs ?
- Pourquoi les sociétés de FA préfèrent-elles des entrées

en bourse via des SPACs plutôt que des introductions en bourse ?

- Et l'appel à rester prudent...

27 août 2020. La société de fabrication additive **Desktop Metal** est devenue la première entreprise de ce secteur de niche à annoncer son accord pour une fusion inversée avec la société d'acquisition à vocation spécifique (SPAC) **Trine Acquisition Corp** et la société mondiale d'investissement en crédit **HPS Investment Partners** ; une annonce qui a été officiellement scellée et confirmée en décembre 2020.

Dans le sillage de Desktop Metal, d'autres sociétés de fabrication additive suivent la voie des «SPACs» pour accéder au marché boursier. La première observation qu'on peut faire est que, au-delà de la tendance à l'introduction en bourse des SPAC, ces mécanismes se révèlent être une opportunité de financement pour les sociétés de FA qui empruntent ces voies.

Sociétés de FA	SPAC	Valeur projetée post-SPAC	Levée de fonds prévue
Desktop Metal	Trine Acquisition Corp	2,5 milliards \$	575 millions \$ (levés)
Markforged	one	2,1 milliards \$	425 million \$
VELO3D	JAWS Spitfire Acquisition Corp.	1,6 milliard \$	500 millions \$
Shapeways	Galileo Acquisition Corp.	410 million \$	195 millions \$ de Galileo et 75 millions \$ d'un investissement privé dans le capital public (PIPE).
Rocket Lab - Introduction en bourse prévue pour le second semestre 2021	Vector Acquisition Corporation	4,1 milliards \$	320 millions \$ de Vector Acquisition et 470 millions \$ d'un PIPE.
Fathom	Altimar Acquisition Corp.	1,5 milliard \$	80 million \$
Bright Machines (Entreprise de logiciels) - Introduction en bourse prévue pour le second semestre 2021	SCVX Corp. (NYSE: SCVX)	1,6 milliard \$	Jusqu'à 435 millions \$
Redwire Space - Introduction en bourse prévue pour le second semestre 2021	Genesis Park (NYSE: GNPX)	615 million \$	N/A
Fast Radius - Introduction en bourse prévue pour le 4ème trimestre 2021	ECP Environmental Growth Opportunities Corp.	1,4 milliard \$	345 million \$

Toutefois, en dehors de la tendance SPAC, il faut féliciter les sociétés de FA qui sont entrées en bourse sans fusion avec une société tierce.

Société de FA	Marché boursier	Prix de l'action IPO	Valorisation à l'introduction en bourse	Expertise
Massivit 3D (MSVT)	Tel Aviv Stock Exchange (TASE)	870\$	203.6 million\$	Fabricant de systèmes d'impression 3D à grand volume
MeaTech 3D (MITC)	NASDAQ	10.30\$	1.1 billion\$	Une start-up de technologie alimentaire spécialisée dans la production de viande de culture imprimée en 3D
Norsk Titanium (NTI)	Euronext Growth Oslo Exchange	1.19\$	326.3 million\$	Producteur de pièces structurales en titane de qualité aérospatiale, imprimées en 3D
Xometry (XMTR)	NASDAQ	44\$	2 milliards \$	Marché en ligne fondé sur l'IA pour la fabrication à la demande
Freemelt (FREEM)	Nasdaq Stockholm AB.	1.15\$	9 806 569 \$	Fabricant d'imprimantes 3D métal
Rokit Healthcare (expected for H2 2021)	Korean Stock Exchange	A annoncer	A annoncer	Entreprise de bio-impression 3D

### Mais qu'est-ce qu'une SPAC et comment fonctionne-t-elle ?

« Généralement, une SPAC est formée par une équipe de gestion expérimentée ou un sponsor avec un capital investi nominal, se traduisant généralement par une participation d'environ 20 % dans la SPAC (communément appelée 'parts de fondateur'). Les 80 % restants sont détenus par des actionnaires publics par le biais d'«unités» offertes lors d'une introduction en bourse des actions de la SPAC. Chaque unité est constituée d'une action ordinaire et d'une fraction d'un warrant (par exemple, 1/2 ou 1/3 d'un warrant – bon d'option -) », peut-on lire dans un [rapport](#) de PwC.

Cela signifie que **ces sociétés n'ont pas d'opérations ou de plan d'affaires autre que l'acquisition d'une société privée, permettant ainsi à cette dernière d'entrer en bourse rapidement.**

En ce qui concerne les actions, il convient de noter que les parts de fondateur et les parts publiques présentent des droits de vote similaires. Toutefois, les parts de fondateur ont le droit exclusif d'élire les administrateurs de la SPAC. Les détenteurs de warrants n'ont généralement pas de droit de vote et seuls les warrants entiers sont exerçables.

En outre, comme nous l'avons mentionné précédemment, les sociétés privées qui empruntent la voie de la fusion « SPAC » bénéficient souvent d'une opportunité de financement.

**Helen Boyle et William Samengo-Turner**, associés principaux du cabinet d'avocats Allen & Overy LLP, expliquent : « Les SPACs offrent aux jeunes entreprises technologiques à croissance rapide qui recherchent une cotation une alternative à l'introduction en bourse traditionnelle. Beaucoup d'entre elles n'ont pas les références d'un candidat à l'introduction en bourse traditionnelle, et ne sont peut-être pas en mesure de présenter le type d'antécédents financiers et opérationnels à long terme qu'on attend traditionnellement d'une introduction en bourse réussie. Elles peuvent en être aux tous premiers stades de leur développement, à la recherche de moyens de financer les programmes de recherche et de développement dont dépend leur succès futur, et sont certainement susceptibles d'être en situation de pré-bénéfice et, dans certains cas, de pré-revenu (ce qui est inhabituel pour une IPO traditionnelle). »

**Pourquoi les sociétés de FA préfèrent-elles les fusions SPACs aux IPOs ?**

Selon les experts financiers, les entreprises technologiques sont actuellement la cible privilégiée de la plupart des SPACs. Il est intéressant de noter que l'attraction va dans les deux sens, car les sociétés technologiques de gestion d'actifs à forte croissance recherchent également un moyen d'entrer en bourse.

Une autre façon d'expliquer cette attraction peut être le fait que la FA étant dès le départ une technologie perturbatrice, les fondateurs et les cadres qui sont au cœur de ces entreprises sont susceptibles d'être attirés par des mécanismes inhabituels mais perturbateurs comme les fusions de SPAC, pour entrer en bourse.

Tout comme les processus de fabrication conventionnels sont décrits comme longs et coûteux dans certains cas, les entreprises de FA pourraient voir dans les mécanismes des SPAC un



**processus rapide et économique.**

Les experts de PwC expliquent que le cycle de vie d'une SPAC peut se dérouler sur une période de 24 mois pour réaliser une fusion.

« Après l'introduction en bourse, le produit de l'émission est placé sur un compte en fiducie et la SPAC dispose généralement de 18 à 24 mois pour identifier et réaliser une fusion avec une société cible, ce qu'on appelle parfois le désapprovisionnement de la SPAC. Si la SPAC ne réalise pas de fusion dans ce délai, elle est liquidée et le produit de l'introduction en bourse est

restitué aux actionnaires publics.

Une fois qu'une société cible est identifiée et qu'une fusion est annoncée, les actionnaires publics de la SPAC peuvent alternativement voter contre la transaction et choisir de racheter leurs actions. Si la SPAC a besoin de fonds supplémentaires pour réaliser une fusion, elle peut émettre des titres de créance ou des actions supplémentaires, par exemple dans le cadre d'une opération d'investissement privé dans le capital public (**private investment in public equity =**

**PIPE**) », soulignent-ils.

C'est pourquoi, « en vertu des règles qui les régissent [voir le tableau ci-dessous], les SPACs doivent identifier les entreprises avec lesquelles ils peuvent fusionner dans les 24 mois suivant la levée de fonds, faute de quoi ils seront liquidés et le produit de l'introduction en bourse sera restitué aux investisseurs », note **Ivana Naumovska**, maître de conférences à l'INSEAD, une école de commerce dont les campus se trouvent en France, à Abu Dhabi et à Singapour.

Si les avantages semblent très attrayants pour les entreprises privées, il convient de noter que ce processus comporte également son lot d'inconvénients. Le tableau ci-dessous présente une liste d'avantages et d'inconvénients que les entreprises doivent connaître. Cette liste a été établie en comparaison avec les avantages et inconvénients de l'introduction en bourse :

Introduction en bourse avec une SPAC - avantages	L'introduction en bourse avec une SPAC : les inconvénients
<p>Une exécution plus rapide qu'une introduction en bourse</p> <p>« Une fusion SPAC se fait généralement en 3 à 6 mois en moyenne, alors qu'une introduction en bourse prend généralement 12 à 18 mois. »</p>	<p>Dilution de l'actionnariat : « Les sponsors de la SPAC détiennent généralement une participation de 20 % par le biais de parts de fondateur ou de « promoteurs », ainsi que de bons de souscription pour l'achat d'autres actions. Les sponsors de la SPAC bénéficient également d'une composante 'earnout', qui leur permet de recevoir davantage d'actions lorsque le cours de l'action atteint un objectif spécifique sur une certaine période, ce qui pourrait entraîner une dilution supplémentaire. »</p>
<p>Découverte du prix à l'avance : Le prix de votre introduction en bourse dépend des conditions du marché au moment de l'inscription, alors que vous négociez le prix avec la SPAC avant la clôture de la transaction - ce qui est beaucoup plus avantageux sur un marché volatil.</p>	<p>Manque de capital dû à un rachat potentiel : Les investisseurs initiaux de la SPAC peuvent racheter leurs actions. Si les rachats dépassent les attentes, la disponibilité des liquidités devient incertaine et oblige les SPACs à obtenir une opération d'investissement privé dans le capital public pour combler le déficit qui en résulte.</p>
<p>Opportunité de financement</p>	<p>Délai comprimé pour la préparation de la société publique : Même si le sponsor du SPAC peut offrir son aide pendant le processus de fusion, la société cible prend généralement en charge la préparation des données financières requises dans les dépôts de la SEC et la mise en place des fonctions de société publique, telles que les relations avec les investisseurs et les contrôles internes, dans un délai beaucoup plus court que lors d'une introduction en bourse.</p>
<p>Moins de ressources marketing : « Une fusion SPAC n'a pas besoin de susciter l'intérêt des investisseurs dans les échanges publics avec un roadshow étendu (bien que la levée de 'PIPE' implique des roadshows ciblés). »</p>	<p>Diligence financière effectuée à une échelle plus réduite : Le processus SPAC n'exige pas la diligence raisonnable rigoureuse d'une introduction en bourse traditionnelle, ce qui pourrait entraîner des redressements potentiels, des entreprises mal évaluées ou même des poursuites judiciaires.</p>
<p>Accès à l'expertise opérationnelle : Les entreprises privées (de la FA) peuvent bénéficier de l'expérience de leurs sponsors SPAC en matière de finances et de gestion.</p>	<p>Absence de prise ferme et de lettre de confort : Dans le cas d'une introduction en bourse traditionnelle, le souscripteur s'assure que toutes les exigences réglementaires sont respectées, mais comme une SPAC est déjà public, la société cible n'a pas de souscripteur.</p>

**Source:** Pourquoi les entreprises choisissent les SPACs plutôt que les IPOs ? - Le point de vue de John Lambert, associé, Services consultatifs comptables, KPMG.



## Nous ne sommes qu'à la moitié de l'année... soyez prudents.

Nous n'en sommes qu'au milieu de l'année et 2021 a déjà vu des évaluations massives de sociétés nouvellement cotées en bourse, des sociétés qui n'opèrent pas uniquement dans le domaine de la FA. Quelle que soit la voie qu'elles empruntent (SPAC ou IPO), le principal avantage de l'introduction en bourse pour les sociétés de FA est le potentiel de croissance exponentielle de leur entreprise avec des liquidités dont elles ont grand besoin.

Si nous applaudissons les sociétés de FA qui ont choisi cette voie, nous ne pouvons nous empêcher de craindre une « crise des IPO ». Loin de nous l'idée d'être des oiseaux de mauvais augure, mais le fait est qu'il y a eu un moment où l'intérêt pour les technologies a connu un pic et une chute au milieu des années 2010.

Lorsqu'on lui a demandé si cela pourrait se produire avec les technologies de FA, **Arno Held**, associé directeur d'**AM Ventures Management GmbH**, n'a pas pu et n'a pas su fournir une réponse définitive, mais reste néanmoins

encourageant :

« Notre planète et notre société sont confrontées à d'énormes défis. Si nous voulons faire la transition vers une civilisation durable, nous devons adapter notre comportement écologique et économique. Changer notre consommation signifie que les produits doivent changer, ce qui signifie que la production doit changer. Nous devons éviter les déchets, augmenter la durée de vie des produits et réduire les distances que les produits doivent parcourir en tant que biens physiques. Tous ces défis sont relevés par la fabrication numérique en général et les technologies de fabrication additive en particulier.

