

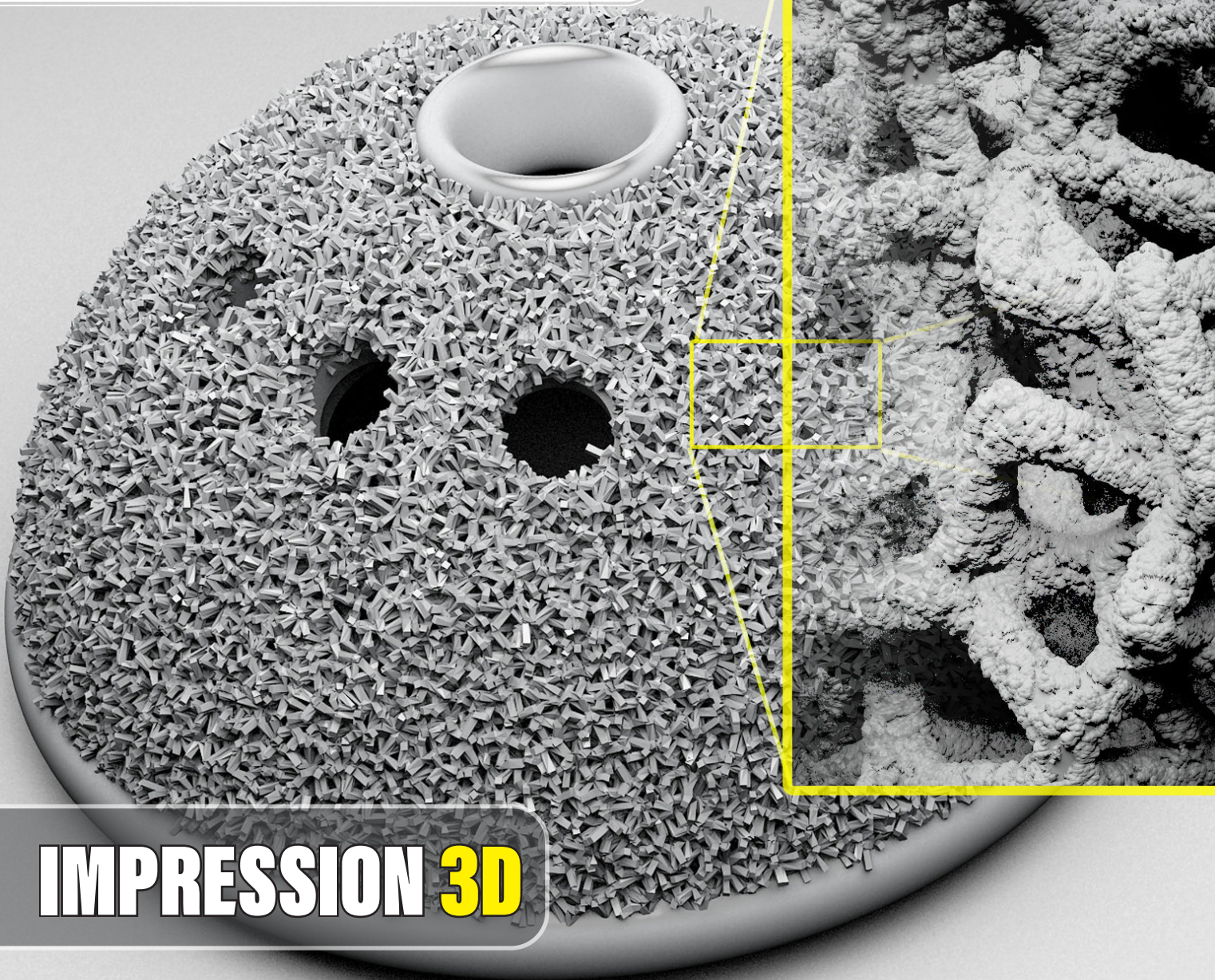
additive

FABRICATION

FABRICATION

additive

3D ADEPT **MAG**



IMPRESSION **3D**

FOCUS - LA FABRICATION ADDITIVE POUR L'AÉROSPATIALE

DOSSIER - IMPRESSION 3D MULTI-MATÉRIAUX : OÙ EST-CE QUE ÇA COINCÉ ?

N°1 - Vol 5 / Janvier - Février 2022

Edité par 3D ADEPT MEDIA - ISSN : 2736-6626

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:

Tru2Spec 

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



A Linde company

**PRAXAIR**
SURFACE TECHNOLOGIES

Learn more: 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

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@3dadept.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.

Cover image : Image de Autodesk



Questions :

3D ADEPT SPRL (3DA)

VAT: BE0681.599.796

Belgium -Rue Borrens 51 - 1050 Brussels

Phone: +32 (0)4 86 74 58 87

Email: contact@3dadept.com

Online: www.3dadept.com

Sommaire

Editorial04

Dossier.....07

IMPRESSION 3D MULTI-MATÉRIAUX : OÙ EST-CE QUE ÇA COINCHE ?

Post-traitement.....15

UN REGARD PLUS ATTENTIF SUR LES TRAITEMENTS DE SURFACE DANS L'IMPRESSION 3D MÉTAL

Interview du mois | Sintavia21

SINTAVIA DISCUTE DES STRATÉGIES DE FABRICATION ADDITIVE POUR S'ADAPTER AUX DIFFÉRENTES ORIENTATIONS DU MARCHÉ DE L'AÉROSPATIALE COMMERCIALE.

“AM Shapers”27

BOEING - AM WORKFLOW INTEGRATION IN THE AEROSPACE INDUSTRY: HOW DO WE EARN CREDIBILITY AS A VIABLE MANUFACTURING TECHNOLOGY ?

Business31

QUE SIGNIFIE LEVER DES FONDS AUPRÈS DE SOCIÉTÉS DE CAPITAL-RISQUE POUR LES ENTREPRISES DE FABRICATION ADDITIVE ?

Logiciels33

CAO ET/OU MAILLAGE : POURQUOI LE CHEMIN DE LA PRÉPARATION DES FICHIERS POUR L'IMPRESSION 3D PEUT ÊTRE DÉROUTANT ?

Etude de cas37

AU LIEU DE PRODUIRE 248 ÉLÉMENTS, ARIANE GROUP IMPRIME EN 3D UNE TÊTE D'INJECTEUR D'UN MOTEUR DE FUSÉE EN UN SEUL COMPOSANT.

Publi-rédactionnel | événement39

LA FABRICATION ADDITIVE POUR L'AÉROSPATIALE ET L'ESPACE

Bonjour & bienvenue



L'innovation d'aujourd'hui nécessite quelques fois un retour aux sources.

Lorsque nous avons commencé le volume 2021 de 3D ADEPT Mag, les choses étaient assez incertaines. L'année 2020 avait été difficile, en particulier pour l'industrie aérospatiale qui avait vu les flottes d'avions commerciaux et le trafic aérien baisser dans le monde entier. Il est intéressant de noter que l'aspect manufacturier de ce secteur vertical a cependant confirmé quelque chose : l'innovation a toujours été avant tout un retour aux sources. Ce qui est intéressant quand on sait que la FA et l'aérospatiale ont été liés dès le premier jour.

Les entreprises aérospatiales ont été parmi les premières à saisir l'essence de la FA et son potentiel pour créer des composants efficaces et améliorés. Au fil des ans, la synergie entre le monde universitaire, les PME et les utilisateurs finaux a permis de tirer parti de la «science fondamentale» pour faire évoluer et qualifier les processus de FA, et pour améliorer encore l'efficacité des avions et des flux de production.

Avions-nous besoin de ce nouveau rappel ? OUI. Cela nous aidera-t-il à aller de l'avant ? DÉFINITIVEMENT. Comment ? Il y a plusieurs routes, mais elles mènent toutes à Rome.

Pour donner le coup d'envoi de ce volume 2022 de 3D ADEPT Mag – qui marque aussi une nouvelle année, nous avons décidé d'explorer les voies actuelles de la fabrication additive dans l'aérospatiale, les applications intéressantes dans ce secteur vertical, les «nouveaux» procédés de fabrication additive qui peuvent être intégrés aux technologies existantes et l'hybridation des solutions logicielles.

Ce numéro rappelle et montre que l'industrie de la fabrication additive s'inscrit sur un marché avec des techniques de fabrication qui existent depuis au moins un siècle et qu'il y a des raisons d'être optimiste quand on voit le chemin parcouru.



Kety SINDZE

Editrice-en chef chez 3D ADEPT Media

✉ kety@3dadept.com

Editorial



Significant Cost Savings on Additive Tool

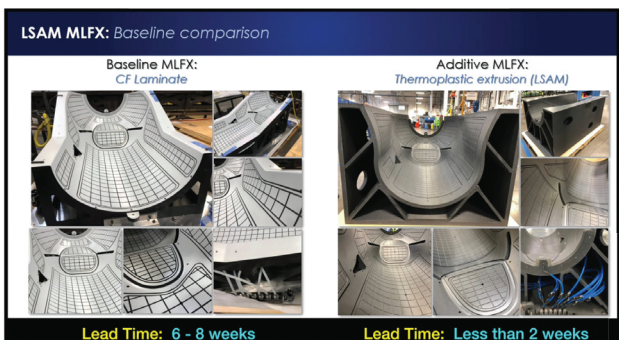
Partnership between Thermwood and General Atomics

The Details

Using a Thermwood LSAM 1020, the tool was printed from ABS (20% Carbon Fiber Filled) in 16 hours. The final part weighing 1,190 lbs was machined in 32 hours.

Cost Savings of around \$50,000 vs traditional methods

Total lead time for the part decreased from 6-8 weeks to less than 2 weeks by utilizing the powerful LSAM system.

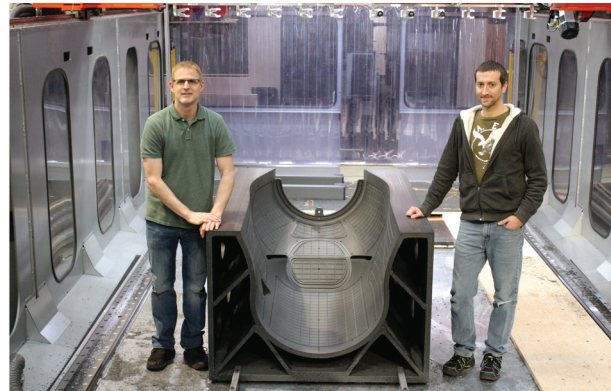


Scan QR code to view a video of the LSAM and General Atomics process.

THERMWOOD

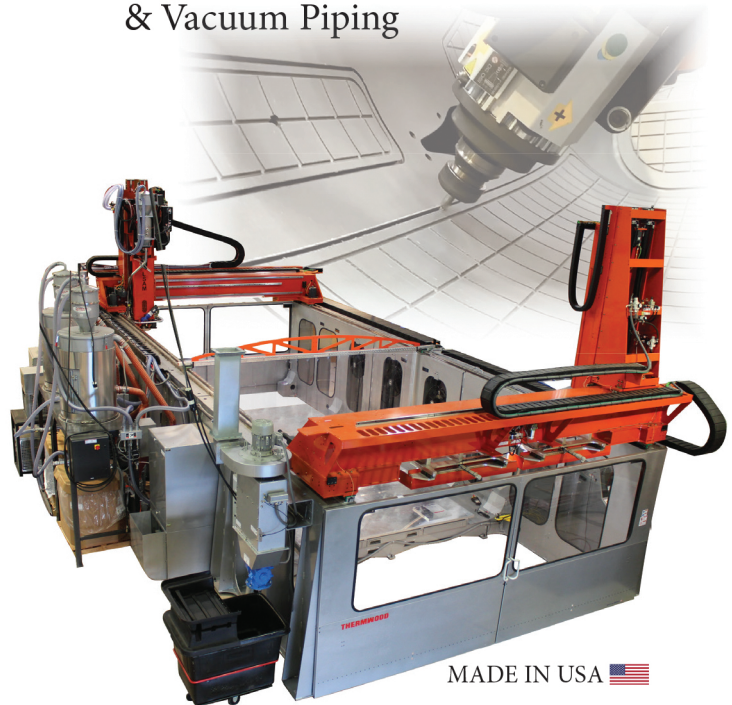
www.thermwood.com

800-533-6901



The Results

- Cost Reduction: 2-3 times
- Faster Development: 3-4 times
- Production Capable Tool
- Vacuum Integrity
- Suitable for Large, Deep 3D Geometries, Backup Structures & Vacuum Piping



MADE IN USA

Impression 3D multi-matériaux DOSSIER



Légende : L'opérateur d'Aerosint travaillant sur la machine de l'entreprise. Image via Aerosint

IMPRESSION 3D MULTI-MATÉRIAUX : OÙ EST-CE QUE ÇA COINCE ?