Sur le radar technologique d'**AM Ventures**, qui a identifié plus de 600 start-ups de fabrication additive rien qu'en 2021, on constate que la moitié des entreprises de fabrication additive fondées cette année sont des entreprises d'application. Il s'agit d'une tendance entièrement nouvelle depuis que nous avons commencé

à suivre les activités des startups il y a plus de 7 ans et cela signifie que nous avons enfin appris à utiliser les technologies de FA et à les appliquer afin de révolutionner la façon dont les produits sont développés, produits et distribués.

Bien sûr, les marchés évoluent selon des cycles qui sont parfois baissiers et parfois haussiers. Mais la tendance générale est très encourageante et nous ne sommes qu'au début de l'ère de la fabrication numérique ».

Par ailleurs, un autre point essentiel que nous garderons à l'esprit est que, même si ces entreprises cotées en bourse bénéficient de liquidités « suffisantes » pour financer leurs opérations et assurer leur croissance future, on ne peut légitimement pas dire que les acquisitions SPACs garantissent la rentabilité ou le succès d'une entreprise.

Comme le dit Held, « la rentabilité et le succès ne sont jamais acquis dans les affaires. Ils sont plutôt le résultat d'un travail extrêmement dur

sur le bon marché, au bon moment, avec un modèle d'entreprise solide et réalisé par la bonne équipe de personnes. Néanmoins, tous ces facteurs ne peuvent qu'augmenter les chances de réussite, mais ne pourront jamais garantir à 100% le succès. »

Une chose est certaine, la FA commence à faire parler d'elle sur les marchés boursiers. Ce nouvel intérêt ne s'estompera pas de sitôt. Donc, si vous êtes une société cotée en bourse, ne perdez pas de vue votre vision et utilisez les liquidités à bon escient, si vous n'êtes pas une société cotée en bourse, profitez du battage médiatique qu'elle apporte continuellement à la technologie de FA en général, et faites-en votre meilleure affaire. Dans tous les cas, la progression des applications de prototypage précoce vers la production (de masse) d'utilisation finale devient de plus en plus tangible.



# TruForm™ Metal Powders

Make the future with proven  
powders created by Praxair

**TruForm™** metal powders support every part you make with capacity, quality and experience.

- Used by leading OEMs in aerospace, medical, energy and industrial markets
- Custom alloys and particle sizing available
- ISO 9001, ISO 13485 and AS9100 certified

Now Available:

Tru**2Spec** 

The leading precision powder formulation process for OEMs looking to go beyond conventional powders.

**Co**

**Cu**

**Fe**

**Ni**

**Ti**

A Linde company

**PRAXAIR**  
SURFACE TECHNOLOGIES

**Learn more:** [praxairsurfacetechologies.com/am](https://praxairsurfacetechologies.com/am)

**Contact us:** Praxair Surface Technologies GmbH  
Am Mühlbach 13, 87487 Wiggensbach  
Germany  
Tel: +49 (0) 8370 9207 0  
Fax: +49 (0) 8370 9207 20  
Email: [AME.Europe@linde.com](mailto:AME.Europe@linde.com)



# The Leader in Additive Manufacturing



Scan QR code to  
take a **Video Tour of the LSAM**

LSAM Project Manager, Scott Vaal, takes you on an informative tour of the Thermwood LSAM. A complete system that can both print to near net shape and then machine the print to its net shape. LSAM is by far the fastest way to 3D print large tools or parts.

# THERMWOOD

[www.thermwood.com](http://www.thermwood.com) 800-533-6901

MADE IN USA 



# COMMENT ET POURQUOI DESKTOP METAL A-T-ELLE CONSTITUÉ UN PORTEFEUILLE DE PLATES-FORMES “FA 2.0”?

**Le parcours de Desktop Metal est marqué par de grandes ambitions : une solide stratégie en matière de matériaux, des objectifs clés en matière de performance des processus et un plan intrigant pour devenir plus qu'un simple bureau de services d'impression.**

En 2020, **Desktop Metal** (DM) a annoncé son intention de s'introduire en bourse par le biais d'une société d'acquisition à vocation spécifique (SPAC – special purpose acquisition company) avec Trine Acquisition Corp et la société d'investissement en crédit HPS Investment Partners, et l'a confirmé juste avant de dire au revoir à cette année extraordinaire. Personne n'aurait alors pensé que cette seule action de la licorne de la fabrication additive entraînerait une vague de transactions SPAC-IPO dans le secteur. Pourtant, depuis cette introduction en bourse, le parcours de Desktop Metal a évolué en termes d'organisation structurelle, de processus, d'applications de fabrication, et de vision globale. Pour cette Interview du mois, 3D ADEPT Media a rencontré Arjun Aggarwal, Chief Product Officer, pour discuter du parcours de l'entreprise qui a dédié son corps business à la FA 2.0.

**Desktop Metal** a été fondée en 2015 avec un seul objectif : faire de l'impression 3D un outil essentiel pour les ingénieurs et les fabricants du monde entier. Avec des solutions pour chaque étape du processus de fabrication – du prototypage et des séries pilotes à la production de masse et aux pièces de rechange – Desktop Metal a investi des kilomètres supplémentaires pour transformer la façon dont les équipes d'ingénieurs travaillent au sein d'une même organisation ou entre différentes organisations, et fabriquent des composants métalliques et composites dans un large éventail d'applications et d'industries.

Chaque entreprise, à un moment ou à un autre de son parcours, subit une transition ou un changement afin de rester viable et évolutive. Qu'il s'agisse de l'embauche de nouveaux employés, de l'ouverture d'un nouveau département ou d'une fusion avec une autre entreprise, ces changements peuvent avoir un impact considérable sur sa trajectoire.

Dans le cas de Desktop Metal, l'entreprise a fait de grands progrès depuis qu'elle a désactivé le mode furtif en avril 2017. Qu'il s'agisse d'être l'entreprise la mieux financée de l'industrie – avec un total de 438 millions de dollars, tous tours de financement confondus avant sa fusion –, du nombre de produits qu'elle développe pour l'industrie et des partenariats qu'elle a signés pour faire progresser des domaines clés de la technologie, on peut dire que Desktop Metal a eu plusieurs raisons de se réjouir.



**Arjun Aggarwal**

*Chief Product Officer, Desktop Metal*

Néanmoins, le tournant de ce parcours s'est produit l'année dernière lorsque la société est officiellement devenue une entreprise cotée en bourse. L'introduction en bourse a marqué le début d'une nouvelle ère : la **fabrication additive 2.0**, que Desktop Metal a inventée. Comme nous le savons tous, le terme «2.0» est toujours utilisé pour désigner une version supérieure ou plus avancée d'un concept, d'un produit, d'un service, etc. original. Et notre entreprise invitée aujourd'hui voulait que l'industrie soit consciente de ce point d'inflexion.

En fait, Aggarwal définit aujourd'hui l'entreprise comme une organisation de fabrication additive 2.0 qui se concentre «sur des solutions permettant la production en volume de pièces par voie additive, qui concurrencent la fabrication conventionnelle de manière rentable».

« Cet objectif est indifférent au matériau et au processus d'impression – il s'agit plutôt de développer les bonnes plates-formes, les bonnes solutions et les bonnes capacités pour nos clients, afin de produire des pièces de haute performance à des coûts compétitifs, quelle que soit l'application. C'est vraiment la prochaine frontière de la fabrication additive et c'est notre objectif à 100%. Nous y parvenons par le biais de diverses plates-formes technologiques, en tirant parti d'un éventail de technologies, y compris le jet de liant du côté du métal et l'excellente technologie DLP grâce à notre acquisition d'EnvisionTEC du côté du polymère. Nous prenons en charge l'impression 3D du sable et du bois par le biais de plusieurs de ces plates-formes également, dont la plupart permettent une performance supérieure en termes de prix par rapport à nos pairs, afin d'aider nos clients à produire des pièces par FA de manière économique et dans des volumes plus importants qui

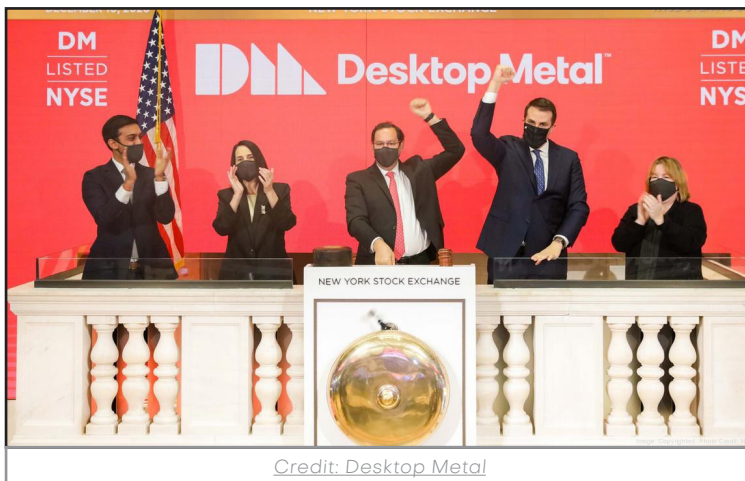
n'étaient auparavant pris en charge que par la fabrication conventionnelle. Sur ces plateformes, nous avons qualifié plus de 225 matériaux dans les domaines suivants : métaux, composites, polymères, élastomères, céramiques, bois, sable et matériaux biocompatibles. Nous essayons vraiment de construire un portefeuille de plates-formes de FA 2.0 afin de pouvoir répondre à un large éventail d'applications », ajoute-t-il.

**Alors, comment Desktop Metal a-t-elle construit un portefeuille de plates-formes de FA 2.0 ?**

### L'aventure de Desktop Metal

Ce voyage commence avec Ric Fulop, un homme d'environ 46 ans et (d'après la dernière fois que nous l'avons entendu) originaire d'un pays de l'Amérique du Sud. Avec un groupe d'experts en science des matériaux, en ingénierie et en impression 3D (Jonah Myerberg, Ely Sachs, Rick Chin, John Hart, Christopher A. Schuh et Yet-Ming Chiang), leur première étape dans la refonte de la fabrication a été de développer un système d'impression 3D métal de bureau que nous connaissons tous : le Studio System.

Conçu pour produire de faibles volumes de pièces imprimées en 3D métal, les premières expéditions de cette machine d'environ 120 000 \$ ont eu lieu en 2018, parallèlement à l'introduction et à la première commercialisation du Production System, l'un des premiers systèmes à jet de liant à être équipé d'un environnement inerte industriel intégrant le recyclage des gaz et la récupération des solvants pour l'impression sécurisée de métaux réactifs. Avec un volume de construction de 750 x 330 x 250 mm, et un système bidirectionnel qui permet une impression haute résolution jusqu'à 12 000 cm<sup>3</sup>/h - ce qui signifie la capacité de produire plus de



Credit: Desktop Metal

60 kg de pièces métalliques par heure - cette imprimante 3D industrielle est jusqu'à présent l'imprimante 3D à jet de liant la plus rapide que nous ayons vue sur le marché.

Avec ces produits phares, l'entreprise a consolidé sa position dans l'industrie manufacturière internationale, en vendant ses produits à l'armée, à l'industrie automobile et à d'autres secteurs allant des appareils médicaux aux vêtements.

Toutefois, l'avancée de l'entreprise sur le marché de l'impression 3D métal s'inscrit dans un contexte où les entreprises prennent de plus en plus conscience du potentiel de la fabrication numérique et se ruent sur les secteurs les plus prometteurs. Pour les fabricants de machines avisés, il ne suffit plus de développer une expertise dans un seul domaine, il devient crucial de pouvoir diversifier au maximum son offre afin de maintenir une position de leader sur un marché où les startups de l'impression 3D pullulent. Sans compter que les sociétés de FA font de leur mieux pour évoluer dans des secteurs qui comparent continuellement les sociétés de FA aux processus de fabrication conventionnels.

Alors que le domaine du prototypage rapide et de la production par impression 3D de simples gabarits et montages touchait à sa fin, la concurrence est arrivée et a rendu le jeu plus intéressant. Des acteurs comme GE et HP ont proposé d'autres procédés de fabrication FA, sérieux mais intrigants, tandis





qu'au niveau de la réglementation, l'ASTM a normalisé sept procédés de fabrication additive. Et ce n'était que le côté machines de l'iceberg. Tout au long de la chaîne de valeur, les entreprises ont démontré la nécessité de prêter attention aux matériaux, aux logiciels et aux domaines de post-traitement afin de rendre l'ensemble de la production de FA digne de ce nom.

«De manière générale, notre stratégie de croissance s'articule autour de la mise en place de trois piliers clés de l'activité : les imprimantes, les matériaux et les pièces. En ce qui concerne les imprimantes ou les plates-formes d'impression, nous voulons disposer d'un large éventail de technologies qui nous permettent de concurrencer de manière rentable la fabrication conventionnelle dans toute une série d'applications», déclare le CPO.

Si on doit reconnaître la capacité de cette licorne à attirer l'argent, il convient de noter que pour construire ces trois piliers, il a fallu plus d'argent et de temps. Lorsque la pandémie de coronavirus a frappé, de nombreuses entreprises ont déposé le bilan, mais Desktop Metal a non seulement pu survivre à cette crise, mais s'est assuré une opération furtive bien financée mais super secrète (575 millions de dollars) grâce à sa fusion SPAC avec Trine Acquisition Corp.