L'impression 3D multi-matériaux a le vent en poupe. Qui ne voudrait pas recevoir une pièce répondant au critère du « meilleur rapport qualité-prix » ? C'est l'argument de vente le plus important de l'impression 3D multi-matériaux. Comme la plupart des technologies de FA, me direz-vous, mais l'impression 3D multi-matériaux a un argument plus séduisant quand on comprend le processus de fabrication : utiliser plusieurs matériaux en même temps pour fabriquer un objet. Cela signifie que, du développement de produits, du prototypage et de l'outillage interne aux pièces de production en faible volume, cette méthode de fabrication peut apporter un important retour sur investissement - si elle est bien réalisée. Alors, où est-ce que ça coince ?

L'impression 3D multi-matériaux suscite une certaine confusion dans la manière dont les industries doivent la définir. S'agit-il d'un type

de processus de FA ? S'agit-il d'une forme ou d'une procédure ajoutée à un processus de fabrication existant ? L'industrie et les universitaires n'ont pas encore trouvé de terrain d'entente.

Chez 3D ADEPT, afin d'éviter toute confusion dans la manière de discuter de ce sujet, nous avons considéré l'impression 3D multi-matériaux comme une « procédure spécifique » qui définit le type de processus de FA que vous utilisez ; une procédure qui peut être appliquée à plusieurs types de processus de FA.

Jusqu'à présent, nous avons identifié six types différents de technologies de FA qui peuvent utiliser cette procédure : **Fuse Filament Fabrication** (FFF - avec buse unique ou multi-buse), **Stereolithographie** (SLA), **Material Jetting**, **Binder Jetting**, **Directed Energy Deposition** (DED) et **Powder-Bed/SLS**.



Il est intéressant de noter que l'équipe d'Aerosint coupe la poire en deux et considère l'impression 3D multi-matériaux à la fois comme une procédure et comme un nouveau type de processus de fabrication :

« Le nouvel aspect multi-matériaux peut être considéré comme ajoutant un degré de liberté (et de complexité) aux techniques existantes. Cependant, la possibilité d'utiliser deux matériaux dans un seul lit offre également d'autres possibilités, peut-être quelque peu inattendues.

Par exemple, l'utilisation du dépôt multi-matériaux pour déposer de la poudre vierge à côté de la poudre recyclée. Cela peut permettre d'utiliser uniquement la poudre vierge pour construire les pièces, de remplir le reste du lit, et de construire le support, avec du matériau usagé recyclé. Cet angle est peut-être plus prêt pour une adoption industrielle.

De même, comme dans le cas de la FDM, il est peut-être possible d'utiliser un second matériau pour imprimer uniquement les supports.

Enfin, nous nous concentrons sur le **dépôt de matériau**. S'il est effectivement utile pour la FA sur lit de poudre, les matériaux en poudre sont également utilisés dans d'autres techniques de production. J'ai déjà mentionné la métallurgie des poudres (MP) traditionnelle. Techniquement, rien n'empêche un utilisateur final d'essayer de contrôler quelle poudre se trouve à quel endroit dans une matrice en utilisant le dépôt sélectif de poudre pour fabriquer des pièces multi-matériaux de cette manière. Si vous voulez, cela se situe un peu entre la FA et la MP».

Quel que soit le type de technologie auquel elle est associée, l'adoption de l'impression 3D multi-matériaux reste relativement lente dans tous les secteurs. Pour comprendre les raisons de cette lenteur, cet article se penche sur les points suivants :

- Le processus de fabrication lui-même
- Le point de vue des matériaux
- Le point de vue des logiciels.
- La réalité du marché

Plusieurs technologies permettant l'impression 3D multi-matériaux seront citées en exemple. De plus, pour aborder ce sujet, deux organisations se sont jointes à nous: **l'équipe d'Aerosint** (Bram Neirinck, Maxime Schoenmakers, Edouard Moens de Hase) qui apporte le point de vue du fabricant et l'équipe de FA de la KU Leuven (Prof. Brecht Van Hooreweder, Dr. Louca Goossens & Dr. Jitka Metelkova) qui apporte le point de vue des universitaires et des utilisateurs.

Le point de vue de la fabrication

Parmi la liste des avantages qui sont souvent mentionnés lorsqu'on parle d'impression 3D multi-matériaux, ceux qui sont le plus mis en avant sont souvent la **vitesse** et la **précision**.

« Du point de vue de l'utilisateur final, le délai total peut être encore réduit en utilisant l'impression multi-matériaux. En particulier lorsqu'il s'agit d'assemblages, qui nécessitent généralement des opérations d'assemblage telles que le soudage, le boulonnage, le collage, etc », l'équipe de KU Leuven commente.

Cependant, les arguments de vitesse et de précision peuvent également, facilement être mis en avant dans d'autres procédés de FA. Dans le cas de l'impression 3D multi-matériaux, la comparaison se fait généralement avec un **procédé de fabrication mono-matériau** - ce qui, à notre avis, peut être une **arme à double tranchant**.

Les fabricants de machines doivent faire attention à la manière dont ils qualifient leurs procédés d'impression 3D multi-matériaux, en particulier lorsqu'ils visent des prospects industriels, car non seulement ces derniers peuvent avoir des critères de référence différents à l'esprit, mais si ces exigences ne sont pas satisfaites, ils pourraient facilement disqualifier leurs systèmes.

Pour ces raisons, nous comprenons les nuances que l'équipe d'Aerosint établit ici lorsqu'elle déclare, il est difficile d'affirmer que le processus de fabrication avec une approche multi-matériaux est automatiquement plus rapide :

« Cela dépend des formes et des applications que vous comparez, et des méthodes de fabrication que vous voulez comparer.

Comme pour la FA mono-matériau, il est difficile de comparer avec des pièces et des méthodes usinées de manière traditionnelle. Comme nous disposons d'une plus grande liberté de conception / d'autres règles de conception, l'accent sera souvent mis sur l'optimisation de la conception et de la fonctionnalité des pièces. Par conséquent, des pièces fabriquées pour la même application peuvent avoir un aspect complètement différent.

Dans notre cas spécifique, notre point de référence est la **mise en couche de la poudre avec un racleur standard**. Actuellement, notre récupérateur est encore plus lent, mais nous travaillons dur pour que la vitesse de déposition avec notre récupérateur multi-matériaux soit dans la même gamme de vitesse, et même potentiellement au-delà.

Comme nous ne poussons pas un tas de poudre vers l'avant sur les pièces déjà imprimées et le lit de poudre, nous ne subissons pas le même type d'effets de friction entraînant des ondulations ou des défauts causés par une coucheuse frappant les pièces. Il est donc possible d'aller plus vite si nous pouvons optimiser la mise en forme. »

Dans un autre ordre d'idées, nous avons examiné d'autres points de référence qui permettent à d'autres approches multi-matériaux de sortir du lot. Il y a deux ans, par exemple, une équipe d'ingénieurs de [l'université Columbia de New York](#) a modifié le processus de

frittage sélectif par laser (SLS) en inversant le laser pour qu'il pointe vers le haut. Cette modification a permis d'utiliser le procédé pour l'impression multi-matériaux.

Le frittage sélectif par laser consiste traditionnellement à fusionner des particules de matériau à l'aide d'un laser dirigé vers le bas dans un lit d'impression chauffé. Un objet solide est construit de bas en haut, l'imprimante déposant une couche uniforme de poudre et utilisant le laser pour fusionner sélectivement certains matériaux de la couche. L'imprimante dépose ensuite une deuxième couche de poudre sur la première, le laser fusionne un nouveau matériau avec celui de la couche précédente, et le processus est répété encore et encore jusqu'à ce que la pièce soit terminée. Ce processus fonctionne bien si un seul matériau est utilisé dans le processus d'impression.

Pour éliminer complètement le besoin d'un lit de poudre, les ingénieurs de Columbia ont installé plusieurs plaques de verre transparent, chacune recouverte d'une fine couche d'une poudre plastique différente. Ils ont abaissé une plateforme d'impression sur la surface supérieure de l'une des poudres et ont dirigé un faisceau laser vers le haut, depuis le dessous de la plaque, à travers le fond de la plaque. Ce processus permet de sintériser sélectivement une partie de la poudre sur la plate-forme d'impression selon un modèle préprogrammé, conformément à un plan virtuel. La plateforme est ensuite soulevée avec le matériau fondu, puis déplacée vers une autre plaque, recouverte d'une autre poudre, où le processus est répété. Cela permet d'incorporer plusieurs matériaux dans une seule couche ou de les empiler. Pendant ce temps, l'ancienne plaque usagée est remplacée.

Une autre approche

multi-matériaux intéressante qui mérite d'être mentionnée est celle de [d'Inkbit](#), une start-up américaine qui développe une imprimante 3D à jet d'encre. Contrairement aux autres imprimantes 3D industrielles basées sur le jet de matière, celle-ci est dotée «d'yeux et d'un cerveau». L'entreprise appelle cela un «système de vision» ; il est intégré à son imprimante 3D et rend la machine intelligente. Pendant le processus de fabrication, chaque couche est scannée à une résolution de l'ordre du micron immédiatement après le dépôt. S'il y a des écarts par rapport à la géométrie prévue, ils sont immédiatement corrigés en temps réel en recadrant la couche suivante.

Destiné à la production, Inkbit développe une machine capable de produire des pièces contenant, par exemple, une zone souple et une zone rigide, dans la même construction.

Ces capacités nous amènent à nous interroger sur les fonctionnalités de ces pièces. Peut-on légitimement dire qu'une approche multi-matériaux conduit à des pièces imprimées en 3D multi-fonctionnelles ? « Outre sa multifonctionnalité, le multi-matériau peut également être utilisé pour des composants mono-matériaux avec l'avantage supplémentaire d'ajouter des structures de support dans un autre matériau (par exemple, un support soluble dans l'eau), ou de fabriquer des micro-canaux remplis d'un matériau de remplissage facile à enlever », souligne l'équipe de la KU Leuven.

Qu'en est-il des performances mécaniques de la pièce ?

Qu'il s'agisse d'une approche multi-matériaux basée sur le jet de matière comme celle d'Inkbit ou de dp polar ou basée sur la fusion en lit de poudre comme celle d'Aerosint, la réponse est souvent la même : **ce domaine est boosté par des demandes spécifiques de matériaux et il y a donc très peu de données sur les performances mécaniques.**

Prenant exemple sur leur technologie, **Bram Neirinck**, responsable des applications frittées chez **Aerosint**, déclare :

« Je considère que la FA multi-métaux en est au même stade que le procédé L-PBF lorsque les premiers lasers à fibre capables de produire des pièces denses sont devenus disponibles. Même si le potentiel est là pour produire des pièces dont les propriétés peuvent être comparées à celles de matériaux de billettes soudés ensemble, le travail de développement de ce processus ne fait que commencer. L'un des avantages dont nous disposons est que le procédé L-PBF est déjà bien mieux compris. Par conséquent, nous nous attendons à ce que les développements se fassent à un rythme accéléré par rapport aux premiers efforts de la FA métallique. »

Le point de vue des matériaux

En général, l'industrie de la fabrication additive souffre déjà d'un manque de matériaux. Ce manque semble être exacerbé pour les procédés de fabrication qui visent à proposer l'impression 3D multi-matériaux au cœur de leur processus.

Pour les deux équipes qui contribuent à ce dossier, la **compatibilité des matériaux** est l'enjeu majeur des principaux procédés.

En outre, pour résoudre le problème de la compatibilité des matériaux, l'ensemble de la chaîne de traitement doit être développé et sécurisé à partir de zéro : « Cela comprend les éléments de base, comme les stratégies d'effort laser, et le post-traitement, comme les traitements thermiques, et ce pour chaque combinaison de matériaux », explique l'équipe d'Aerosint.

Des considérations spécifiques doivent être prises en compte pour définir la compatibilité des matériaux avec un



Légende : l'image montre une machine Aerosint à côté d'un système Aconity3D. Aconity MIDI+ : Aujourd'hui, l'approche de l'impression multi-matériaux a été validée dans le cadre d'un processus de fusion laser à lit de poudre. L'imprimante Aconity MIDI+, équipée du dispositif de reprise d'Aerosint, est la première imprimante multi-matériaux par fusion laser à lit de poudre disponible dans le commerce. Image: Aerosint.

système d'impression 3D multi-matériaux. Pour les métaux, l'équipe de la KU Leuven note l'importance des éléments suivants : « les points de fusion, le coefficient de dilatation thermique, la compatibilité électrochimique, la solubilité et l'application finale. Par exemple, le cycle thermique d'un composant. Cela peut alors influencer de manière significative le niveau de contrainte dans le composant, conduisant dans le cas extrême à l'initiation de fissures et à la rupture par fatigue. »

« Comme nous combinons des matériaux, cela reposera beaucoup plus sur la métallurgie fondamentale. Nous sommes directement impliqués dans un projet qui étudie justement l'effet de la miscibilité et de la réactivité chimique sur le potentiel de traitement des matériaux », ajoute l'Aerosint en parlant de sa technologie.

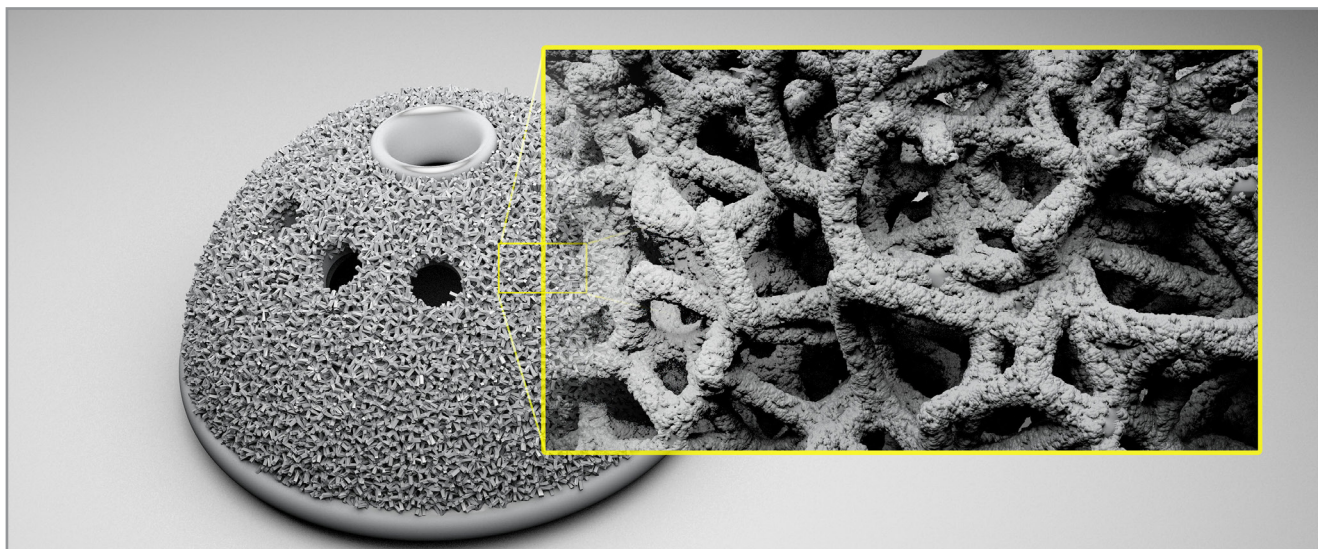
Parmi les autres défis liés à l'utilisation de plusieurs matériaux en même temps, citons le cas où le composant est en contact avec un électrolyte. Cela entraîne une corrosion galvanique qui affecte fortement la durée de vie du composant. « Il existe également un risque de mélange des matériaux, en particulier pour les technologies basées sur un lit de poudre, ce qui rend la poudre restante non consolidée inutile. Une approche pour résoudre ce problème consiste à ajouter un matériau de remplissage supplémentaire et à ne déposer que le matériau nécessaire à la fabrication. Le matériau de remplissage peut ensuite être recyclé pour être réutilisé », complète la KU Leuven.

Comme on l'a vu dans d'autres secteurs, l'une des principales solutions pour résoudre ces problèmes de matériaux consiste à encourager la collaboration entre les producteurs de matériaux et les fabricants de machines.

Le point de vue du logiciel

Comme vous le savez peut-être, de nombreux formats de fichiers conviennent à la FA. Néanmoins, ils ne permettent pas tous de définir différents matériaux dans le même fichier que la géométrie. STL, OBJ et PLY, par exemple, ne peuvent pas directement assurer le « support multi-matériaux ». Pour utiliser le format de fichier STL, l'ingénieur doit enregistrer un maillage STL par matériau, ce qui donne lieu à plusieurs fichiers pour les mêmes objets 3D. Le format de fichier OBJ, par exemple, doit être accompagné du format de fichier MTL.

Les formats de fichiers qui prennent facilement en charge **l'impression multi-matériaux** comprennent le **3MF** (le nouveau format de fichier standard pour l'impression 3D soutenu par le Consortium 3MF) ainsi que le VRML/X3D (qui permet d'inclure des animations).



Légende : L'« extension 3MF Beam Lattice » permet d'utiliser des informations géométriques de type treillis pendant la fabrication additive à toutes les échelles. Image d'Autodesk.

Toutefois, certains vendeurs de machines ou producteurs de pièces peuvent exiger l'utilisation d'autres formats de fichiers avec des informations techniques spécifiques. Par exemple, lors de l'impression en Polyjet, les ingénieurs doivent séparer leurs corps solides, spécifier quel corps doit être imprimé avec quel matériau et enregistrer en STEP. Cette opération peut être réalisée facilement dans la plupart des programmes de CAO paramétriques, bien que SolidWorks la rende plus facile.

Le processus multi-matériaux d'Aerosint, quant à lui, nécessite des fichiers de numérisation en tranches, comme c'est le cas pour la FA à matériau unique. « Seulement, ceux-ci sont maintenant divisés en zones pour les différents matériaux avec des paramètres différents. Nous travaillons avec l'équipe NetFabb d'Autodesk sur le découpage spécifique à ce procédé, mais techniquement, n'importe quel découpage OEM devrait fonctionner si vous pouvez charger les différentes sections et les découper individuellement. Le dépôt est géré par un fichier tranché séparé indiquant les zones de matériau requises. Mais nous utilisons un format de fichier ouvert pour cela, et même des fichiers d'image empilés pourraient être utilisés », soulignent-ils.

Au-delà des formats de fichiers, Aerosint déplore le fait que « les outils logiciels, tant

pour la conception que pour la modélisation des pièces, sont des héros souvent négligés de la fabrication additive. Ces outils sont d'une aide précieuse pour tirer le meilleur parti de la liberté de conception offerte par la fabrication additive, tout en contournant les limites des différentes techniques. L'ajout d'un paramètre de conception supplémentaire, comme un deuxième ou un troisième matériau, ne fait qu'alimenter l'imagination des personnes qui développent ces outils. Dans cette optique, nous avons déjà imprimé des démonstrateurs pour Gen3D, Hyperganic et Additive Flow, et chacun d'entre eux a abordé le potentiel des pièces multi-métal sous un angle différent, démontrant véritablement leur créativité. »

La réalité du marché

Si vous êtes un lecteur régulier de 3D ADEPT Media, vous savez certainement que nous nous concentrons sur les applications. Nous pensons que c'est l'une des façons les plus tangibles d'aborder une solution de fabrication. L'impression 3D multi-matériaux peut être utilisée par le biais de divers processus, et en tant que telle, cette approche laisse place à une myriade de possibilités.

« Pour s'en rendre compte, il suffit de considérer le nombre d'applications dans lesquelles les gens

ont optimisé les propriétés des matériaux dans les pièces pour en augmenter les propriétés. Il suffit de penser au durcissement des dents des engrenages en acier, au chromage d'un objet pour le rendre résistant à la rouille ou aux rayures, au surmoulage de caoutchouc TPU sur les poignées d'outils pour les rendre plus confortables, ... Même dans **AM Scaffold**, des sections ont été utilisées pour contrôler localement le module d'élasticité dans les implants médicaux afin d'éviter le blindage contre les contraintes. Et ce, sans modifier le matériau lui-même. Beaucoup d'entre eux peuvent passer à l'étape suivante si la composition réelle du matériau peut être contrôlée localement », s'enthousiasme Neirinck.

L'équipe de la **KU Leuven** cite également plusieurs exemples d'outils dotés d'un noyau ductile absorbant les chocs et d'une couche extérieure dure et résistante à l'usure, d'échangeurs de chaleur comportant des zones conductrices mais non structurelles combinées à des régions solides et rigides pour l'absorption des charges, ainsi que de pièces structurelles présentant un gradient local de rigidité, de conductivité et de propriétés magnétiques.

Ceci étant dit, nous nous sommes rendu compte que la plupart des imprimantes 3D industrielles qui proposent une approche multi-matériaux sont souvent basées sur le FFF ou le DED. Bien qu'ils présentent un grand potentiel pour le marché, il existe encore un large éventail de procédés d'impression 3D multi-matériaux qui ne sont pas exploités au niveau de la production. Certains inventeurs continuent d'améliorer leur technologie, tandis que les fournisseurs de machines, qui opèrent déjà en tant qu'entreprises autonomes, ciblent d'abord les instituts de recherche.

D'un autre côté, comme l'a déclaré **Melissa Orme** de Boeing à 3D ADEPT Media dans une interview (page 27), si les entreprises continuent à investir dans la R&D pour améliorer les technologies de FA, c'est uniquement parce qu'elles voient l'immense valeur de la technologie. Cet argument s'applique à l'impression 3D multi-matériaux. **Toutefois, n'oublions pas que, plus les investissements sont importants, plus la technologie sera chère pour l'acheteur.** Il faudra donc inévitablement justifier ce coût et, dans un contexte industriel, cela n'est possible que si nous nous occupons de « cas d'utilisation haut de gamme avec des exigences souvent strictes », selon les termes de Neirinck.

Comme le rappelle Neirinck : « Nous devons nous rappeler que la fabrication additive est 'en concurrence' avec des techniques de fabrication qui existent depuis au moins la majeure partie du siècle ». Il y a donc des raisons d'être optimiste lorsque l'on voit le chemin parcouru par la communauté de la FA.

Notes aux lecteurs

En plus de toutes les ressources externes mobilisées, ce dossier n'aurait pas été possible sans les grandes contributions de l'équipe d'Aerosint et de l'équipe AM de la KU Leuven.

Basée en Belgique, [Aerosint](#) a été fondée en 2016 et est devenue une société de **Desktop Metal** en juillet 2021. L'entreprise développe une technologie appelée dépôt sélectif de poudre qui permet un contrôle tridimensionnel complet du placement des matériaux dans les processus d'impression 3D sur lit de poudre. Cette technologie brevetée débloque un certain nombre de cas d'utilisation dans la fabrication additive, la métallurgie des poudres et au-delà, notamment l'impression de pièces multifonctionnelles. Alors que les systèmes de revêtement multi-matériaux de l'entreprise pour la FA commencent à être utilisés par les centres de recherche, l'équipe se concentre actuellement sur le développement de combinaisons de matériaux en acier et en cuivre. Ce choix est motivé par le besoin d'explorer ce qu'il est possible de réaliser dans le monde gris des métaux et par le nombre considérable d'applications qui pourraient bénéficier de la combinaison d'une conductivité thermique élevée avec une résistance chimique ou une grande solidité. L'entreprise salue et célèbre tout progrès réalisé dans la FA multi-matériaux car elle estime que tout développement dans ce domaine contribue à approfondir la base de connaissances, à alimenter les applications et à inspirer les développeurs.

Sous la supervision de son chef d'équipe, le professeur **Brecht Van Hooreweder**, l'équipe de FA de la [KU Leuven](#) se concentre sur la recherche en matière de FA et réalise la plupart de ses projets avec l'industrie. Dans le but de diffuser les connaissances sur la FA et de soutenir les industries par le biais de la collaboration et du développement de projets de recherche conjoints, l'unité de FA de la KU Leuven agit également comme une plaque tournante entre différentes entreprises qui n'auraient pas réussi à établir une collaboration essentielle pour des projets de recherche dédiés.