Heureusement pour l'organisation américaine, l'introduction en bourse n'a pas changé grand-chose à son équipe de direction. **Elle a permis de gagner du temps car la première étape de la construction de ces piliers a consisté à augmenter son portefeuille de technologies et à recentrer sa vision sur des segments clés.**

#### **Faire évoluer son entreprise avec d'autres entreprises**

Pour accroître son portefeuille de technologies, Desktop Metal a successivement acquis **EnvisionTEC**, **Adaptive3D**, **Aerosint** et plus récemment **ExOne**.

Outre le fournisseur de résine polymère Adaptive3D et l'acquisition d'ExOne, qui sera bientôt confirmée, chacune de ces entreprises permet à Desktop

Metal de faire ses débuts dans un nouveau domaine de l'industrie de la fabrication additive.

«Nous avons recruté Al Siblani dans le cadre de l'acquisition d'EnvisionTEC, qui supervise notre feuille de route pour les produits photopolymères et nos efforts de développement. Al travaille en étroite collaboration avec Mike Jafar, que nous avons recruté pour diriger notre nouvelle activité Desktop Health – un groupe au sein de Desktop Metal qui se concentre sur le développement et la commercialisation de solutions destinées spécifiquement aux marchés de la santé et des soins dentaires. La segmentation de cette activité permet au reste de la société de se concentrer sur les marchés finaux industriels et de consommation tels que l'automobile, les produits de consommation, le pétrole et le gaz, les machines industrielles, l'aérospatiale et la défense. Les autres changements apportés à notre organisation ont principalement consisté à intégrer quelques nouvelles start-ups en phase de R&D que nous continuons à intégrer du point de vue des fusions et acquisitions, tout en laissant les entrepreneurs opérer de manière assez indépendante. Un excellent exemple est Aerosint, que nous avons acquis très récemment. Ils ont développé une technologie unique d'impression multi-matériaux avec des applications initiales dans la fusion sur lit de poudre. Nous voulons donc nous assurer qu'ils puissent fonctionner de manière relativement indépendante et conserver la possibilité de commercialiser cette solution sur ce marché avec des tiers. Dans le même temps, nous travaillerons également avec l'équipe pour faire mûrir la technologie et chercher à l'intégrer dans les produits Desktop Metal à l'avenir», précise Aggarwal.

Toutefois, parmi ces opérations de fusion et d'acquisition, ExOne – si elle est confirmée – est la plus surprenante.

Non seulement nous nous serions doutés que, s'il devait y avoir une acquisition, ce serait ExOne qui rachèterait Desktop Metal, mais au-delà de cela, Desktop Metal décide de faire entrer dans son portefeuille une société qui a toujours été considérée comme

son plus grand concurrent.

L'annonce indique que les actionnaires d'ExOne recevront 8,50 \$ en espèces et 17,00 \$ en actions ordinaires de Desktop Metal pour chaque action ordinaire d'ExOne, soit une contrepartie totale de 25,50 \$ par action. Le tout représente une valeur de transaction de 575 millions de dollars, soumise à un mécanisme de collar et impliquant une prime de 47,6 % par rapport au cours de clôture des actions ordinaires d'ExOne le 11 août 2021 et une prime de 43,9 % sur la base du cours de clôture moyen sur 30 jours des actions ordinaires d'ExOne. La valeur de la transaction implique également un multiple d'acquisition de 6,4x les estimations de revenus du consensus 2021 pour ExOne.

Par ailleurs, rappelons qu'ExOne, fondée en 2005, est l'un des premiers acteurs à avoir lancé la commercialisation de systèmes de jetting de liants métalliques. Au fil du temps, la société a lancé plusieurs systèmes de projection de liant métallique, chacun étant une évolution du précédent.

Cette acquisition soulève de nombreuses questions, auxquelles ExOne n'aura peut-être pas toutes les réponses maintenant. Cependant, outre ce mariage potentiel de puissance pour le binder jetting, l'équipe d'ExOne croit également au potentiel complémentaire de deux domaines d'activités principaux :

- Leur expertise des matériaux dans les métaux et les céramiques, rendue possible par le système Triple ACT breveté de la société et le travail de leurs équipes de R&D et d'ingénierie, combinés aux vitesses du système Single Pass de Desktop Metal ;

- La combinaison des plates-formes d'impression 3D sur sable d'ExOne avec la technologie d'impression 3D sur sable robotisée **Viridis3D** à faible coût de DM.

## Processus et applications de fabrication

Même si plusieurs actions sont mises en œuvre pour stimuler la croissance de chaque pilier – imprimantes, matériaux et pièces –, au bout du compte, elles sont interdépendantes car elles font partie d'un «grand puzzle».

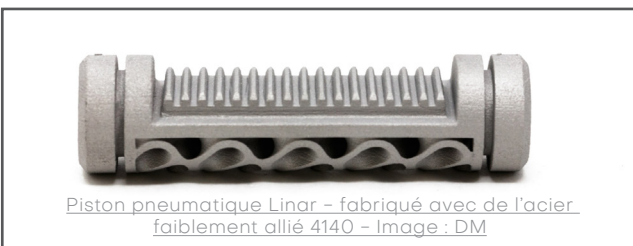
**En ce qui concerne les imprimantes 3D, Desktop n'a pas l'intention de lancer de nouveaux produits de sitôt, mais plutôt d'améliorer les processus de fabrication existants.** Qu'il s'agisse de ses procédés internes pour les métaux et les composites, ou de l'impression 3D photopolymère et des technologies de FA multi-matériaux acquises par EnvisionTec et Aerosint, **l'objectif principal sera d'améliorer les performances des procédés** en travaillant sur la manière d'obtenir de meilleures propriétés des matériaux, une meilleure finition de surface, de meilleures tolérances et, surtout, une vitesse et un coût plus élevés.

Avec l'acquisition d'ExOne, tous les regards seront tournés vers la technologie de projection de liant, qui est la principale technologie que les deux sociétés ont développée indépendamment dans cette industrie. Selon l'explication du CPO, nous pouvons probablement nous attendre à davantage de développement au niveau des matériaux :

«Le jet de liant est une technologie qui permet de fabriquer des matériaux qu'on ne pourrait pas nécessairement produire par le biais de la fabrication conventionnelle, comme l'usinage CNC, parce

que le matériau est trop dur ou que cela prend trop de temps, ou par la fusion sur lit de poudre dans le cas d'alliages non soudables. Il y a toute une série de matériaux que vous pouvez fabriquer avec la métallurgie des poudres et que le jet de liant rend possible. Encore une fois, ce n'est pas tant que l'impression 3D nécessite des matériaux complexes, mais plutôt qu'elle permet d'obtenir des matériaux complexes de haute performance que vous ne pouvez pas fabriquer avec d'autres procédés. C'est l'une des raisons pour lesquelles nous sommes très enthousiastes à ce sujet. Mais, dans le même temps, nos plates-formes, y compris le Shop System et le Production System, prennent en charge les matériaux de base comme les aciers inoxydables et permettent aux clients de fabriquer des pièces avec ces métaux de manière rentable et à grande échelle. Et nous continuons à investir dans les matériaux, non seulement du côté des métaux, mais aussi dans nos plates-formes de polymères – nos élastomères Adaptive3D offrent les meilleures performances de leur catégorie pour les applications industrielles, et nous avons également lancé récemment deux nouveaux matériaux photopolymères pour le marché dentaire, Flexcera Base et Flexcera Smile, qui permettent de réaliser des prothèses fonctionnelles de haute performance.»

Toujours du côté des matériaux, cette année a vu le lancement d'un certain nombre de matériaux, dont l'aluminium 6061 fritté et, plus tard, l'acier faiblement allié 4140, qui peuvent tous être traités par ses systèmes de projection de liants métalliques.



Piston pneumatique Linar - fabriqué avec de l'acier faiblement allié 4140 - Image : DM



Image : Buse chirurgicale produite avec de l'acier inoxydable 316L Acier inoxydable - Crédit : DM

Ces développements de matériaux annoncent une nouvelle ère de concurrence dans l'industrie métallurgique, une ère que les experts de la coulée des métaux devraient surveiller de près. En effet, les demandes des industries sont devenues plus strictes car elles ne limitent plus leurs objectifs de fabrication à la conception et à la production. Elles vont plus loin en remettant en question la métallurgie, qui était l'apanage des fonderies et des moulistes sous pression.

En effet, on avait coutume de dire que plus la résistance de l'aluminium est élevée, plus il est difficile de le former avec la fabrication traditionnelle. «Avec l'Aluminium 6061, nous obtenons des propriétés supérieures à celles de l'aluminium corroyé et, grâce à l'injection de liant, nous pouvons produire des géométries plus complexes qu'avec l'usinage

CNC traditionnel», affirme **Aggarwal**. Si on ajoute à cela le fait que l'Al 6061 est l'un des rares métaux légers qui peuvent enfin être traités par projection de liant métallique, on obtient une grande variété d'applications thermiques et structurelles dans toutes les industries.

«Nous nous concentrons donc sur la mise sur le marché de matériaux qui, selon nous, permettront de débloquer la plus grande variété d'applications. Le 4140 et l'Aluminium 6061 sont deux de ces matériaux clés. Nous avons également qualifié les aciers inoxydables 17-4PH et 316L, et notre feuille de route comprend également les aciers au carbone, les superalliages, le titane, le cuivre et d'autres matériaux pour lesquels nous voyons des clés qui existent déjà ou qui émergent sur

le marché», complète-t-il.

Même si les matériaux améliorent les performances de ses diverses plates-formes, Desktop Metal est convaincue qu'ils aideront également ses clients à **éliminer une partie de l'accumulation des marges qui se produirait autrement.**

Même si sa filiale est relativement récente, Forust, elle permet également l'impression 3D du bois par jet de liant, qui pourrait contribuer à offrir cet avantage économique aux clients des secteurs de l'architecture et de la construction. Cette stratégie en matière de matériaux est tout aussi importante ici puisqu'il s'agit de prendre des sous-produits de déchets issus de la fabrication traditionnelle du bois, comme la sciure et la lignine, et de les recombinaison grâce à l'impression 3D.



Cependant, alors que dans le cas de Forust, l'avantage environnemental de cette stratégie de matériaux était clairement compréhensible, nous ne pouvons nous empêcher de nous demander si les autres matériaux développés pour les systèmes de projection de liants métalliques présentent également un avantage environnemental par rapport aux autres matériaux que cette technologie peut traiter.



Le procédé Forust combine deux flux de déchets de la production traditionnelle du bois, la sciure et la lignine, pour produire des pièces de bois isotropes et à haute résistance - Image via Desktop Metall

«Je pense que c'est double. Tout d'abord, la projection de liant est un procédé écologique par nature. Toute la poudre qui ne se retrouve pas dans les pièces à la fin d'une impression peut être recyclée et réutilisée dans de futures impressions. Ce processus ne génère pas une quantité énorme de déchets, contrairement à l'usinage CNC, qui part d'une billette de matériau et doit découper la pièce. Plus la pièce est complexe, plus l'usinage prend du temps et plus vous générez de déchets. Le jet de liant est également différent de la fusion sur lit de poudre, où il y a en fait certaines contraintes sur la réutilisation du matériau, car il peut se dégrader à chaque impression. En revanche, avec le binder jetting, le matériau est presque réutilisable à l'infini. En fait, nous réalisons encore des impressions dans notre laboratoire avec de la poudre qui

a été recyclée plusieurs fois. De ce point de vue, le binder jetting est un procédé très écologique par rapport à d'autres méthodes de fabrication additive et conventionnelle. Deuxièmement, en utilisant le binder jetting en combinaison avec des matériaux de haute performance, dont certains ont une résistance et une rigidité élevées, vous pouvez produire des structures hautement optimisées, qui auraient pu être difficiles à produire par la fabrication conventionnelle. Par conséquent, avec nos plateformes, vous pouvez créer des produits qui utilisent moins de matériaux et il y a également des effets positifs en aval. Par exemple, si vous êtes en mesure d'alléger les composants d'un véhicule, cela peut réduire la consommation de carburant de ce véhicule, et il en va de même pour un composant aérospatial. Ainsi, même si les matériaux eux-mêmes ne présentent pas d'avantage environnemental aujourd'hui, le procédé de projection de liant est écologique. Grâce à des géométries plus complexes et optimisées, vous pouvez réduire

l'utilisation de matériaux et profiter des avantages en aval, comme la réduction de la consommation de carburant. Notre nouveau procédé Forust de projection de liant pour le bois a été conçu pour recycler les sous-produits traditionnels de la fabrication du bois - la sciure et la lignine - de sorte que ce nouveau matériau et ce procédé «du berceau au berceau» permettent de fabriquer des pièces en bois fonctionnelles d'une manière totalement nouvelle et plus écologique», a répondu le représentant de la société.

Qu'en est-il des **applications** ? Il est facile de prédire que DM se concentrera sur les industries verticales qui favorisent l'adoption des technologies de FA. Comme nous l'avons vu dès le début, la société a déjà indiqué qu'elle souhaitait se concentrer sur les soins de santé par le biais d'une ligne dédiée - **Desktop Health**.