TÉLÉCHARGEZ VOTRE COPIE GRATUITE DU DERNIER NUMÉRO



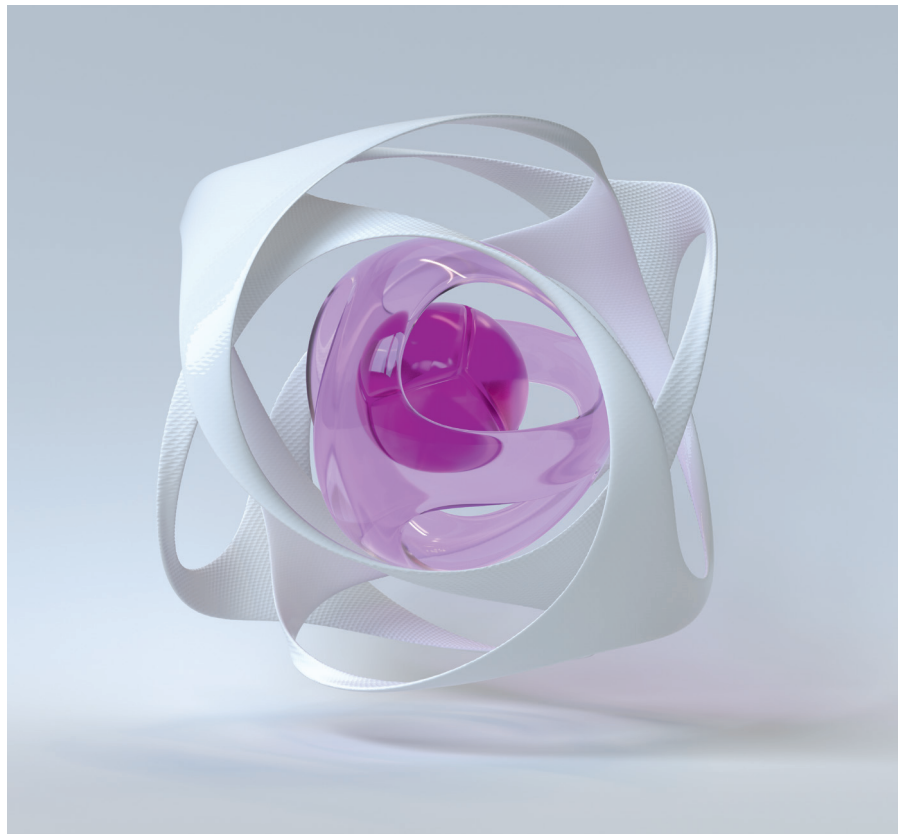
WWW.3DADEPT.COM

Infinity meets reality.

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

INFINAM®



 **EVONIK**
Leading Beyond Chemistry

Pioneers in material science

**High-quality metal powders
for additive manufacturing**

Reliable

Consistent

Reproducible

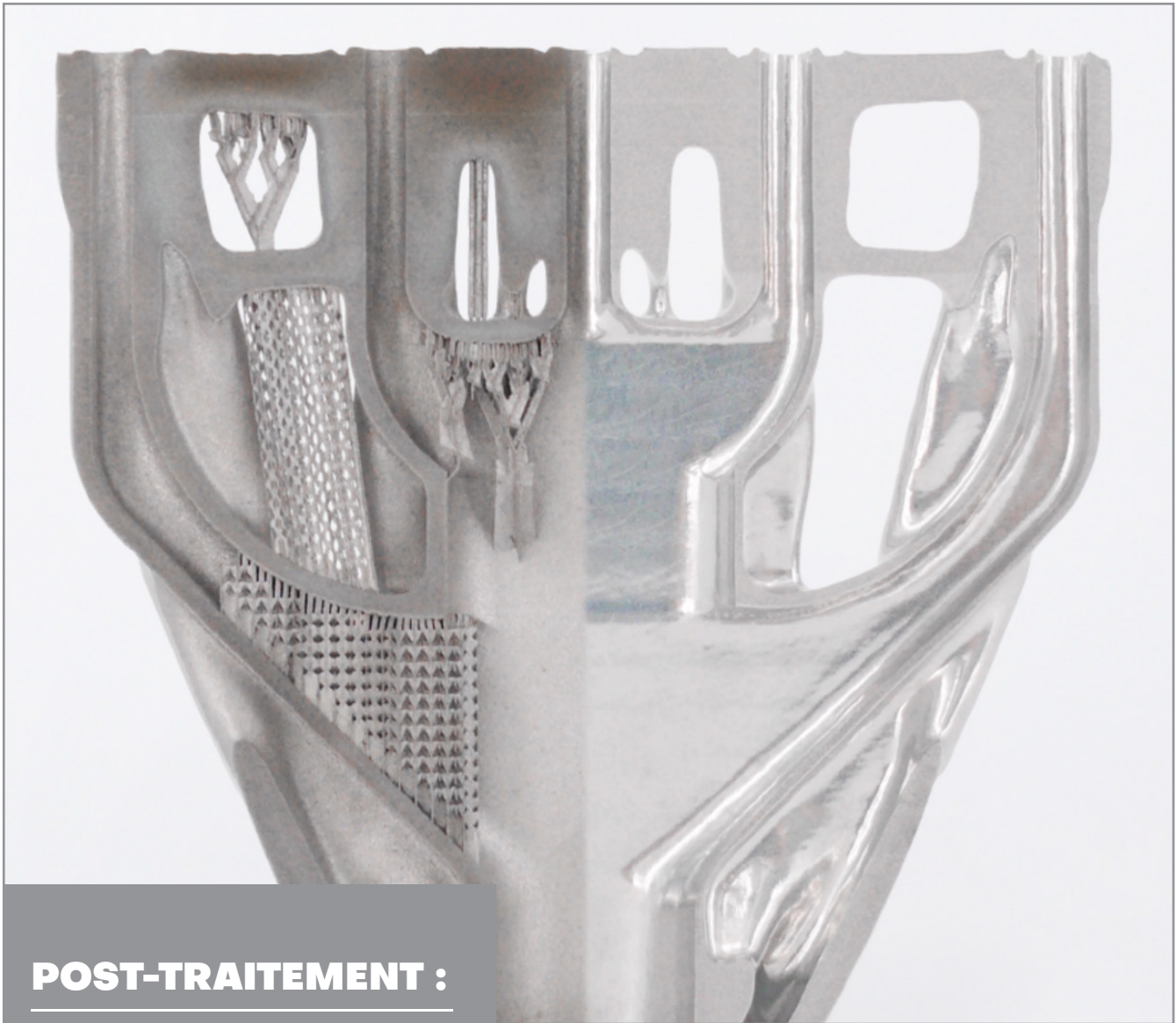
We match powder characteristics to
industrial-level AM technologies



Kymera[®]
INTERNATIONAL

To learn more about what we do, visit:
kymerainternational.com





POST-TRAITEMENT :

Un regard plus attentif sur les traitements de surface dans l'impression 3D métal

Vous vous souvenez que nous vous avons dit que le post-traitement est un terme générique qui couvre une variété d'étapes que les pièces imprimées en 3D doivent subir avant d'être utilisées à des fins finales ? Dans le but de fournir une compréhension approfondie de chaque tâche de post-traitement, nous avons commencé à partager des informations clés sur les problèmes soulevés par l'élimination de la poudre métallique, l'utilisation de fours dans la fabrication additive, ou même le processus de teinture automatisé pour les pièces imprimées en 3D. Dans cet article, nous allons examiner les meilleures pratiques et les conseils à connaître lors de la mise en œuvre d'une méthode de traitement de surface en impression 3D métallique.

La théorie veut qu'en FA, les ingénieurs puissent bénéficier d'une liberté de conception pour créer des formes complexes, mais la pratique révèle des contraintes de conception qui montrent que la géométrie que vous imprimez ne sera pas la même que celle de votre modèle 3D.

Plusieurs causes peuvent expliquer cela :

- Lors de l'exportation de votre fichier d'impression par exemple, les bords, contours, surfaces courbes et autres du modèle 3D sont approximés par des triangles dans un processus appelé tessellation. Lorsque cela se produit, les formes des cercles ne sont plus parfaites. Elles deviennent des approximations formées par une série de lignes droites ;
- Malgré l'optimisation de la direction de construction, le mode de fabrication couche par couche de la FA peut toujours être délicat pour les surfaces inclinées, les formes courbes ou les trous, et donner un effet d'"escalier" ;
- D'autres difficultés de fabrication et de conception peuvent être liées à la géométrie du modèle 3D, à la qualité de la poudre métallique ou à l'orientation de la construction. Ils peuvent affecter les dimensions

et les tolérances de votre pièce finale imprimée en 3D.

Ces problèmes peuvent être certaines des raisons pour lesquelles les opérateurs décident de mener un processus de traitement de surface ; afin qu'au final, ils puissent améliorer l'apparence de leur pièce, renforcer leur durabilité ou la capacité de la pièce à mieux résister à l'usure, à la corrosion, à la chaleur ou à d'autres éléments, lisser les surfaces inégales ou améliorer sa conductivité électrique.

Ce dossier propose un examen approfondi des méthodes de traitement de surface que les opérateurs peuvent appliquer aux pièces métalliques imprimées en 3D. Pour discuter de ce sujet, nous avons invité des contributeurs clés de deux entreprises : Jan Panhuis, conseiller technico-commercial senior chez Leering Hengelo (Normfinish) ainsi que Paul Gagorik, architecte de solutions et Behrang Poorganji, VP Material Technology de Morf3D.

Au cas où vous ne connaissiez pas ces entreprises, sachez que Normfinish (connue sous le nom de Leering Hengelo dans la région du Benelux), opère dans le monde du sablage et de la technologie de surface depuis 1980. La société fournit une large gamme de produits et de services pour les opérations liées au sablage fin, au polissage, au matage, à la finition, à l'ébavurage, à l'ébauche de surface, au nettoyage de surfaces telles que la rouille (oxydes) et le revêtement, ainsi qu'au grenailage.

Morf3D, quant à elle, apporte une expérience d'utilisateur autour de cette "table". L'entreprise s'appuie sur une expérience inégalée pour fournir une production en série par FA aux entreprises aérospatiales. En tant que producteur de pièces, Morf3D exploite ses capacités internes de post-traitement pour obtenir des structures fonctionnelles et des processus de fabrication entièrement optimisés pour des clients de premier plan du secteur aérospatial. Une fois qu'une pièce est retirée de la

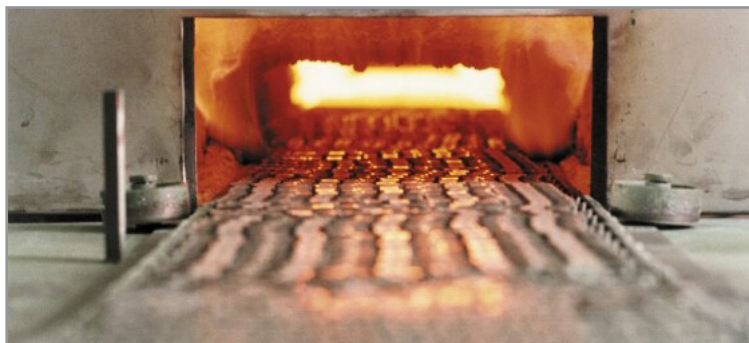
chambre de fabrication, l'équipe de Morf3D peut effectuer un large éventail d'étapes de post-traitement. Celles-ci comprennent, par exemple, le dépoudrage, l'inspection non destructive (rayons X, tomographie), le traitement thermique (détente, HIP, solution, vieillissement, trempe), le retrait du substrat (plaque de construction), le retrait du support, l'usinage CNC, le traitement de surface (grenailage, nettoyage par ultrasons, électropolissage, décapage, passivation, revêtements, peinture), l'assemblage/installation ainsi que le conditionnement et la certification des données numériques. Gagorik et Poorganji se concentreront ici sur les méthodes de traitement de surface.

Nous remercions également le fabricant de machines 3DEO, la plateforme de fabrication en ligne Factorem et SPC - Surface Treatment Experts pour les ressources partagées.

Justifier l'importance des méthodes de traitement de surface

Les catégories de méthodes de traitement de surface ne sont pas normalisées. Par conséquent, leur liste varie souvent d'une organisation à l'autre ; ou bien elle dépend du type de «propriétés esthétiques, de toucher ou de pièces» qu'elles apportent aux pièces. Jusqu'à présent, nous avons identifié

- Les méthodes de finition qui comprennent le polissage à la main, le sablage ou le meulage à commande numérique. La catégorie des «finitions mécaniques» qui comprend le ponçage, le polissage par ultrasons, le grattage et le culbutage, le polissage magnétique, le rodage, le limage ou le lissage à la vapeur.
- Les revêtements, qui peuvent inclure l'anodisation, le revêtement en poudre, la peinture ou le placage.
- La catégorie « finition par tranchant non définie » qui comprend le sablage abrasif, et la finition vibratoire.
- La catégorie « finition par énergie électrique » qui comprend l'électropolissage ;
- La solidification par déformation plastique



Pressage isostatique à chaud. Image de Morf3D

: le grenailage de précontrainte.

Selon Panhuis, quelle que soit l'option de traitement de surface que vous choisirez, les questions les plus importantes à aborder concernent les «dimensions de la pièce, la rugosité souhaitée, les exigences optiques, le type de traitement (s'agit-il d'un traitement manuel

ou automatique ?)». Il va sans dire que le type de pièces que vous traitez peut également jouer un rôle clé dans l'option de traitement de surface que vous choisirez. Une pièce médicale imprimée en 3D fabriquée en titane ne sera pas post-traitée comme une autre fabriquée en acier. Une pièce médicale imprimée en 3D peut n'être

que grenillée, tandis qu'une pièce en acier, en fonction de ses caractéristiques mécaniques et de sa destination finale, peut être peinte, plaquée ou limée. « Pour certaines pièces encore, nous devons vérifier le degré de contamination autorisé par le produit de sablage », ajoute **Panhuis**.

Gagorik et **Poorganji** vont plus loin puisqu'ils prennent en compte la complexité de la pièce, ses performances mais aussi toutes les étapes qui peuvent influencer son coût final. Ils attirent l'attention sur le fait que « la capacité d'appliquer correctement/complètement un traitement sur toutes les surfaces prévues peut être entravée par l'augmentation de la complexité de la conception de la pièce ». Dans ce cas, les facteurs clés sont la propreté, la topologie de la surface et l'accessibilité. « Une préoccupation importante est la façon dont les exigences de surface dans les pièces imprimées en 3D sont liées aux propriétés des matériaux (par exemple HCF, LCF, corrosion) et aux performances globales de la pièce. Ce point est essentiel car il dicte le traitement de finition de la surface et les paramètres à atteindre pour chaque pièce CTQs*. Cela déterminera finalement le coût et la viabilité du processus de FA », expliquent les experts.

***CTQ = Critical to Quality specifications**



Quid des méthodes de traitement de surface ?

Si bon nombre des mêmes raisons de choisir une option de finition de surface s'appliquent aussi bien aux pièces imprimées en 3D qu'aux pièces fabriquées par des procédés de fabrication conventionnels, les premières caractéristiques à prendre en compte lors du choix d'une méthode de finition de surface sont celles de la pièce.

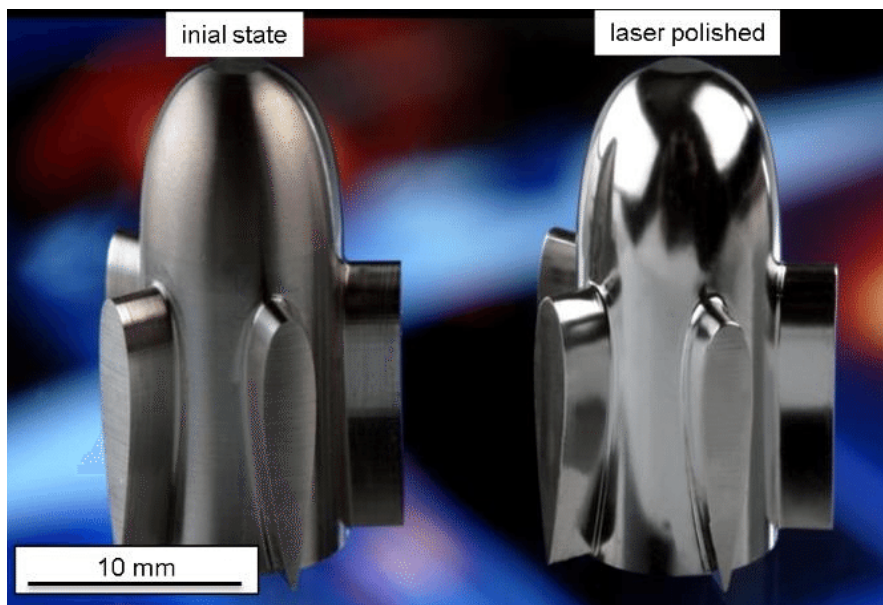
« Il doit être largement déterminé par l'environnement d'exploitation prévu (assemblage/installation, fonctionnement/performance, maintenance, mise hors service) de la pièce. Elle ne doit pas être déterminée uniquement par les normes,

spécifications, « meilleures pratiques » existantes, etc. – car toutes ces approches ont été créées avec des hypothèses/conditions spécifiques qui peuvent ne pas s'appliquer dans tous les cas. Des économies importantes (en termes de délais et de coûts en aval) peuvent être réalisées en prenant le temps d'interroger votre application avant de la concevoir/définir. Le traitement de surface est généralement déterminé par les CTQs de la pièce, les exigences dimensionnelles, et dépend fortement du processus de FA (Modalité) », soulignent les experts de Morf3D.

Ceci étant dit, examinons certaines de ces méthodes – indépendamment de leur catégorie principale :

- Le **ponçage** est l'une des méthodes de traitement de surface les plus connues. Elle consiste à frotter des particules abrasives sur la surface d'une pièce en créant une texture de surface aléatoire et non linéaire. En d'autres termes, un matériau rugueux tel que le papier de verre peut être utilisé pour lisser et éliminer les petites imperfections d'une surface. Le ponçage est le plus utile lorsqu'il est appliqué à des surfaces courbes ou profilées. Toutefois, les experts doutent de son efficacité lorsqu'il s'agit de coins serrés.

- Le **polissage par ultrasons**, quant à lui, est idéal pour la finition interne des coins, trous ou poches serrés qui peuvent être assez difficiles d'accès.



Dispositif d'assistance ventriculaire (DAV), à gauche : état initial, à droite : polissage au laser.

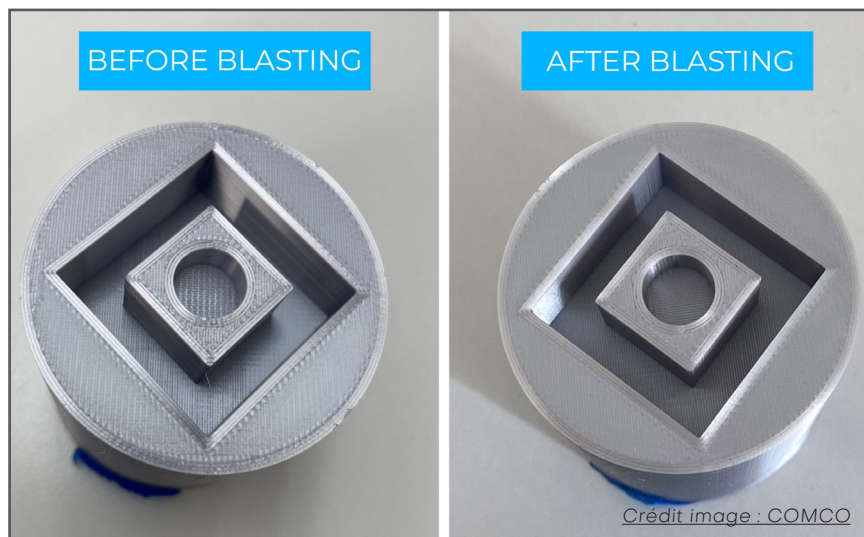
Dans cette méthode, un outil souple à pointe fine monté sur une broche à ultrasons vibre à 30 kHz, ce qui, en combinaison avec une pâte abrasive, induit une onde de pression qui travaille en toute sécurité la surface pour créer un polissage fin. Ce qui est intéressant dans ce procédé, c'est que la pointe de l'outil n'est pas en contact avec la surface de travail. Il fonctionne bien sur l'acier trempé, et il y a peu de risques d'endommager la pièce.

- Les options de polissage comprennent également le polissage au laser, où un faisceau laser à haute énergie fait fondre à nouveau le matériau de surface des pièces pour réduire la rugosité de surface. En théorie, cette méthode permet d'obtenir une rugosité de surface de $2\sim 3\mu\text{m}$ (Ra). En pratique, le coût élevé des équipements de polissage au laser ralentit l'adoption de cette technique dans les processus de post-traitement de la FA.

- Le **polissage chimique** peut également réduire la rugosité de surface d'une pièce donnée à $0,2\sim 1\mu\text{m}$.

- Le **grattage et le culbutage** sont similaires au ponçage dans la mesure où des particules abrasives sont utilisées pour modifier la rugosité de surface de la pièce imprimée en 3D. Selon **SPC - Surface Treatment Experts**, le grattage est similaire à la vibration, mais il fait tourner les composants et le milieu de polissage dans un tambour plutôt que de les faire vibrer. Il s'agit d'un mouvement plus doux, ce qui rend le grattage meilleur pour les pièces plus délicates et celles comportant des détails fins. L'appareil utilisé est souvent appelé **système à barillet centrifuge**.

- Destiné à accroître la résistance et la durabilité d'une pièce, le **grenaillage de précontrainte** consiste à utiliser de l'air sous pression pour projeter de minuscules



billes de métal ou de plastique sur une surface à grande vitesse.

Le processus de grenaillage de précontrainte est très similaire au grenaillage à billes. Ce procédé permet d'atteindre facilement l'intérieur des canaux et autres endroits délicats. L'opérateur utilise ici un pistolet pour projeter des thermoplastiques finement rectifiés sur la surface, éliminant ainsi les imperfections et lissant la surface.

- Dans la méthode de **sablage**, l'opérateur projette des particules abrasives sous haute pression sur la surface de la pièce. Ces particules abrasives peuvent être utilisées en combinaison avec de l'air et de l'eau, et couvrent une grande surface assez rapidement. Différents niveaux de finition de surface peuvent être obtenus en utilisant différents types de médias abrasifs. En fonction du cas d'utilisation, l'opérateur peut améliorer les propriétés mécaniques du métal en augmentant sa résistance à la fatigue et en améliorant sa résistance à la corrosion grâce au grenaillage.

- La **finition vibratoire** est un procédé d'usinage avec une arête de coupe indéfinie. L'objectif est d'améliorer la qualité de surface des petites pièces. Pour ce faire, on arrondit les bords, on effectue des opérations de lissage et on rectifie.

- Le **placage** consiste à recouvrir l'acier d'une petite couche d'un matériau inerte. Il permet de protéger la pièce de base contre la corrosion et l'oxydation. Malgré ces avantages, il faut noter que la pièce peut être endommagée par les chocs, l'usure et d'autres facteurs externes.

Une méthode de traitement de surface peut être effectuée après que la pièce a refroidi et est exempte de poudre. Cependant, comme vous pouvez le deviner, les avantages d'une méthode de traitement de surface peuvent compenser les inconvénients qu'une autre méthode peut causer à la pièce. C'est pourquoi, selon **Gagorik** et **Poorganji**, l'ordre approprié des étapes de post-traitement dépend des exigences de la configuration finale d'une pièce donnée.

« Les processus de préparation de surface (y compris le nettoyage par ultrasons, l'écoulement abrasif, l'électro-polissage, le fraisage chimique) interviennent généralement avant tout revêtement de surface (y compris l'anodisation, la métallisation/céramique, la peinture), et peuvent parfois être nécessaires (en tant qu'opérations de nettoyage) avant les traitements thermiques et les processus d'assemblage également. Habituellement, la finition de surface intervient aux étapes ultérieures/finales du post-traitement. Toutefois, les séquences du processus sont conçues de

manière à maximiser la performance et à minimiser le coût », soulignent les experts.

Un élément clé au cœur des méthodes de traitement de surface : la rugosité de la surface.

Les experts ont clairement indiqué que tous les aspects de la pièce imprimée en 3D, tels que le matériau, la forme, l'épaisseur et le poids, l'utilisation prévue et l'environnement dans lequel elle sera utilisée, comptent lorsqu'il s'agit de choisir une option de finition de surface. Toutefois, au-delà de tous ces aspects, l'accent a été mis sur « le problème de la rugosité de surface » des pièces fabriquées par voie additive.

« La rugosité de surface est une mesure de la variance de la topologie de la surface d'une pièce. La rugosité peut affecter l'esthétique de la pièce (par exemple, brillante ou mate) et son comportement mécanique, comme l'amorçage de fissures, la résistance à l'usure, la durée de vie en fatigue, la marine, l'étanchéité, les roulements et la dynamique des fluides. Plus les surfaces d'une machine dynamique intégrée sont rugueuses, moins elle fonctionnera de manière silencieuse, efficace et sûre. La réduction de la rugosité, ou frottement, est essentielle dans les pièces mécaniques telles que les pistons, les roulements et les surfaces d'étanchéité, où un contact trop important entre les surfaces mobiles peut entraîner une usure rapide. Les spécifications peuvent différer selon les cas, mais la rugosité exigée d'une pièce d'utilisation finale peut être un facteur important dans le calcul de son coût. L'analyse de la rugosité de surface comprend l'utilisation de paramètres pour inspecter et déterminer si la pièce fabriquée répond aux normes de contrôle de la qualité. Cela aide les fabricants et les concepteurs à quantifier la rugosité de l'état de surface qu'ils choisissent », commente **Matt Sand**, fondateur et CEO de 3DEO.