Cependant, que ce soit dans l'automobile, les produits de consommation ou d'autres secteurs industriels, aujourd'hui plus que jamais, il est crucial pour le fabricant de machines de **se concentrer sur les applications qui ont un sens**. Selon Aggarwal, l'impression 3D métal présente un réel avantage, car elle permet d'améliorer la durabilité en créant des produits réutilisables plusieurs fois, contrairement à ceux en plastique. Dans le secteur automobile en particulier, la fabrication devrait offrir un avantage environnemental tangible en allégeant et en optimisant les composants, en tenant compte de la réduction de l'utilisation et du coût des matériaux et en améliorant les économies de carburant des véhicules.

En outre, dans les industries lourdes comme le pétrole et le gaz, où les applications sont souvent mises en avant avec d'autres types de technologies de FA métal, l'expert recentre le débat sur la capacité du **Single Pass Jetting** à faire évoluer une production (in-situ) tout en supprimant bon nombre des contraintes d'expédition et de logistique associées à la fabrication conventionnelle.

*Plus qu'un simple bureau de services d'impression 3D*

En outre, à mesure qu'elle avance, cette concentration sur les applications qui font sens conduira DM à mettre en œuvre et à développer davantage **une plateforme de fabrication en ligne où les pièces à fabriquer seront sélectionnées judicieusement.**

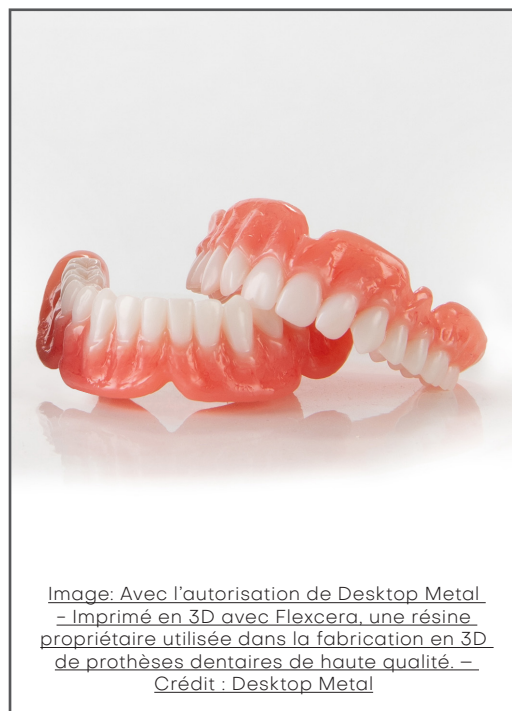


Image: Avec l'autorisation de Desktop Metall - Imprimé en 3D avec Flexcera, une résine propriétaire utilisée dans la fabrication en 3D de prothèses dentaires de haute qualité. - Crédit : Desktop Metall

«Nous voyons une énorme opportunité de posséder réellement l'ensemble de la chaîne de valeur, pas seulement la technologie et les matériaux, mais aussi la fourniture de pièces au client final. Nous voulons être sélectifs dans la mise en place d'une offre de pièces pour répondre à certaines de ces applications phares de la FA lorsqu'elles atteignent des points d'inflexion. Forust est un exemple de ce que nous avons commencé à faire organiquement : en plus de vendre la plate-forme technologique et les matériaux, nous proposons des pièces produites par Desktop Metal et Forust sur une plate-forme de commerce électronique.

**Le secteur des pièces est un domaine dans**

**lequel vous nous verrez jouer un peu plus à l'avenir. Nous n'avons pas l'intention de nous contenter d'être un bureau de services généraux, mais nous pourrions continuer à évaluer les possibilités de fournir des pièces dans des secteurs verticaux et des applications spécifiques** où la FA permet des produits vraiment uniques et des offres à forte valeur et à marge élevée. Nous pensons que ces trois piliers – plates-formes d'impression, matériaux et pièces – sont tous synergiques et se renforceront mutuellement à mesure que Desktop Metal poursuivra sa croissance», a déclaré le directeur général à 3D ADEPT Media.



### Les prochaines étapes du projet...

Même si l'entreprise reste très secrète quant à l'expertise qu'elle ajoutera à son portefeuille, Aggarwal assure que nous pouvons nous attendre à ce que DM poursuive sa stratégie d'acquisitions. Toutefois, après cet incroyable premier semestre, nous pouvons légitimement affirmer que la FA métallique restera au cœur de sa prochaine phase de croissance.

«Bien que nous ayons élargi notre stratégie pour nous concentrer sur la fourniture de solutions de FA rentables à l'échelle de tous les matériaux, le métal reste l'un des principaux fondements de l'activité de Desktop Metal. En fait, nous avons plus d'employés qui se concentrent sur l'impression 3D métal aujourd'hui qu'à n'importe quel moment dans le passé. Je pense qu'étant donné que nous avons été une entreprise de métal dès le début, certaines des annonces que nous avons faites plus récemment ont été liées à des investissements en dehors du métal, mais nous continuons à

investir massivement dans les métaux de manière organique et inorganique. Nous avons lancé un certain nombre de nouveaux matériaux métalliques au cours des derniers mois, ainsi que plusieurs nouveaux produits au cours de l'année dernière – dans le domaine du jet de liant, notre Shop System et notre P-1 au quatrième trimestre de l'année dernière, et la P-50, prévue pour plus tard cette année. Le Studio System 2 a également été lancé au cours du premier trimestre de l'année – nous avons donc connu des développements considérables du point de vue de la plate-forme d'impression, ainsi qu'une vaste feuille de route pour les matériaux sur laquelle nous travaillons. Nous avons annoncé l'aluminium 6061, l'acier faiblement allié 4140 et l'acier inoxydable 316L pour nos plates-formes de jet de liant, et nous avons également quelques annonces intéressantes à l'horizon. La vision de Desktop Metal est de conquérir une part de marché à deux chiffres sur

le marché global de la FA au cours de la prochaine décennie, et le métal est un ingrédient clé de ce succès, tout comme l'élargissement de notre portefeuille FA 2.0 pour répondre à un ensemble croissant d'applications grâce à des matériaux supplémentaires, notamment les polymères, les élastomères, le sable, le bois et les matériaux biocompatibles», conclut Aggarwal.

# New photopolymer resins for impact-resistant 3D parts

We boost the chemistry of high-performance polymers and additives into ready-to-use 3D printing materials. Introducing INFINAM®, Evonik brings together more than 20 years of experience, highest quality standards and innovative strength to develop and manufacture custom-designed formulations for infinite 3D applications. INFINAM®—wherever infinity meets reality.

[www.evonik.com/additive-manufacturing](http://www.evonik.com/additive-manufacturing)

INFINAM®  TI



Although additive manufacturing is hundreds of years old, the last five years have been marked by the rise of a number of industrial revolutions and awareness on the technology potential by professionals.

The only thing is that, once you've decided that Additive Manufacturing/3D Printing is right for your project/business, the next step might be quite intimidating. In their quest for the right technology, be it by email or during 3D printing-dedicated events, professionals ask us for advice or technical specifications regarding **different types of 3D printing technologies & post-processing systems** that raise their interest. Quite frequently, these technologies are not provided by the same manufacturer.

The **International Catalogue of Additive Manufacturing Solutions** comes to respond to this specific need: be the portal that will provide them with key insights into valuable **AM & post-processing** hardware solutions found on the market.

More importantly, an important focus is to enable potential users to leverage the latest developments in Additive Manufacturing. Therefore, companies can only feature their latest developments, new and upgraded solutions in the catalogue.

Dossier N°1	Metal additive manufacturing
Dossier N°2	Post-processing for 3D printed parts
Dossier N°3	Carbon fiber 3D printing
Dossier N°4	Ceramic 3D Printing
Dossier N°5	Dental 3D printing
Dossier N°6	Composites 3D Printing
Dossier N°7	Hybrid manufacturing
Dossier N°8	Large format 3D printing

Would you like to feature your AM technology? – Contact us!  
[contact@3ddept.com](mailto:contact@3ddept.com)



2  
0  
2  
1  
↓

# RECEVEZ LE MAG CHEZ-VOUS !

Vous pouvez aussi recevoir gratuitement par email la version digitale du magazine. L'abonnement au magazine digital vous donne aussi un accès exclusif à notre newsletter hebdomadaire. Pour toute information, n'hésitez pas à nous envoyer un mail.

ABONNEZ-VOUS À NOTRE NEWSLETTER ET  
RECEVEZ LES DERNIÈRES NOUVELLES DE LA F.A

[WWW.3DADEPT.COM/SUBSCRIPTION/](http://WWW.3DADEPT.COM/SUBSCRIPTION/)

# AUTOMATISATION DES LOGICIELS DANS LA FABRICATION ADDITIVE : OÙ EN ÊTES-VOUS ?

Lorsque les premiers utilisateurs des technologies de fabrication additive ont commencé à tirer parti de celles-ci, l'aspect le plus important, si ce n'est le seul, était de déterminer si ces technologies pouvaient effectivement réaliser un prototypage rapide. Les besoins des utilisateurs ayant évolué vers la production en série, voire la production de masse, les capacités des technologies doivent également être adaptées. L'automatisation entre en jeu et devient un objectif central à atteindre, pour permettre véritablement la production en série de pièces imprimées en 3D, mais la route vers une véritable production automatisée par fabrication additive est souvent semée d'embûches.

Il va sans dire que l'automatisation est un vaste sujet. Dans le domaine de la fabrication, où la plupart des tâches étaient historiquement effectuées à la main, la fabrication automatisée a permis aux opérateurs de s'appuyer sur un certain nombre de systèmes de contrôle informatisés pour faire fonctionner les équipements d'une installation. Dans le cadre de la fabrication additive industrielle en particulier, on constate rapidement qu'en fonction de leurs besoins, les installations peuvent mettre en œuvre des stratégies d'automatisation à différents niveaux de la production – quelle que soit la technologie de FA utilisée – : logiciel, prétraitement, fabrication ou même post-traitement.

Malgré son rôle crucial dans la fabrication, **l'automatisation des logiciels dans la fabrication additive** est souvent la partie la moins bien comprise par les

utilisateurs de la fabrication additive, c'est pourquoi nous avons décidé de l'explorer dans ce dossier exclusif.

*Qu'est-ce qui motive l'automatisation des logiciels dans la fabrication additive ? Quelles sont les étapes clés qui sont prises en compte pour faire progresser l'automatisation des logiciels de fabrication additive ? Quels sont les besoins/défis actuels ?* Cet article vise à répondre à ces questions à l'aide d'exemples pris sur différents types de technologies de FA.

**Benjamin Schrauwen**, CEO de la société de logiciels Oqton, a également été invité à partager son point de vue sur ce sujet.

**Qu'est-ce qui motive l'automatisation des logiciels dans la fabrication additive ?**

Dans la fabrication traditionnelle, l'automatisation est utilisée pour accroître l'efficacité et la rapidité. Non seulement les fabricants de machines et les développeurs de logiciels souhaitent apporter ces avantages à la fabrication additive, mais ils doivent le faire à un niveau plus avancé afin de mieux justifier les coûts d'utilisation des technologies de FA dans la production. Cela explique le nombre croissant de collaborations entre les fabricants de machines et les développeurs de logiciels, les développeurs de logiciels et les producteurs de matériaux, ou même entre des sociétés de logiciels aux

compétences différentes.

Vous l'aurez compris, le logiciel est l'épine dorsale de toute tentative d'automatisation. Pour comprendre les différents niveaux qui requièrent souvent l'attention des sociétés de logiciels, il est important de catégoriser les différents types de solutions logicielles qui peuvent être exploitées dans la fabrication additive.

Nous avons identifié **six principaux types de logiciels dans le secteur de la fabrication additive** : La conception (CAO), l'identification des pièces, la simulation (IAO), le traitement (FAO), le flux de travail (ERP/MES), l'assurance qualité et la sécurité.

Lorsqu'on lui demande quels sont les domaines qui nécessiteraient le plus l'automatisation, **Benjamin Schrauwen**, CEO d'Oqton, une société de logiciels qui résout les problèmes de fabrication grâce à un système d'exploitation d'usine piloté par l'IA, explique :

« Toute tâche manuelle et répétitive qui est actuellement effectuée par les ingénieurs de fabrication devrait et peut être automatisée. De cette façon, nous pouvons augmenter l'efficacité et la productivité tout en libérant leur temps pour qu'ils puissent se concentrer sur des tâches à valeur ajoutée. C'est ce que l'on appelle l'«automatisation de bout en bout» du flux de travail.

Nous considérons que c'est très important, par exemple pour les fournisseurs de services de FA dentaire et polymère qui produisent de grandes quantités de pièces personnalisées en masse. Les systèmes d'exécution de la fabrication (MES - Manufacturing Execution Systems) sont également un grand domaine d'automatisation : nous pensons qu'une méthode intelligente de programmation est la voie à suivre. Il s'agirait



[Benjamin Schrauwen, CEO of Oqton](#)



d'un processus entièrement automatisé basé sur la capacité des imprimantes, des matériaux et des personnes.

*D'une manière générale, nous constatons que les industries manufacturières de pointe arrivent à maturité et que les quantités produites augmentent – elles ont donc besoin d'automatisation. Si elles ne le font pas, il sera difficile de passer à l'échelle supérieure tout en produisant d'une manière économiquement viable. »*

Si elles mettent en lumière certaines des étapes clés qui sont actuellement prises en compte pour faire progresser les stratégies d'automatisation

logicielle, les explications de Schrauwen révèlent également que ce qui motive actuellement l'automatisation logicielle dans la FA a dépassé la portée du logiciel qui fait fonctionner les équipements.

En effet, les industriels n'ont d'autre choix que d'envisager une stratégie d'automatisation au niveau du logiciel, s'ils veulent parvenir à une production de masse – et donc économiser du temps, des coûts et des ressources de conception –.

Bien qu'il s'agisse d'une préoccupation abordée par les fabricants de machines, une stratégie d'automatisation au

niveau du logiciel est prévalente, quand on sait que la production de masse avec la FA nécessite inévitablement de réaliser des pièces cohérentes et reproductibles.

Plus important encore, comme le fait remarquer Schrauwen, « toute tâche manuelle et répétitive actuellement effectuée par les ingénieurs de fabrication doit et peut être automatisée ». En d'autres termes, la première étape pour décider de l'orientation de sa stratégie d'automatisation consiste à identifier ces tâches et à évaluer le stade qui nécessite une action immédiate.

### Les différents niveaux où la valeur et la complexité peuvent être améliorées par l'automatisation des logiciels

Sans surprise, les tâches manuelles peuvent commencer bien avant le processus de fabrication lui-même. Elles consistent, entre autres, à saisir des données dans les systèmes, à répondre aux demandes des clients, à calculer et à fournir des estimations de coûts, voire à apporter des clés USB aux systèmes de FA pour faire imprimer des fichiers en 3D.

Pour leur faciliter la tâche, la plupart des entreprises utilisent souvent des outils simples comme Microsoft Excel pour examiner les données ou des applications comme Zapier pour relayer les données d'une machine à l'autre. Cette étape est souvent qualifiée **d'automatisation native**.

Comme elle nécessite une combinaison de tâches manuelles et d'outils simples, les ingénieurs peuvent toujours rencontrer des problèmes lorsqu'il s'agit de traiter des informations telles que des demandes d'impression 3D, des conversions/réparations de fichiers ou la mise à jour de l'état d'un projet.

Pour résoudre ce problème, ils se tournent souvent vers une «automatisation de base ou simple» et intègrent un outil logiciel capable de gérer plusieurs étapes et applications. Dans cet esprit, on trouve sur le marché des logiciels de flux de production de FA qui peuvent aider les ingénieurs à gérer automatiquement les commandes, les demandes des clients, l'automatisation basée sur des règles pour la planification de la production, ou même la distribution de fichiers à des imprimantes 3D spécifiques pour la production.

Au-delà de ces étapes uniques, il est possible d'intégrer une solution logicielle qui automatise l'ensemble du processus du début à la fin tout en améliorant les processus au fil du temps. De tels outils logiciels nécessitent souvent le recours à l'intelligence artificielle et consistent à créer un fil numérique continu (automatisation intelligente) pour faciliter la visibilité et la prise de décision. Cette étape de l'automatisation intelligente apporte également une certaine connectivité et permet de créer un environnement unifié pour la FA avec une meilleure planification de la production, une meilleure

traçabilité et une meilleure standardisation.

La quatrième étape de l'automatisation logicielle est certainement la plus mature car elle combine les deux phases précédentes avec l'apprentissage machine (Machine Learning (ML)) : **l'hyperautomatisation**.

Comme vous le savez peut-être, une fois que vous disposez d'un outil logiciel basé sur l'IA et le ML, non seulement les tâches peuvent être automatiquement optimisées, mais l'outil logiciel utilisé ici améliore automatiquement sa technologie en fonction de la quantité croissante de données traitées.

Cette étape implique nécessairement la **question d'interopérabilité** que nous avons abordée dans un précédent numéro de 3D ADEPT Mag. De plus, il faut noter que son intégration au sein d'une usine est souvent très individualisée et basée sur la stratégie de fabrication de l'entreprise. A ce niveau, le premier conseil qu'on peut donner aux entreprises est d'opter pour une plateforme logicielle évolutive et compatible ou facilement adaptable avec toutes leurs plateformes et systèmes.

**Quels sont donc les défis que les fabricants veulent relever grâce à des stratégies d'automatisation dédiées ?**

Il va sans dire que chacune des étapes susmentionnées s'accompagne d'un certain nombre d'avantages dès lors qu'une stratégie d'automatisation logicielle appropriée est mise en œuvre. Comme la plupart des fabricants tentent actuellement de réaliser des séries ou des productions de masse avec leurs systèmes de FA, ils essaient souvent de mettre en œuvre un fil numérique continu ou une stratégie d'hyper automatisation dans leur environnement de production.

Le fait est qu'ils mentionnent souvent les «coûts d'investissement» comme l'un des obstacles qui ralentissent l'intégration d'une stratégie d'automatisation, mais la réalité montre qu'ils ne connaissent pas souvent les capacités numériques qu'ils visent à atteindre.

La première étape pour comprendre ce que sont ces capacités numériques revient souvent à reconnaître les éléments constitutifs typiques de la fabrication additive :

- Les étapes de conception et de simulation ;
- Sélection des propriétés d'impression ;
- Préparation et orientation de l'impression ;
- Gestion de la file d'attente pour l'impression ;
- Lancement de l'impression ;
- le retrait des pièces de l'imprimante 3D
- le post-traitement ; et
- Récupération des pièces finies.

« Un bon exemple d'un cas d'utilisation spécifique est la préparation de la construction pour la fusion laser sur lit de poudre. Il y a de nombreux facteurs importants comme l'orientation de la pièce, la génération du support et l'affectation des paramètres. Une erreur peut facilement être commise, et un travail

d'impression raté peut coûter des dizaines de milliers de dollars. Oqton [par exemple] offre à ses clients la possibilité de créer des modèles de préparation de construction. Nous capturons leurs connaissances et leur expérience et les couplons avec nos algorithmes d'IA pour automatiser le processus complet. De cette façon, nous accélérons le processus et réduisons les coûts tout en diminuant considérablement les erreurs humaines et en améliorant la reproductibilité. Lorsque vous réduisez la dépendance à l'égard des opérateurs clés, cela signifie également que davantage de personnes peuvent programmer de manière autonome. Vous n'êtes plus à la merci des vacances d'une personne clé ou de sa maladie. Cela permet également une traçabilité complète de bout en bout, en particulier dans les secteurs réglementés où une documentation complète est essentielle, comme le secteur médical et l'aérospatiale. Enfin, nous voyons nos clients accroître l'efficacité des machines en accélérant la programmation et en utilisant des équipements de fabrication avancés tels que des robots de soudage et des imprimantes 3D industrielles », note Schrauwen.

The screenshot displays the Oqton Platform UI for ACME Inc. The interface includes a sidebar with navigation options: BOOKMARKS (My Schedule, Additive Machines, MIIOT Actions), MAKE (Orders, Parts, Schedule, Actions, Nests), DEFINE (Part Models), MONITOR (Dashboards, Alerts, Connectivity, Machines), ANALYZE (Reports, Efficiency, OEE, Availability, Performance, Quality), and MANAGE (Organization, Factories, Users, Customers). The main content area shows a 3D model of a part, a route timeline for 2019/04/29, and a table of production tasks.

Preview	Name	Action Model	Nest	Price	Start Time	Duration	State
<input type="checkbox"/>	A-132-0257	3D Metal Print - TP1000	N-203-0239	\$24 (\$288)	2018/09/02. 12:34	16h 32m	Finished
<input type="checkbox"/>	A-132-0258	Heat Treatment - Internal	N-203-0239	\$4.1 (\$50)	2018/09/02. 12:34	16h 32m	Finished
<input type="checkbox"/>	A-132-0258	Build Plate Removal	N-203-0239	\$4	2018/09/02. 12:34	16h 32m	In Progress

Platform UI – Courtesy of Oqton

Outre la détermination des bonnes capacités numériques auxquelles on aspire, il est important de prendre en compte la mise en œuvre d'une stratégie d'automatisation en ce qui concerne les systèmes de FA fermés. Même si cela nécessite un article dédié, c'est une question que nous avons partiellement abordée dans l'article exclusif **«Que signifie réellement l'ouverture dans un système de FA métal»**.

Prenant l'exemple de la plateforme Oqton, Schrauwen explique que le plus grand défi qu'ils voient dans l'adaptation des processus existants pour une stratégie d'automatisation, est souvent le **remplacement des systèmes dans un environnement de production actif**. « Nous utilisons souvent une approche progressive où les entreprises, par exemple, commencent avec le MES, ajoutent l'IloT, puis ajoutent notre préparation de construction intégrée. De cette façon, nous pouvons apporter beaucoup de valeur dès le départ sans interrompre ou ralentir la production », souligne-t-il.



## Que réserve l'automatisation des logiciels pour l'avenir?

À mesure que la fabrication additive progresse, il devient difficile de discuter des stratégies d'automatisation au niveau des logiciels sans parler de leur influence sur les machines. Dans cette optique, notons que l'exploration de stratégies visant à faire progresser l'automatisation des processus de post-production, ainsi que l'automatisation de la gestion des commandes d'impression 3D et de la production devraient actuellement figurer en tête des priorités des fabricants.

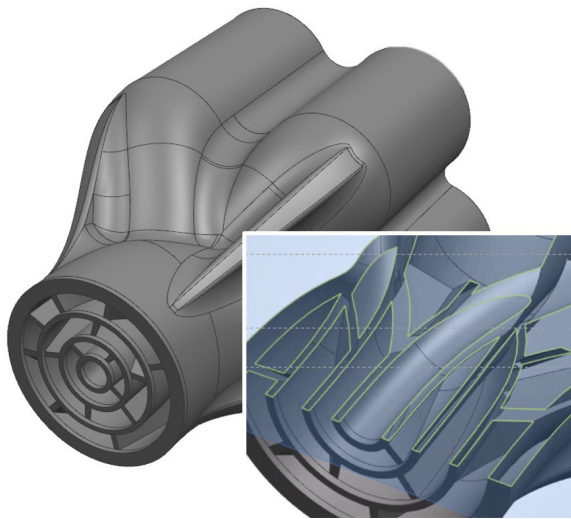
Au niveau du logiciel, qui

est au cœur de ce dossier, **l'automatisation de la conception et l'automatisation du partage des données de FA** sont souvent mentionnées comme les tendances clés qui stimuleront le développement de solutions d'automatisation.

### L'automatisation de la conception pour la FA

Ce n'est un secret pour personne que la FA contribue à réinventer la conception des pièces et des produits dans différents domaines d'application. Malgré la liberté de

conception que permet la FA, la plupart du temps, les pièces de FA sont conçues manuellement. Cela peut s'expliquer par le fait que la conception nécessite beaucoup de connaissances spécialisées. Les pièces de forme complexe, en particulier, peuvent souvent être un processus laborieux, tant pour les utilisateurs novices de la CAO que pour les concepteurs expérimentés, d'où la nécessité de l'automatisation de la conception en tant que catalyseur de la FA.



Manual design + conventional manufacturing



Manual design + additive manufacturing



Automated design (AD) + additive manufacturing



**Objective:** Provide expert systems & automate lower-level design tasks

**Légende :** Les chaînes de processus comportant des pièces complexes de fabrication additive peuvent être rentabilisées en utilisant une approche de conception automatisée comme catalyseur technologique.

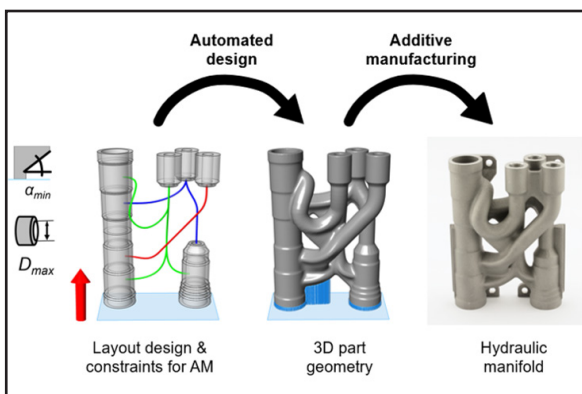
Citons à titre d'illustration un exemple partagé par des chercheurs de l'ETH Zurich. Dans le cadre d'un projet, les chercheurs de l'université suisse démontrent le potentiel de l'automatisation de la conception en mettant en œuvre des applications dans différents domaines.

« L'idée de base est de simplifier et d'accélérer la phase de conception en fournissant des

systèmes experts qui automatisent les tâches de conception de bas niveau. L'intention et les objectifs de la conception sont spécifiés à un haut niveau d'abstraction et traduits automatiquement en géométries optimisées tout en tenant compte des restrictions de fabricabilité de la FA », ont-ils déclaré en parlant de l'image ci-dessus.