Cette explication implique une autre : **l'état de surface peut**

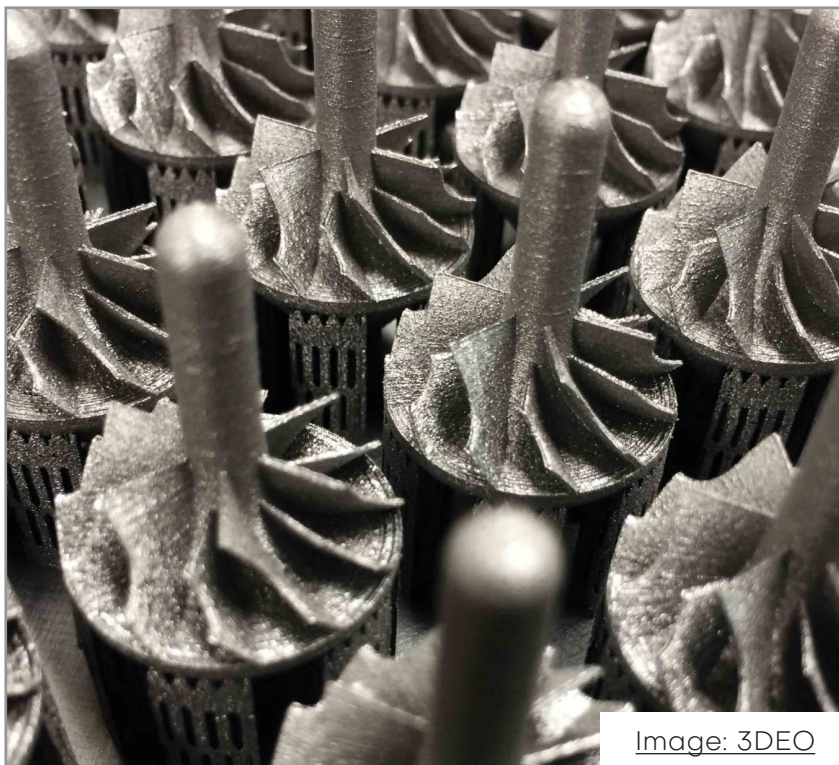


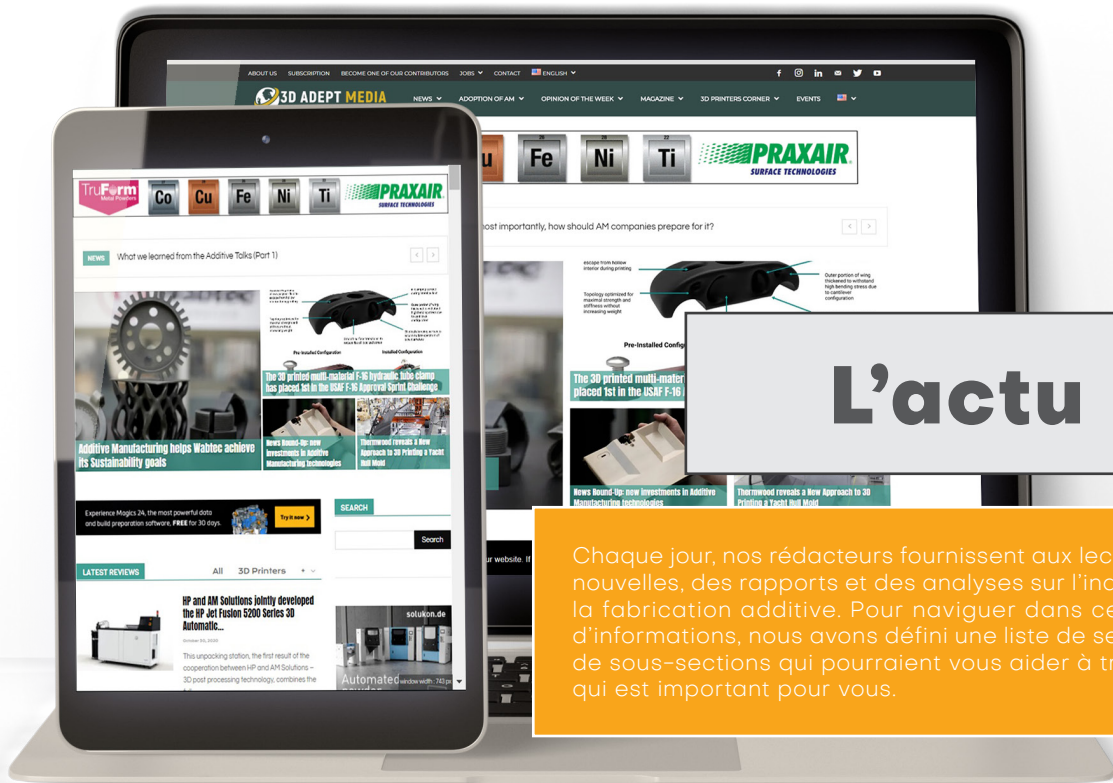
Image: 3DEO

varier de manière significative selon le procédé d'impression 3D [même au sein d'un même procédé, mais avec des paramètres différents]. Par conséquent, nous ne pouvons pas légitimement dire que certaines options de traitement de surface fonctionnent bien avec certains procédés d'impression 3D de métaux.

Pour **Morf3D**, il est essentiel de comprendre les conditions de départ pour une application acceptable du traitement de surface nécessaire pour un matériau et une application de pièce donnés, puis de déterminer les processus de fabrication nécessaires pour y parvenir. Prenant l'exemple de leurs capacités internes, Gagorik et Poorganji notent que les traitements de surface qu'ils utilisent aujourd'hui sont la version avancée/développée des processus existants pour les processus conventionnels qui sont modifiés ou orientés vers les besoins des pièces imprimées en 3D. Par exemple, l'accès aux canaux internes qui sont plus rugueux qu'un canal usiné, ou le polissage chimico-mécanique de la surface

d'un composant rotatif.

Enfin, les raisons d'utiliser une finition de surface s'appliquent aussi bien aux pièces imprimées en 3D qu'aux pièces fabriquées par des procédés traditionnels. Étant donné que les différentes options de finition s'accompagnent de coûts différents, la responsabilité, selon les mots des experts de Morf3D, ne repose pas sur la technologie utilisée pour la fabrication, mais sur des équipes de conception et de fabrication informées qui collaborent pour prendre les meilleures décisions sur ce qu'il convient d'utiliser.



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

Envoyez un email à contact@3dadept.com



NEWS



RAPPORTS



PROMOTIONS



COLLABORATION



contact@3dadept.com

www.3dadept.com

+32 (0)4 86 74 58 87

[Rue Borrens 51,1050 Bruxelles - BELGIQUE](https://www.3dadept.com)

INTERVIEW

Brian Neff, CEO de Sintavia

SINTAVIA DISCUTE DES STRATÉGIES DE FABRICATION ADDITIVE POUR S'ADAPTER AUX DIFFÉRENTES ORIENTATIONS DU MARCHÉ DE L'AÉROSPATIALE COMMERCIALE.

 3D ADEPT MEDIA

 Brian Neff



L'industrie aérospatiale a toujours été mentionnée comme l'un des premiers adeptes de la fabrication additive. À l'époque (dans les années 2010), être en mesure de tirer parti de pièces plastiques imprimées en 3D pour les essais et la simulation était déjà une grande réussite pour les entreprises aérospatiales. Cependant, l'augmentation des besoins de production dans le monde entier a un impact continu sur la façon dont les affaires de l'aérospatiale et de la défense sont traitées à l'échelle mondiale. En outre, ils conduisent à des considérations commerciales qui nécessitent de nouveaux moyens de fabrication pour répondre aux nouvelles demandes des acteurs de ce secteur.

Les acteurs de l'aérospatiale tels que Lockheed Martin, Airbus, Boeing, Northrop Grumman et d'autres, qui sont à l'avant-garde des opérations commerciales, peuvent être le fer de lance de ces demandes, mais les véritables héros dans les coulisses sont souvent ceux qui doivent explorer ces nouveaux moyens de fabrication afin de créer des composants aérospatiaux.

Une conversation avec **Brian Neff**, CEO de **Sintavia**, met en lumière les différentes orientations que prend le marché de l'aérospatiale commerciale ainsi que les nouvelles stratégies de fabrication qu'il requiert.

L'une des erreurs que nous commettons souvent dans ce secteur est de considérer tout fabricant de pièces comme un bureau de services d'impression 3D. Un bureau de services d'impression 3D fournit ses services à un large éventail d'industries adoptant les technologies de FA. Pourtant, étant donné son orientation principale vers l'aérospatiale et la défense, je vois Sintavia comme un producteur et parte-

naire technologique des entreprises de l'aérospatiale et de la défense.

Avec les racines du fondateur et CEO dans l'industrie aérospatiale, racines qui incluent une expérience étendue dans les domaines de la fabrication MRO et chez des OEMs, il est facile de comprendre que Sintavia a saisi l'opportunité de construire une offre qui est verticalement intégrée avec les diverses demandes de l'industrie

aéronautique. En effet, la FA est peut-être le processus de fabrication le plus mis en avant dans la production de Sintavia, mais pour être bon à ce jeu, il est crucial d'avoir une solide compréhension de la métrologie, de la métallurgie, de l'usinage, des traitements thermiques, des tests, etc. ; en bref, tous les sous-processus qui peuvent vous aider à définir une véritable stratégie de fabrication autour de la FA.

Stratégies de fabrication

L'entreprise basée en Floride a été fondée en 2015, une époque qui coïncide avec les premières reconnaissances du potentiel de la FA au sein de l'industrie aérospatiale. Le fait est que, malgré ces reconnaissances, la courbe d'apprentissage de la FA était assez lente – avec raison : les entreprises avaient besoin de comprendre les tenants et aboutissants de la technologie et cela nécessite des investissements, **beaucoup d'investissements**.

Avec environ 30 imprimantes industrielles en interne aujourd'hui, dont plusieurs de GE Additive, TRUMPF et, évidemment, EOS, y compris huit imprimantes laser quadruple M400-4, Sintavia a décidé très tôt de se concentrer sur « la meilleure façon de tirer son épingle du jeu. »

Cela peut sembler fou quand on sait qu'au début, le marché de la FA dans l'aérospatiale n'était pas très avancé. Le retour sur investissement pour des cas d'utilisation spécifiques

de la FA n'était pas très clair.

« Cela peut être frustrant, mais pour y arriver, il faut investir dans le vide. Cela peut être difficile à faire pour certaines organisations, car il faut beaucoup d'argent, de temps et de dévouement pour en voir la valeur, et c'est un risque que beaucoup ne veulent pas prendre. Lorsque nous avons commencé, nous avons acquis un certain nombre de machines différentes auprès de divers équipementiers. Il est essentiel pour toute entreprise qui se lance dans ce secteur de comprendre la technologie et c'est ce que nous avons essayé de faire : comprendre la technologie et acquérir une grande expérience pratique. Au fil du temps, nous avons été en mesure d'identifier les domaines pour lesquels les machines sont les meilleures.

Ces imprimantes 3D sont des outils que nous devons exploiter à des fins spécifiques et chacune des différentes imprimantes 3D que nous avons acquises apporte une force unique pour des domaines

spécifiques. Ces domaines concernent par exemple les alliages que nous utilisons, la taille et la dimension des pièces que nous fabriquons, les cas d'utilisation du composant pour la fabrication... par exemple, nous pouvons répondre aux besoins de ceux qui veulent des pièces hautes avec les systèmes AMCM M4K-4, nous produisons de très bonnes petites pièces en titane sur les machines Arcam. En bref, nous essayons de nous assurer que nous pouvons répondre à tous les différents besoins de nos clients. Lorsque nous avons vu les avantages de l'impression de systèmes très complexes via DfAM, nous avons décidé de nous concentrer sur les géométries les plus difficiles possibles, et ce fut un choix très judicieux. Réaliser et se concentrer sur les applications les plus complexes est ce qui nous permet de tirer le meilleur parti de ces technologies », explique Neff.

Cela dit, la **fusion sur lit de poudre** (PBF-LB) reste le procédé le plus utilisé dans le portefeuille de Sintavia.