Un autre exemple intéressant a vu le développement de procédures de calcul pour automatiser la conception de composants d'écoulement en fabrication

additive, tels que les collecteurs hydrauliques. « Un concepteur spécifie les voies d'écoulement et les restrictions de fabrication additive. Sur la base de ces entrées utilisateur, des algorithmes génèrent automatiquement une géométrie de pièce 3D prête à la production, qui peut être utilisée pour fabriquer des prototypes ou pour effectuer des simulations numériques. Les avantages pour le développement du produit comprennent le raccourcissement des boucles d'itération, la comparaison de différents scénarios de production et la personnalisation rentable des pièces pour les petits lots », indique le rapport.



**Légende :** De nouveaux algorithmes de conception aident à générer des conceptions de collecteurs de forme complexe, fabriqués par voie additive, qui sont automatiquement adaptés pour respecter les restrictions de fabrication additive.

Même si ces exemples sont théoriques, il convient de noter que, pour créer un flux de travail numérique de bout en bout dans la FA, les utilisateurs de la FA dans les industries verticales s'associent actuellement à des sociétés de logiciels qui peuvent les aider à réduire le temps de conception des outils de plusieurs heures à quelques minutes.

D'autre part, on note le nombre croissant de collaborations entre fabricants de machines et fournisseurs de logiciels pour faire progresser ce domaine spécifique de la fabrication.

#### Automatisation du partage des données dans la FA

Plus les fournisseurs de technologies créent des flux d'impression 3D intégrés et interopérables, plus les **interfaces de programmation d'applications** (API = Application Programming Interface) ouvertes sont utilisées pour permettre la connectivité entre les systèmes. Cette utilisation croissante des API est une tendance clé qui favorise actuellement l'automatisation du partage des données en FA.

En termes simples, une API est un intermédiaire logiciel qui permet à deux applications de communiquer entre elles. Pour ceux qui ne le savent pas, chaque fois que vous utilisez une application comme Facebook, que vous envoyez un message instantané ou que vous consultez la météo sur votre téléphone par exemple, vous utilisez une API.

**3DControl Systems, AMFG ou encore Dyndrite** ont collaboré avec des fabricants de machines tels que HP pour améliorer la connectivité entre les systèmes et étendre l'utilisation des données. Plus les collaborations basées sur les API seront nombreuses, plus le fossé entre les capacités matérielles et les possibilités logicielles sera comblé.

*« Il faut admettre que les données de préparation – construction et traitement sont notoirement difficiles à extraire, analyser, visualiser et partager. Chaque fabricant de machines a ses propres normes et protocoles. Les utilisateurs finaux et l'industrie bénéficieraient grandement si tous les fabricants partageaient ouvertement les données par le biais*

*de protocoles et d'API communs », note notre expert.*

Un grand changement d'orientation, du matériel au logiciel

Cependant, les « tendances à venir comprennent un grand changement d'orientation du matériel vers le logiciel, ce qui inclut le passage à des plateformes basées sur le cloud et l'utilisation de l'IA pour automatiser ce processus.

*Les machines connectées à l'IdO produisent beaucoup de données, ce qui nécessite l'apprentissage automatique de l'IA comme seul moyen de traiter toutes ces informations. Les opérations s'appuieront donc de plus en plus sur l'automatisation pour gérer leurs flux de travail. La question de savoir comment améliorer les compétences de la main-d'œuvre actuelle pour qu'elle puisse assumer de nouvelles responsabilités et travailler avec l'automatisation est donc à la fois une tendance à venir et un défi pour l'industrie dans son ensemble.*

*Nous constatons également une évolution dans le secteur de la fabrication, qui passe de l'utilisation de l'impression 3D uniquement pour le prototypage à son utilisation dans la production réelle.*

*Une autre tendance que nous observons concerne les domaines de l'intégration. Tous les grands éditeurs de logiciels s'efforcent de développer des solutions de bout en bout, consistant principalement en des solutions de points acquis et connectés. Oqton, en revanche, a conçu, développé et construit sa plate-forme de bout en bout à partir de zéro. Ce faisant, nous avons résolu un grand nombre de problèmes difficiles et combiné un traitement et une gestion des données puissants avec une interface propre et intuitive – ce qui n'a jamais été fait auparavant », souligne le CEO d'Oqton.*

Néanmoins, quelle que soit la tendance qui pousse actuellement au développement de solutions d'automatisation dans la FA, la première étape pour les industriels consiste à déterminer à quelle étape du voyage ils se trouvent.

## Notes pour les lecteurs

Plusieurs ressources ont été rassemblées pour produire ce dossier exclusif consacré à l'automatisation des logiciels dans la FA.

Les principales contributions sont basées sur les informations d'Oqton et le rapport de l'ETZ Zürich dirigé par Manuel Biedermann et Patrick Beutler.

ETZ Zürich est une université basée en Suisse, tandis qu'Oqton est une société de logiciels belge qui développe une plateforme d'exploitation de fabrication agnostique qui automatise le flux de travail de bout en bout dans l'atelier de production et au-delà.

Oqton combine le suivi des commandes, la mise en réseau, la préparation de la construction, le découpage en tranches, tous pertinents pour la fabrication additive. Du côté de la FAO, on trouve le suivi des commandes, l'ordonnancement, la traçabilité et l'analyse des données.

Tout cela se fait dans une seule plateforme basée sur le cloud qui exploite l'intelligence artificielle pour automatiser chaque tâche répétitive et utilise des capacités IoT intelligentes pour connecter tous les équipements de l'usine. Cela inclut tout, des imprimantes 3D en plastique aux machines de fabrication additive en métal, en passant par les équipements de post-traitement.

En ce qui concerne ce sujet, Oqton se définit actuellement comme une entreprise qui donne aux humains et aux machines les moyens de travailler ensemble de manière transparente. Cela devient de plus en plus la principale différence entre le succès et l'échec de la fabrication.



# BRIGHT LASER TECHNOLOGIES

## Metal 3D Printing Specialist

BLT can provide a integrated technical solution of metal additive manufacturing and repairing for customers, including customized products, equipment, raw materials, software and technical service.

### BIGGER THAN BIGGER

BLT-S500: 400X400X1500mm (Forming Size)

BLT-S600: 600X600X600mm (Forming Size)



Irregular Shaped Tube  
1100mm



Fan Blade Bordure  
1200mm



Wheel  
φ485X210mm



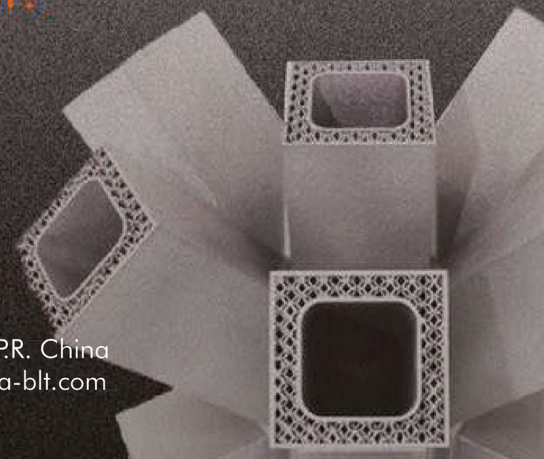
BLT Brand Metal AM Equipment

### Supporting Materials:

Titanium Alloy, Aluminum Alloy, Copper Alloy, Superalloy, Stainless Steel, High-strength Steel, Die Steel, Tungsten Alloy

### Powder Production:

BLT-TA1, BLT-TA15, BLT-TC4





# APERÇU DE L'UTILISATION DES FOURS DANS LA FABRICATION ADDITIVE

Que ce soit dans les foyers ou dans les milieux industriels, un four reste un appareil qui produit de la chaleur. En milieu industriel, ces appareils ont d'abord été utilisés en métallurgie pour chauffer et faire fondre le métal ou pour éliminer la gangue, principalement dans la production de fer et d'acier. Au fil du temps, l'utilisation des fours s'est tellement développée qu'il faut une presse spécialisée pour parler de tous ses tenants et aboutissants. Cependant, il s'avère qu'en ce qui concerne la fabrication additive, l'utilisation des fours reste assez limitée, mais elle est d'une importance capitale pour obtenir la pièce imprimée en 3D souhaitée.

Les fours industriels sont peut-être utilisés depuis le début de la révolution industrielle, mais le XXe siècle a apporté son lot d'innovations, et a étendu l'utilisation de ces technologies à de nouvelles applications qui n'étaient pas envisagées auparavant dans le domaine. L'histoire ne nous dit pas quand exactement ont eu lieu les premières utilisations de fours avec la fabrication additive. Cependant, elle révèle que la plupart des entreprises qui fournissent des fours aux fournisseurs ou utilisateurs de technologies de fabrication additive sont pour la plupart des entreprises qui ont une solide expertise dans le développement et la commercialisation de fours pour les processus de fabrication conventionnels et d'autres industries telles que la fonderie, le forgeage, la technologie des processus thermiques, pour n'en citer que quelques-unes.

Alors, **pourquoi et avec quelles technologies de FA les fours sont-ils utilisés? Quels types de pièces imprimées en 3D nécessitent des fours ? Comment utilise-t-on les fours ? Et quelles sont les principales caractéristiques de ces machines ?**

Cet article vise à donner un aperçu de l'utilisation des fours pour les pièces fabriquées de manière additive.

## Pourquoi et où utilise-t-on les fours ?

Tout d'abord, étant donné leur nature primaire, les fours sont utilisés pour des applications qui nécessitent des températures de traitement élevées.

Dans l'industrie de la FA en particulier, même si les applications réalisées grâce aux technologies de FA métal nécessitent généralement l'utilisation de fours, il convient de noter que deux raisons principales peuvent expliquer l'utilisation de fours. Ces raisons permettent également de cataloguer les 2 principaux types de fours utilisés dans le domaine :

Les **pièces qui nécessitent un frittage** (et souvent un déliantage) et les **pièces qui nécessitent un traitement thermique**. À cet effet, «les céramiques et les pièces imprimées en 3D en composite peuvent nécessiter un traitement dans un four à vide, comme la plupart des pièces imprimées en 3D métal», note d'emblée **Andrea Cassani**, directeur des ventes chez TAV VACUUM FURNACES SPA.

Cela signifie que, fondamentalement, tous les types de pièces imprimées en 3D peuvent nécessiter l'utilisation d'un four à un moment donné de la production.



## Déliantage et frittage

Pour ceux qui ne sont pas familiers avec ces termes, veuillez noter que le déliantage et le frittage interviennent tous deux après le processus de fabrication.

Le déliantage est un processus qui consiste à retirer le matériau de liaison primaire en un temps très court et avec le moins de dommages possible.

Le frittage est souvent considéré comme l'étape finale de tous les procédés de métallurgie des poudres, y compris certains procédés d'impression 3D métal. Au cours de cette étape, les «pièces vertes» (une combinaison de poudre métallique et de liant) sont d'abord chauffées à une température à laquelle le liant évolue et est retiré des pièces. Le four monte ensuite en puissance jusqu'à la température de frittage du métal, qui est juste inférieure à la température de fusion du matériau, ce qui permet de fusionner les particules de métal.

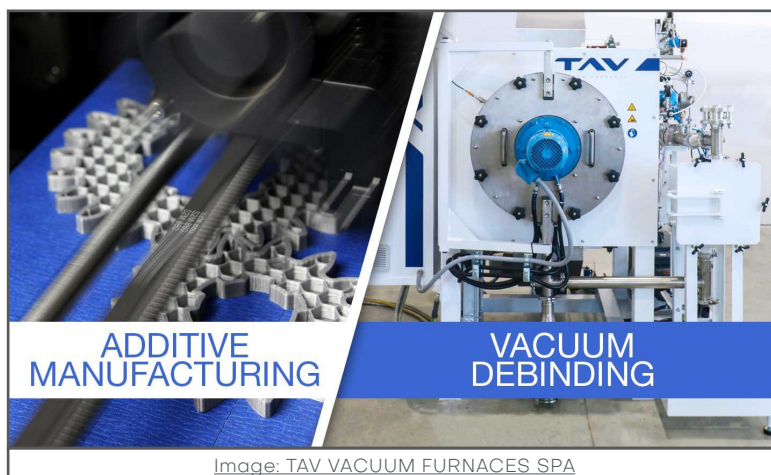
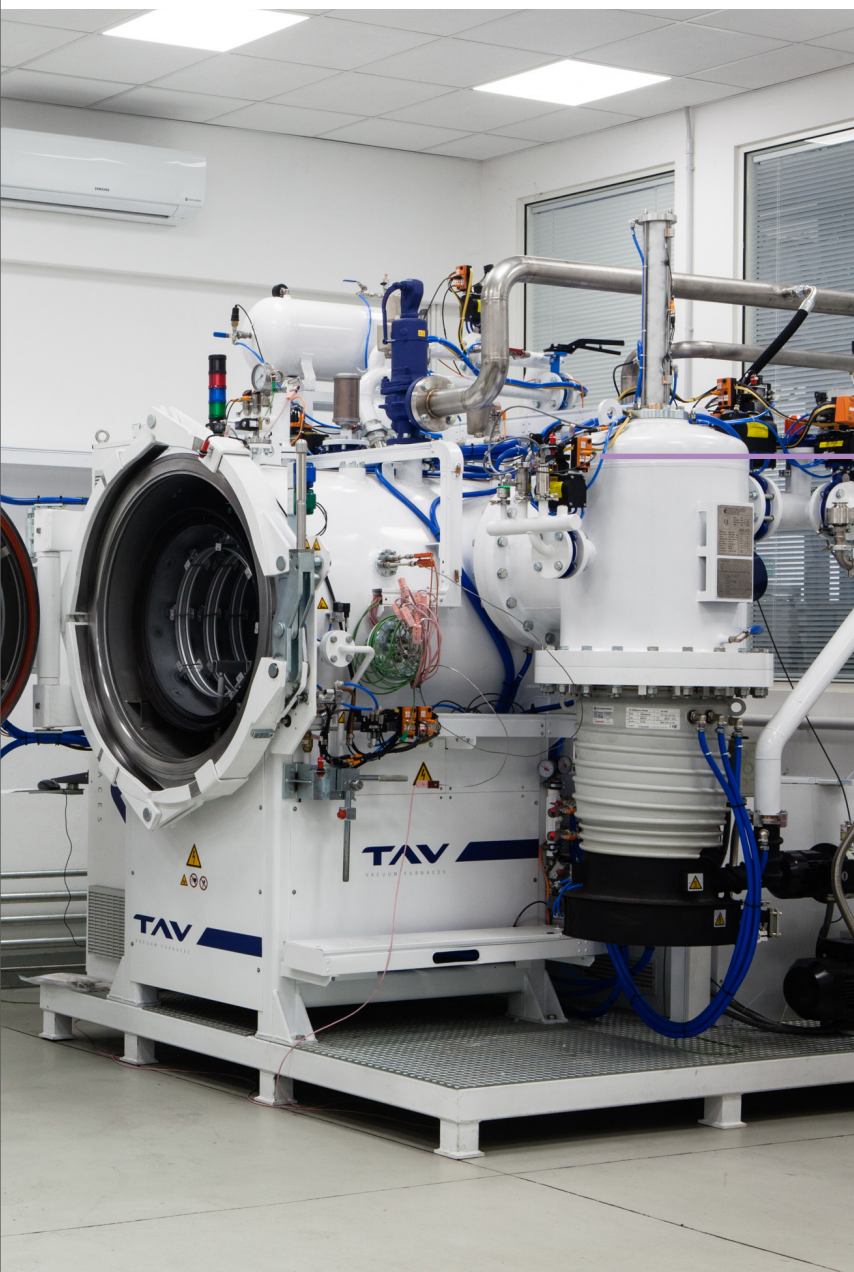


Image: TAV VACUUM FURNACES SPA

Une fois le frittage terminé, il n'y a que peu ou pas de traces des particules de poudre d'origine, le processus de fabrication et les pièces ayant une très faible porosité.



Cependant, **l'opérateur ne réalise pas toujours automatiquement les deux processus**. Même s'il est plus rapide d'écroûter puis de fritter les pièces, l'opérateur peut aussi décider de (sauter l'étape d'écroûtage et) de fritter directement la pièce. D'un autre côté, il faut savoir que le processus de déliantage peut comporter plusieurs étapes, et plus d'un cycle avant que le matériau de liaison ne soit complètement éliminé, avant que la pièce ne soit frittée.

Quels que soient les cycles effectués, le frittage permet d'obtenir une meilleure densité de la pièce. Selon les experts de Desktop Metal, au cours de la dernière étape du frittage, les pores continuent de se rétrécir et la pièce se densifie davantage. Pour optimiser la densité de la pièce, les températures et le maintien du frittage sont étroitement surveillés pour contrôler et éviter la croissance des grains, qui peut se produire si les pièces sont laissées à des températures élevées.

En général, les trois étapes suivantes sont souvent observées :

1. Élimination du liant – soit par dégradation (interaction chimique avec le gaz du four) et/ou évaporation (liant vaporisé).
2. La densification et l'élimination des pores ont lieu lorsque les particules métalliques migrent et fusionnent.
3. Refroidissement du four pour que les pièces puissent être retirées en toute sécurité.





Image: Nabertherm

### Traitement thermique

Comme son nom l'indique, le **traitement thermique consiste à chauffer un matériau à une température spécifique, puis à le refroidir pour améliorer ses propriétés mécaniques.** Ce matériau est généralement un métal ou un alliage. Dans certains processus de fabrication, cette partie est d'une importance capitale car elle permet à la pièce fabriquée de mieux résister à l'usure.

Pour y parvenir, quoi de mieux que d'utiliser un four qui peut maintenir la chaleur à une température souhaitée pendant une durée définie, avant de refroidir.

«Lorsqu'il est chaud, la structure physique du métal, également appelée microstructure, se modifie, ce qui entraîne finalement une modification de ses propriétés physiques. Le temps pendant lequel le métal est chauffé est appelé «temps de trempage». Il est extrêmement compliqué de savoir à quelles températures chauffer et refroidir les métaux, ainsi que de connaître la durée de chaque étape du processus pour un métal ou un alliage spécifique. C'est pourquoi les spécialistes des matériaux, connus sous le nom de métallurgistes, étudient les effets de la chaleur sur le métal et les alliages et fournissent des informations précises sur la manière d'exécuter correctement ces processus », explique un expert de General Kinematics.

Prenant l'exemple des pièces fabriquées à l'aide de la technologie SLM, TAV VACUUM FURNACES SPA explique que la plupart des matériaux imprimés à l'aide de la technologie SLM nécessitent un traitement thermique.

«Ce traitement thermique peut permettre de 'détendre' (pour

libérer la plupart des tensions internes accumulées dans le matériau pendant la phase d'impression) ou d'un autre type (pour tenter d'optimiser les propriétés mécaniques de la pièce en fonction de son application spécifique). Généralement, ces traitements sont effectués à l'air ou en atmosphère contrôlée », souligne l'expert. En outre, des matériaux tels que l'acier inoxydable, les superalliages de titane, les superalliages de nickel et les alliages de CoCr, pourraient nécessiter l'utilisation du vide.

### Quels types de pièces imprimées

### en 3D nécessitent des fours ?

Comme mentionné précédemment, tous les types de pièces imprimées en 3D peuvent nécessiter l'utilisation de fours à un moment donné de leur production. Le fait est qu'il existe tellement de fours qu'une pièce imprimée en 3D métal ne nécessitera pas le même four qu'une pièce imprimée en 3D céramique ou en polymère. Dans le même ordre d'idées, elles ne passeront pas nécessairement par les mêmes étapes après les phases de déliantage ou de frittage.

Métaux	Céramiques, verre, composites, sable	Plastiques
Décollement Frittage Soulagement des contraintes Recuit de mise en solution Durcissement	Décollement Frittage Séchage Polymérisation	Polymérisation Trempe Séchage
Sous gaz de protection, réaction Gaz ou sous vide	A Air	A Air
Fours à chambre avec boîtes à gaz de protection	Décrochage dans un four à cendres Décorticage dans des fours à chambre avec circulation d'air Frittage dans des fours à chambre Déliantage et frittage dans des fours combinés Fours de déparaffinage	Fours Séchoirs à chambre Fours à chambre à convection forcée
Fours à cornue à parois chaudes	Voir aussi les concepts de séchage, de déliantage, de nettoyage thermique et de brûlage	Voir aussi les concepts de séchage, de déliantage, de nettoyage thermique et de brûlage
Fours à cornue à parois froides		

Source : Nabertherm - Traitement thermique des pièces de fabrication additive



## Comment utilise-t-on les fours ? Et quelles sont les principales caractéristiques de ces machines ??

Nous avons commencé cet article en supposant que nous pourrions dresser une utilisation générale des fours pour les pièces imprimées en 3D. Nous nous sommes trompés. Les contributeurs et les ressources sur lesquels nous nous sommes appuyés pour écrire cet article révèlent qu'avec les nombreux types de fours qui existent, il ne serait pas possible de cataloguer les principales caractéristiques des fours – du moins pas ici.

Alors, comment aider les utilisateurs de la FA à prendre une décision ? Cassani tente d'apporter une réponse utile :

*«Nous ne pouvons pas faire une déclaration générique valable pour tous les types de fours à vide. Nous pouvons dire qu'aujourd'hui, la plage de température requise pour l'impression 3D des pièces se situe approximativement entre 500 et 1400°C pour le frittage et le traitement thermique ou en dessous de 900°C pour le déliantage/présintéring'. Dans le cas où une pièce doit être frittée souvent, nous divisons le processus et les fours en 2 étapes : première étape, un four de déliantage pour retirer les pièces du liant et deuxième étape (à température plus élevée), un four de frittage.*

*Dans le cas de pièces devant être traitées thermiquement, le four est très proche d'un four de traitement thermique sous vide classique, avec quelques caractéristiques spécifiques. Il faut souvent considérer que celui qui achète un four pour le traitement thermique de pièces imprimées en 3D n'utilise le four que pour ces pièces, donc [une conception optimisée est généralement justifiée].»*

Dans le même ordre d'idées, on peut prendre note des recommandations suivantes de TAV VACUUM FURNACES SPA & SECO/WARWICK S.A. aux entreprises à la recherche d'un nouveau four :

- Habituellement, lorsqu'on utilise la même technologie pour les processus et les matériaux d'impression 3D, il n'est pas nécessaire d'adapter/



TAV VACUUM FURNACES  
- vacuum furnace for Metal 3D Printed parts

changer le four.

- Cependant, la taille du four doit être ajustée pour correspondre à la capacité de production estimée.

- Après l'utilisation des fours, la pièce nécessite souvent une finition et, dans certains cas, un petit usinage.

- Si le four est correctement personnalisé, le four lui-même ne représente qu'un faible pourcentage de l'investissement requis pour les imprimantes 3D et il peut généralement fonctionner avec 4 à 16 imprimantes.

- Une technologie peut nécessiter un frittage, tandis qu'une autre aura besoin d'une relaxation des contraintes. Ainsi, prendre en considération les objectifs futurs du fabricant – tels que la standardisation d'un four, la production de masse ou un flux constant de commandes – permet d'investir dans le bon four industriel et aide les entreprises à éviter la plupart des obstacles avant même qu'ils ne surviennent.

### Pour aller de l'avant...

La vérité est qu'à mesure que la FA se développe, le besoin de meilleures capacités technologiques continue d'augmenter et ce n'est que récemment que les processus de traitement thermique ont commencé à occuper une place plus importante dans le paysage de la FA.

Disposer d'une imprimante 3D industrielle (métal/polymère) n'est plus une grande réussite. En fait, plusieurs rapports, dont

l'enquête de PostProcess sur la post-impression additive, révèlent que plus de 50 % des utilisateurs d'imprimantes 3D disposent de deux ou trois types de technologies différentes dans leurs installations.

Cela signifie que les inconvénients d'un procédé de fabrication seront en fin de compte compensés par les avantages des autres et, dans ce schéma de production, les fours devront accueillir les deux.

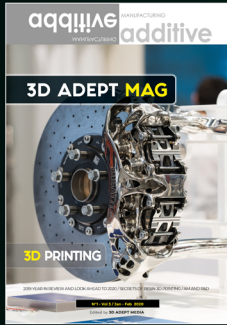
C'est la raison pour laquelle les collaborations entre les

développeurs de fours et les fabricants d'imprimantes 3D ou les centres de recherche/universités privés et publics sont également répandues ici. Comme c'est le cas pour TAV VACUUM FURNACES SPA, ces collaborations aident les producteurs d'imprimantes 3D et les centres de recherche/universités à définir des normes de post-traitement et à améliorer constamment les caractéristiques du four en termes de performance, de productivité et de qualité sur les pièces imprimées en 3D.

### Resources:

Principale contribution: Interview avec Andrea Cassani, Sales Director à [TAV VACUUM FURNACES SPA](#).  
Contributions externes: [SECO/WARWICK S.A.](#) – [Desktop Metal](#) – [Nabertherm](#) – [General Kinematics](#)

# 3D ADEPT MEDIA



## All about Additive Manufacturing

Find your trade magazine in all major events dedicated to Additive Manufacturing



**3D Printing**  
AM solutions



**Materials**  
Post-processing



**Software**  
3D Scanner



**News**  
Interviews



**Research**  
Innovations



**Case studies**  
Tests

contact@3dadept.com  
www.3dadept.com / Tel: +32 (0)4 89 82 46 19  
Rue Borrens 51, 1050 Brussels - BELGIUM



15 SEPTEMBER  
**2021**

03.30 PM - 04.30 PM (CET)

What are the hidden complexities  
in construction 3D printing ?

# Additive Talks



Make sure you add  
this virtual session  
to your agenda!