Une partie de l'environnement de production de Sintavia. Image : Sintavia

La fusion sur lit de poudre, oui, mais un œil sur les autres procédés de FA

D'un point de vue réglementaire, l'utilisation croissante de ce procédé de fabrication est logique quand on sait qu'en raison de la nature conservatrice de l'industrie aérospatiale, il pourrait désormais être facile de qualifier les pièces fabriquées avec cette technologie. Rappelons qu'en janvier 2021, l'ISO TC261 et le comité international F42 de l'ASTM ont introduit une **nouvelle norme qui fournit aux entreprises de la FA**

des exigences de qualification pour la fusion sur lit de poudre par faisceau laser (PBF-LB) dans l'industrie aérospatiale. Cette norme vise à améliorer la capacité des composants métalliques fabriqués de manière additive à se qualifier pour les avions commerciaux, militaires et civils, ainsi que pour les vols spatiaux et la propulsion spatiale.

Du point de vue de la fabrication, le PBF-LB offrirait de plus grands avantages pour les pièces aérospatiales que les autres procédés d'impression 3D de métaux. « La raison se résume aux **propriétés des matériaux**. Dans tout type de fabrication, vous devez faire preuve d'un certain niveau de qualité, et cette exigence est encore plus stricte dans la fabrication aérospatiale. D'autre part, il faut savoir que les rigueurs du vol et de l'atterrissage peuvent être difficiles dans cette industrie, car de nombreuses erreurs peuvent se produire. La fusion sur lit de poudre est un type de technologie très robuste qui permet d'obtenir des composants solides et durables. La robustesse du processus est démontrée par des analyses en laboratoire, des microstructures et des essais mécaniques. La [PBF-LB] améliore une pièce spécifique, et nous pouvons démontrer que cette pièce imprimée en 3D est plus solide que son homologue fabriquée de manière traditionnelle », souligne l'expert.

Étant donné que les procédés de FA sont comparés aux procédés de fabrication traditionnels, Neff attire l'attention sur le fait que les ingénieurs **ne doivent pas comparer le procédé PBF-LB au soudage en forme libre**. « Il ne s'agit pas de soudage en forme libre. Le soudage en forme libre présente certaines faiblesses



que la fabrication aérospatiale ne peut pas supporter – tout comme le moulage à la cire perdue qui présente des variations de production que la fabrication aérospatiale n'aime pas. Chez Sintavia, nous utilisons des moules numériques au lieu de moules physiques, ce qui permet d'obtenir un processus totalement répétable », ajoute-t-il.

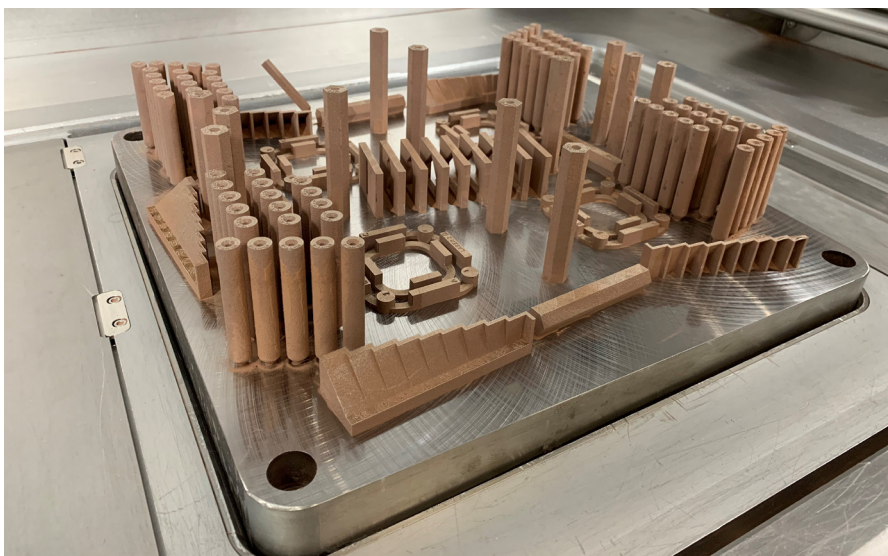
Outre le potentiel du PBF-LB, l'équipe de Sintavia reste ouverte à d'autres procédés de FA susceptibles de faire une différence significative dans la fabrication de pièces aérospatiales. Ces procédés de fabrication comprennent par exemple le **DED** pour sa polyvalence d'utilisation et sa capacité à fournir des pièces multi-matériaux et le **WAAM**, « [qui est encore](#)

[très sous-estimé](#), mais qui est intéressant pour certaines applications de fusées et de grandes applications structurales ».

Investir des efforts pour développer les bons paramètres de matériaux pour les bons processus

D'autre part, l'argument des « propriétés des matériaux » va encore plus loin car le taux de développement de la FA dépend beaucoup de ceux-ci. En réalité, les producteurs de pièces aérospatiales ont acquis plus d'expérience sur les polymères (plastiques) que sur les métaux, car la FA a d'abord été développée pour les polymères. Cependant, la structure originale de l'avion permet de maximiser les gains avec la FA métal, si elle est bien exploitée. Ces arguments conduisent tous les acteurs impliqués dans l'industrie aérospatiale, y compris les producteurs de pièces, à investir des efforts importants pour développer des poudres qui répondent au mieux aux paramètres des imprimantes 3D qu'ils utilisent.

Sintavia n'a pas fait exception à la règle, puisque la société a fait fureur l'année dernière en développant une [technologie d'impression propriétaire pour le GRCop-42](#), un matériau décrit comme l'alliage de cuivre préféré utilisé par la NASA et les compagnies privées de vol spatial pour



les assemblages de chambres de poussée des fusées.

Pour rappel, la nouvelle technologie est une combinaison d'un ensemble de paramètres exclusifs et d'un traitement thermique post-traitement. Elle a été développée sur une imprimante EOS GmbH M400-4, et permet d'obtenir des composants GRCop-42 présentant une densité minimale de 99,94 %, une résistance à la traction minimale de 28,3 ksi, une limite d'élasticité minimale de 52,7 ksi et un allongement minimal de 32,4 %. Plus important encore, cette technologie évite l'utilisation d'une presse isostatique à chaud dans les étapes de post-traitement, réduisant ainsi le temps, la complexité et le coût de production.

La technologie d'impression exclusive de ce matériau n'est qu'un des nombreux exemples de propriétés que **Sintavia** a développées au fil

des ans. Même si Neff précise que l'entreprise n'a aucunement l'intention de devenir un producteur de poudres, la capacité de relever les défis posés par la réflectivité et la haute conductivité thermique du cuivre est une étape importante que toute l'équipe est très fière d'avoir franchie.

« Vous devez développer vos propres paramètres d'impression si vous voulez avoir les meilleures chances de réussir. Nous avons déjà développé près de 30 paramètres de matériaux exclusifs. Nous n'annonçons généralement pas chaque ensemble de paramètres que nous développons pour des poudres spécifiques, mais le cuivre étant un matériau unique, nous étions très fiers de ce que nous avons réalisé avec ce matériau. **D'autres développements (avec des poudres réfractaires)** sont en cours et seront annoncés prochainement », commente le PDG.

Voies actuelles empruntées par le marché de l'aérospatiale commerciale

Vous m'avez certainement entendu le dire souvent, et je vais le répéter : investir dans les matériaux et les processus est une bonne chose, mais ces investissements peuvent être inefficaces s'ils ne sont pas soutenus par les demandes actuelles du marché que vous ciblez. Étonnamment, pour une industrie que l'on décrit comme très conservatrice, le marché de l'aérospatiale s'ouvre à des sous-segments plus ambitieux qui sont peut-être à la hauteur du potentiel de la FA.

« Mon expertise m'a toujours cantonné à des applications aérospatiales plus traditionnelles. De nombreux mini-marchés se sont développés ces derniers temps. Trois d'entre eux sortent actuellement du lot : **les lancements spatiaux privés, les vols hypersoniques et les vols commerciaux électriques**. Lorsque j'ai lancé l'entreprise en 2015, je ne pouvais pas imaginer qu'elle explorerait la voie des lancements privés », partage Neff.

Pour le représentant de Sintavia, le fil conducteur de ces voies est le **DfAM (Design for Additive Manufacturing)**. « D'un point de vue commercial, l'adoption de la FA dans l'industrie spatiale commerciale pousse l'industrie



Le design du moteur de la fusée de Marten Jurg, imprimé en 3D avec une paroi en filet de refroidissement sur une EOS M280. Photo via Betatype

aérospatiale commerciale à accélérer son adoption de la FA - ce qui est formidable à voir. De plus, il y a une liberté de conception lorsque l'on utilise la FA pour des pièces complexes. Dans chacune de ces voies, les acteurs de l'aérospatiale ont la possibilité de créer quelque chose de nouveau, quelque chose qu'ils n'ont jamais fait auparavant, et la FA leur offre désormais une myriade de possibilités pour explorer ce potentiel », ajoute-t-il.

Les explications de Neff révèlent qu'il y a quelque chose d'attrayant dans les applications de fusées rendues possibles par la FA et l'avenir de ces applications est susceptible d'être encore plus passionnant. En

attendant, les investissements de fabrication de Sintavia permettent de répondre à la demande des clients qui cherchent à créer des systèmes de propulsion avancés, des chambres de combustion pour les lancements spatiaux, (...), à optimiser les passages de refroidissement régénératifs et, par conséquent, à réduire les délais et la complexité.

Le marché de l'aérospatiale commerciale est vraiment un grand marché. Plusieurs acteurs tentent d'y trouver leurs marques et de se différencier, mais je crois que Sintavia y parvient car elle trouve de la valeur à regarder au-delà de ce qu'elle peut réaliser aujourd'hui.

2
0
2
2
▼

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



A20X: THE STRONGEST ALUMINIUM ALLOY. WORLDWIDE!

Get to know the aerospace-approved A20X: A unique aluminium alloy for high strength and temperature castings as well as for additive manufacturing, presented by ECKART.

ECKART, as member of the ALTANA group, is one of the leading global players with decades of experience in the field of atomization of pure, spherical aluminium powder.

With the acquisition of TLS, ECKART extended the portfolio with a variety of different metal alloy powders, titanium, aluminium and copper based, as well as the option to provide customized solutions. We are your partner of choice for DIN EN 9100:2018 certified production.

**Let us meet at formnext, Frankfurt, November 16 – 19, 2021, at booth 12.0-A101.
We look forward to your visit!**

For further information please contact:

ECKART GmbH · Guentersthal 4 · 91235 Hartenstein · Germany

E-Mail: dominik.reuschel@altana.com · info.eckart@altana.com

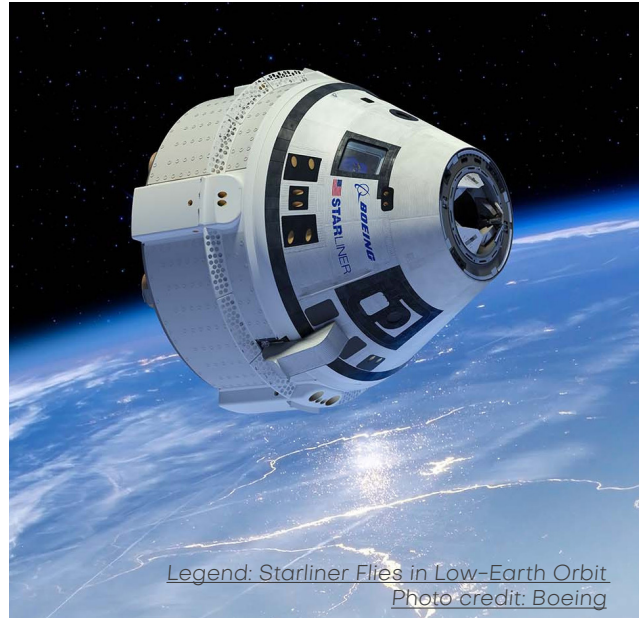
www.am.eckart.net

INTÉGRATION DU FLUX DE PRODUCTION DE LA FA DANS L'AÉROSPATIALE : GAGNER EN CRÉDIBILITÉ EN TANT QUE TECHNOLOGIE DE FABRICATION VIABLE

« Nous [la communauté de la FA] avons du pain sur la planche pour donner à la fabrication additive la crédibilité en tant que technologie de fabrication viable », Dr. Melissa Orme, vice-présidente de Boeing Additive Manufacturing.

Dans la foulée de ma conversation avec **Brian Neff** de **Sintavia** (pp 20-23), j'ai rencontré le **Dr Melissa Orme**, vice-présidente de **Boeing Additive Manufacturing**, pour discuter d'un autre point de vue sur l'utilisation de la FA dans l'industrie aérospace. Et je dois admettre qu'il est assez fascinant d'écouter chacun de ces vétérans de l'industrie car, en fin de compte, les deux points de vue se complètent de manière très harmonieuse.