## MAIN SPEAKERS



**Henrik Lund-Nielsen**  
Founder & General Manager,  
COBOD International A/S



**Sandra Lucas**  
Assistant professor in  
3D printing of concrete



**Dr. Fabian Meyer-Broetz**  
Head of 3D Construction  
Printing at the PERI GmbH



**JOIN THE CONVERSATION**  
[www.additive-talks.com](http://www.additive-talks.com)

**MORE QUESTIONS?**  
[info@additive-talks.com](mailto:info@additive-talks.com)



**Additive Talks**

3D ADEPT S.P.R.L (3DA)- BE0681.599.796  
Rue Borrens 51 – 1050 Brussels  
Email: [contact@3dadept.com](mailto:contact@3dadept.com)  
Tel: +32(0)486745887



# ESPACE STARTUP

## GAGNER DU TEMPS DANS LE DÉVELOPPEMENT DE PRODUITS : POURQUOI L'IMPRESSION 3D MÉTAL HYBRIDE DE MANTLE EST UN PARI INTÉRESSANT

Dans une industrie où l'un des enjeux majeurs consiste à réduire les cycles de « mise sur le marché » des produits, la fabrication additive est souvent directement classée comme une technologie permettant de produire plus rapidement par rapport aux procédés de fabrication classiques. Pourtant, pour certaines applications telles que l'outillage de moule – qui est essentiel pour le développement de nombreux produits –, certains procédés de FA sont non seulement coûteux, mais sont aussi longs que l'usinage conventionnel, sans compter qu'ils obligeront toujours l'opérateur à effectuer certains usinages avant d'obtenir la pièce finale imprimée en 3D.

Il est intéressant de noter qu'une autre alternative est récemment apparue sur le marché, une alternative qui offrirait un pari plus intéressant en termes de délais d'outillage et de mise sur le marché des produits ; une alternative qui est basée sur des **pâtes métalliques**.

**Mantle**, une start-up basée à San-Francisco qui a récemment abandonné le mode furtif, après une levée de fonds [secrète de 13 millions de dollars](#), propose ce concept fascinant sur le marché. Avec une solution technologique appelée **TrueShape**, la société a décidé de se concentrer uniquement sur le marché de l'outillage (pour l'instant) ; un intérêt spécifique, qui est parfaitement compréhensible quand on connaît le parcours et l'expertise des fondateurs. En fin de compte, c'est souvent votre expérience qui détermine comment vous allez façonner l'avenir, n'est-ce pas ?

Eh bien, Mantle a été fondée par **Ted Sorom** (CEO) et **Steve Connor** qui sont respectivement ingénieur en conception mécanique et chimiste de formation. Même si l'entreprise est officiellement entrée sur le marché



en février 2021, il convient de noter que Sorom et Connor l'ont fondée il y a plus de cinq ans.

Leurs expériences professionnelles respectives ont conduit au développement de TrueShape dans la mesure où, dès le début de sa carrière, Connor a acquis une expertise et a décidé de se spécialiser dans les nanoparticules et les pâtes métalliques. Il a même développé avec succès un « produit de remplacement à moindre coût pour les pâtes métalliques d'argent coûteuses utilisées dans l'industrie solaire. » « Il a ensuite changé de vitesse pour voir si une technologie similaire pouvait être utilisée pour la fabrication additive », a déclaré Sorom à 3D ADEPT Media.

L'accent mis sur le marché de l'outillage pourrait s'expliquer par le fait que sa [taille était évaluée à 212 500,0 millions de dollars en 2020](#), et qu'elle devrait atteindre 439 994,9 millions de dollars d'ici 2030, enregistrant un TCAC de 7,5 % de 2021 à 2030. Au-delà de ces chiffres, notons que Sorom a également acquis une grande expérience dans le domaine. En effet, juste après l'obtention de son diplôme, il a « rejoint une entreprise verticalement intégrée qui fabriquait des équipements haut de gamme en utilisant des pièces métalliques usinées par CNC et des pièces en plastique moulées par injection. »

« Je concevais les pièces et les moules à l'étage, puis je descendais fabriquer les moules avant de les mettre en pleine production. J'ai vu de mes propres yeux combien le processus de fabrication d'outils était long et coûteux, même pour une simple pièce en plastique. Le calendrier de lancement de nos nouveaux produits était conditionné par l'outillage. Malheureusement, mon expérience n'est pas unique ; presque toutes les entreprises de fabrication sont confrontées à ces mêmes défis. Chez Mantle, nous avons concentré nos efforts pour relever ces défis », se souvient-il.

## Comprendre l'épine dorsale de l'industrie manufacturière

Souvent considéré comme l'épine dorsale de l'industrie manufacturière, l'outillage implique la conception et la fabrication des outils nécessaires à la production en série de pièces, pièces qui peuvent impliquer la fabrication de moules et de matrices (presses), le forgeage, le calibrage, les gabarits et les montages, et les outils de coupe, tous utiles pour produire d'autres pièces pour les voitures, les turbines, les hélices, pour n'en citer que quelques-unes.

La conception et la fabrication de ces outils ayant une incidence directe sur la qualité de la production de l'industrie utilisatrice finale, le choix du processus de fabrication utilisé ici est d'une importance capitale. « Les applications d'outillage exigent une finition de surface exceptionnelle et un haut degré de précision », souligne Sorom. Pour offrir un tel rendu, Mantle a décidé de combiner le meilleur des deux mondes : **l'usinage traditionnel et la fabrication additive.**

En plus, en ce qui concerne la FA, les fondateurs voient ici une opportunité pour cette technologie d'avoir un impact important sur la production de produits en grand volume.

## TrueShape

Historiquement, la fabrication d'outils à l'aide d'une méthode de fabrication traditionnelle nécessite souvent un processus en plusieurs étapes comprenant la programmation, la découpe et la finition des outils – un processus qui, au final, peut prendre plusieurs mois au lieu de quelques jours seulement avec la technologie de FA dédiée.

**L'impression hybride de métal lié** de Mantle fonctionne en extrudant une pâte métallique propriétaire avant d'affiner la surface de la pièce via un usinage soustractif traditionnel. Pour ceux qui ne les connaissent pas, sachez que les pâtes métalliques sont souvent utilisées pour combler les bosses sur toute surface métallique et solide, ainsi que pour les fixations de granits et autres industries connexes. Habituellement, une résine et un durcisseur sont combinés pour créer une liaison durable et très résistante qui sèche en quelques minutes et peut être utilisée pour réparer, remplir et reconstruire toutes les surfaces métalliques et en béton.

Dans le cas de Mantle, **la pâte est composée de particules métalliques et de supports liquides**, que l'on extrude pour construire les pièces couche par couche.



Legend: Metal Paste – Credit: Mantle

« Nous chauffons et séchons ensuite la pâte à l'intérieur de l'imprimante, ce qui élimine le support liquide et laisse un «corps vert» relativement mou qui peut être usiné rapidement et facilement. L'usinage crée la précision, la finition de surface et les caractéristiques fines nécessaires aux pièces de précision comme les moules. L'étape finale est le frittage, qui est important car il permet de fusionner les particules de métal et d'établir les propriétés finales du matériau. Le frittage s'effectue dans un four à haute température qui amène la température des pièces juste en dessous du

point de fusion du matériau, puis la refroidit. Lorsque les pièces sortent du four, elles sont des aciers à outils de haute dureté avec des surfaces extraordinairement lisses qui peuvent être utilisées directement dans des applications d'outillage de moules à injection sans aucun post-traitement des surfaces des moules », a déclaré le PDG à 3D ADEPT.

D'après les explications de l'entreprise, la principale différence avec les autres procédés de FA réside dans l'étape de post-traitement. Ce n'est un secret pour personne que cette étape du cycle de production prend souvent plus de temps que l'étape de

fabrication elle-même, et est même plus coûteuse que la fabrication d'une pièce. **TrueShape** a pour ambition de réduire considérablement, voire de supprimer cette étape, lorsque cela est nécessaire.

Il n'y a pas grand-chose à dire si on la compare aux procédés de fabrication classiques. Cependant, nous savons que cette technique semble avantageuse par rapport à certains procédés de FA qui mettent en avant des avantages de conception tels que le refroidissement conforme. En fait, le procédé de Mantle semble aller au-delà de ces avantages, puisqu'il peut également



assurer une certaine **uniformité du matériau au cours du processus**, ce qui est essentiel pour obtenir la reproductibilité des pièces.

Cela est principalement dû à la façon dont la pâte métallique fluide est distribuée, afin de créer des microstructures plus solides directement dans la pièce imprimée en 3D. Jusqu'à présent, Mantle a développé **deux matériaux d'acier comparables aux aciers à outils très courants**, P20 et H13, pour les besoins spécifiques de l'industrie de l'outillage.

Pour illustrer les capacités de sa technologie, Sorom a cité l'exemple d'un fabricant mondial de dispositifs médicaux qui a utilisé TrueShape pour fabriquer des inserts de moule en acier pour cavités et noyaux. Grâce au procédé d'impression hybride sur métal, cette entreprise a réussi à faire passer sa production de 7 semaines à 8 jours, et à réduire ses coûts de plus de 50 %.

### La prochaine étape dans le pipeline

Le premier objectif de Mantle est de démontrer comment TrueShape est capable de fabriquer des composants de précision, en mettant l'accent sur l'outillage comme première application. Pour l'avenir, la société s'attend à ce que ses clients trouvent toutes sortes d'utilisations pour cette technologie.

«Les autres domaines d'application comprennent les gabarits et les montages de précision et les pièces de rechange/à faible volume pour les applications industrielles», note le PDG. «Nous prévoyons également que, dans plusieurs années, notre technologie sera qualifiée pour des applications finales dans les domaines médical, aérospatial et automobile», complète-t-il.

Enfin, en tant que jeune fabricant de machines, nous pourrions



Medical device mould insert – Image: Mantle

nous attendre à ce que Mantle développe de nouveaux matériaux, des processus d'impression plus rapides et des enveloppes de construction plus grandes, mais ce que nous sommes impatients de voir pour l'instant, c'est la livraison de leurs premiers systèmes, car cela marque souvent un véritable positionnement sur la scène internationale de l'industrie.

## TÉLÉCHARGEMENT GRATUIT DU DERNIER NUMÉRO DU MAGAZINE



SCAN ME



[WWW.3DADEPT.COM](http://WWW.3DADEPT.COM)



Chaque jour, nos rédacteurs fournissent aux lecteurs des nouvelles, des rapports et des analyses sur l'industrie de la fabrication additive. Pour naviguer dans cette mine d'informations, nous avons défini une liste de sections et de sous-sections qui pourraient vous aider à trouver ce qui est important pour vous.

## AVEZ-VOUS DES INFORMATIONS RELATIVES À L'IMPRESSION 3D OU UN COMMUNIQUÉ DE PRESSE À PUBLIER?

Envoyez un email à [contact@3dadept.com](mailto:contact@3dadept.com)



COMMUNIQUÉ  
DE PRESSE



ÉTUDES DE CAS



PROMOTIONS



[contact@3dadept.com](mailto:contact@3dadept.com)

[www.3dadept.com](http://www.3dadept.com)

+32 (0)4 89 82 46 19

Rue Borrens 51,1050 Brussels - BELGIUM



**ASSUREZ-VOUS DE VOUS INSCRIRE À NOTRE NEWSLETTER POUR RECEVOIR LES DERNIÈRES NOUVELLES DE L'INDUSTRIE ET LES AVANCÉES EN MATIÈRE DE FABRICATION ADDITIVE.**



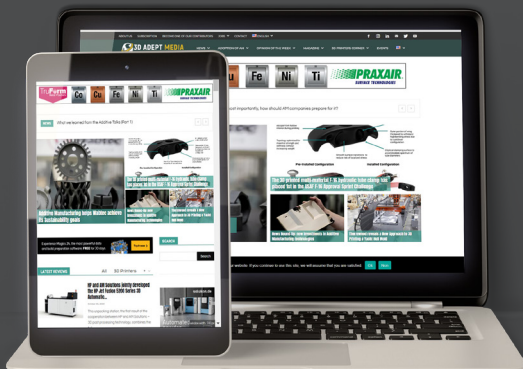
3D Adept est une société de communication dédiée à l'industrie de l'impression 3D. Nos médias fournissent en anglais et en français, les dernières tendances et analyses de l'industrie de l'impression 3D. 3D Adept Media comprend un média en ligne et un magazine bimestriel, 3D Adept Mag. Tous les numéros de 3D Adept Mag peuvent être téléchargés gratuitement. Notre mission est d'aider toute entreprise à développer ses services et activités dans le secteur de l'impression 3D.

# 3D ADEPT MAG

Le Magazine de la Fabrication Additive



6 numéros par an



[www.3dadept.com](http://www.3dadept.com)

**Contactez - nous !!!**

[contact@3dadept.com](mailto:contact@3dadept.com)

[www.3dadept.com](http://www.3dadept.com)

+32 (0)4 89 82 46 19

Rue Borrens 51,1050 Brussels - BELGIUM



AM Solutions Catalogue 2022

# AM SOLUTIONS

INTERNATIONAL  
CATALOGUE  
2022

Edited by 3D ADEPT MEDIA

**INDUSTRIAL  
3D PRINTERS &  
POST-PROCESSING  
SOLUTIONS**

Published by 3D ADEPT Media

Ready for the 2022 International Catalogue of Additive Manufacturing Solutions ?