Ce que j'apprécie dans le parcours d'Orme, c'est qu'elle a acquis une vaste expérience de la FA entre le monde universitaire, les PME (fabricants sous contrat - Morf3D avant Boeing) et l'utilisateur final (Boeing). Cela signifie que non seulement la FA coule dans ses veines, mais qu'elle est dans une bonne position pour comprendre la synergie qui doit exister entre ces trois parties prenantes afin de faire de la FA une technologie viable.



Comme elle l'explique, « la FA est une technologie axée sur le processus, où les attributs mécaniques de la pièce dépendent de la manière dont elle est construite, ce qui n'est pas le cas de la fabrication conventionnelle. Bien souvent, **les producteurs de pièces et les utilisateurs finaux ne font qu'un**. Nous comptons sur **le monde universitaire pour la science fondamentale**, ou ce que nous appelons la recherche «low TRL»*. Il est important que les universitaires soient associés à l'équation afin que la recherche qu'ils effectuent permette de trouver une solution à un problème rencontré par l'utilisateur final ».

« Low TRL » : Niveau de préparation technologique (TRL) | en anglais : Technology readiness level (TRL)*

Alors que cette vision devrait constituer un processus de base indiscutable que les organisations devraient suivre pour favoriser l'adoption de la FA dans un processus plus orienté vers les solutions, la réalité est souvent différente.

Dans l'industrie aérospace, par exemple, l'utilisation de la FA a d'abord été stimulée par des systèmes hérités qui avaient cessé d'être produits (je pense par exemple à [l'Avro 146](#) ou à l'Airbus A310). Pour ces systèmes, un petit lot de production réalisé par FA s'est avéré moins coûteux que la mise en place du processus de fabrication original et traditionnel.



Dr. Melissa Orme,

vice-présidente de Boeing Additive Manufacturing

En outre, les nouveaux programmes (options de remaniement et nouvelles plates-formes) en cours de développement au sein des entreprises aérospatiales ou faisant l'objet d'essais en vol en vue de leur mise en service ont stimulé le développement de la FA. Pour les entreprises aérospatiales de l'époque, il était plus judicieux, d'un point de vue économique, de mettre en œuvre la technologie de cette manière, plutôt que d'investir des efforts dans des systèmes existants qui n'avaient plus que quelques années de production.

Cela dit, Boeing a toujours fait partie des premiers adeptes de la FA. C'était en fait la première entreprise aérospatiale à produire des pièces imprimées en 3D pour des avions en service et à les utiliser dans des vols commerciaux. Il y a une vingtaine d'années, cet acteur du secteur a mis au point un conduit de système de contrôle environnemental pour le F/A-18, qui a ensuite été introduit sur le Boeing 787. Ce conduit de système de contrôle environnemental ECS était un composant polymère développé et produit avec des machines de frittage laser sélectif (SLS).

Aujourd'hui, plus de 70 000 pièces de production imprimées en 3D volent à travers les programmes commerciaux et de défense de Boeing (AM Insight, Statistics, Boeing - Q4, 2019). Avec le recul, nous pouvons légitimement dire que la technologie a évolué, passant de projets de recherche et développement et d'outillage à faible coût à l'impression de volumes élevés de composants métalliques de grande valeur et de grandes familles d'outils.

Pour ce qui est de l'avenir, il semble qu'il y ait encore un long chemin à parcourir si on considère la feuille de route pour l'intégration du flux de production de FA. Combien de temps ? Pour Orme, la « longueur de la feuille de route dépend de l'application et du régulateur. Chaque organisme

de réglementation a des exigences différentes en ce qui concerne le nombre et les types de tests à réaliser. Cependant, ce qui est commun à la plupart des régulateurs est le suivant : pour l'aérospatiale et la défense, nous devons montrer que notre processus est stable et répétable. La stabilité et la répétabilité sont le Saint Graal de la fabrication additive. Les différents organismes de réglementation ont des méthodes différentes pour déterminer les processus stables et reproductibles. L'un des défis à relever pour parvenir à des processus stables et reproductibles est que les machines sont toujours produites en tant qu'exemplaires uniques, ce qui fait qu'il est difficile d'avoir deux machines identiques fournissant les mêmes résultats avec le faible niveau de variation requis par l'industrie aérospatiale. De tels problèmes rendent difficile, mais pas impossible, la mise à l'échelle de la qualité. »

Pourtant, les entreprises du secteur aérospatial (qu'il s'agisse de producteurs de pièces ou d'utilisateurs finaux) continuent d'investir dans la FA. Neff a déclaré à 3D ADEPT Media (Interview avec Sintavia - PP 20-23) que « Cela peut être frustrant, mais pour y arriver, il faut investir dans le vide. Cela peut être difficile à faire pour certaines organisations car il faut beaucoup d'argent, de temps et de dévouement pour en voir la valeur et c'est un risque que beaucoup ne veulent pas prendre. »

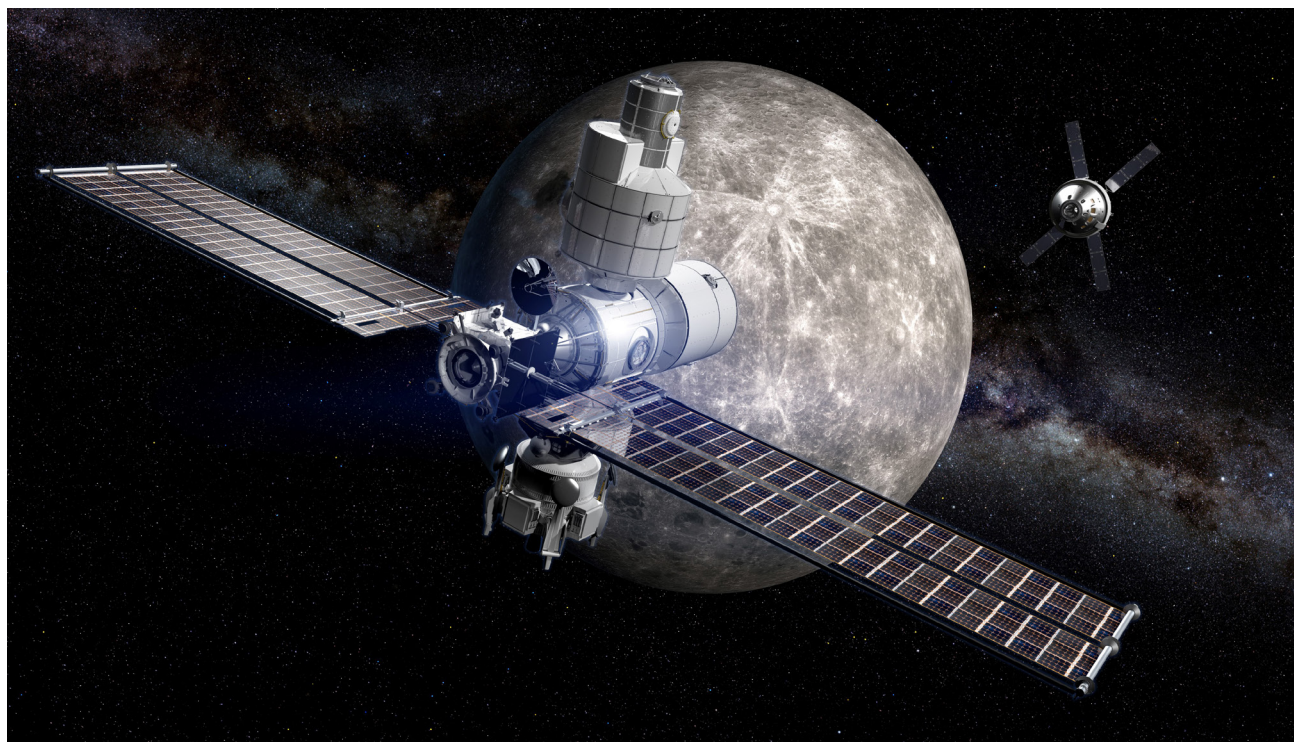
Orme complète inconsciemment son propos en rappelant « l'immense valeur que peut apporter la FA ». « Par exemple, elle permet de concevoir des pièces qui sont

construites pour s'adapter à des formes petites et impaires dans le véhicule, réduisant ainsi le volume global. Les entreprises aérospatiales voient que la FA offre la possibilité d'optimiser le véhicule, et pas seulement la pièce. Elle permet de créer des véhicules différenciés, offrant ainsi un avantage concurrentiel. Il est également très important de mentionner que la FA produit des échanges positifs en matière de durabilité, ce qui est un point essentiel pour Boeing, comme pour l'ensemble de l'aérospatiale et de la défense », ajoute-t-elle.

En évaluant les défis qui peuvent se présenter lors de la mise en œuvre de cette feuille de route, nous nous rendons compte que les acteurs de l'industrie doivent nécessairement prendre en compte trois considérations principales.



Antenne à cornet de commande Space - Image :
Avec l'aimable autorisation de Boeing



Considérations à prendre en compte dans la feuille de route pour l'intégration des flux d'AM dans l'industrie aérospatiale

Ces considérations impliquent le point de vue économique, la nature conservatrice de l'aérospatiale ainsi que la considération des coûts.

L'élément économique nous ramène à un argument dont nous avons discuté avec Neff. L'augmentation des besoins de production dans le monde entier a un impact continu sur la façon dont les affaires de l'aérospatiale et de la défense sont traitées au niveau mondial. Et les acteurs de l'aérospatiale tels que Lockheed Martin, Airbus, Boeing, Northrop Grumman et d'autres, qui sont à l'avant-garde des opérations commerciales, sont le fer de lance de nouvelles considérations commerciales. Il va sans dire que l'environnement économique actuel, provoqué par la pandémie, nous oblige à faire attention à la manière dont nous faisons des affaires. Il peut être difficile d'avoir une évaluation générale de l'impact de cet environnement sur l'industrie de la fabrication aérospatiale, mais pour Boeing, il y a eu un revirement positif.

« Cela est dû au fait que nous avons pu concentrer une grande partie de nos travaux de fabrication additive sur notre division Boeing Defense and Space, où nous avons imprimé littéralement des milliers de pièces pour des satellites, des drones et des applications de levage vertical », note la vice-président. Orme fait allusion aux applications croissantes pour lesquelles l'entreprise va continuer à explorer le potentiel de la fabrication additive. (En effet, l'entreprise a déjà annoncé qu'elle allait développer les capacités de la FA –

en particulier pour sa filiale Millennium Space Systems, axée sur le marché des petits satellites, où l'impression 3D s'avère particulièrement adaptée pour déployer des systèmes en orbite plus rapidement que jamais »).

Dans le même temps, la division a également redoublé d'efforts pour développer ses compétences internes en matière de fabrication additive par le biais des recherches qu'elle effectue et des bases de données qu'elle crée pour démontrer la stabilité et la reproductibilité des performances. Pendant tout ce temps – déclare M. Orme – en parlant de ce qu'ils ont réalisé au plus fort de la pandémie, « nos applications de fabrication additive pour les avions commerciaux ont poursuivi leur chemin de développement et nous prévoyons la livraison de nos premières pièces d'avion de production fabriquées par fusion sur lit de poudre dans un an. »

Dans un autre ordre d'idées, lorsqu'il s'agit d'accélérer l'adoption de pièces imprimées en 3D dans une industrie verticale, le coût – la réduction du coût par pièce – reste un sujet sensible et cela donne lieu à une conversation difficile que j'ai souvent avec les fabricants de machines, quel que soit le segment (imprimantes 3D, post-traitement, etc.). Il est intéressant de noter que la question ne concerne pas seulement ceux qui produisent les technologies de FA. En tant qu'utilisateur final, Boeing estime qu'il a également son rôle à jouer dans cette conversation.

« Nous comprenons que nos premiers efforts dans le domaine de la FA nécessiteront beaucoup de recherche de développement. Au début, cette recherche sera absorbée


par le coût des pièces. Nous comprenons également que la FA n'est pas une « marchandise ». Nous voyons une véritable valeur dans l'innovation que permet la FA. Par exemple, certaines solutions innovantes permettront probablement de consolider de nombreuses pièces en une seule, ce qui améliorera la production. Certaines solutions innovantes seront multifonctionnelles, de sorte qu'un élément structurel pourra également être un échangeur de chaleur ou un composant électrique. Nous pourrions utiliser la FA pour rationaliser nos produits afin qu'ils produisent moins de traînée, ce qui nécessitera moins de carburant et rendra leur fonctionnement moins coûteux et plus propre. Cela contribuera à nos objectifs de durabilité. Nous avons également constaté que nous avons réduit le calendrier d'un programme de plusieurs mois en utilisant des

solutions additives. Il s'agit d'une économie de coûts considérable. Ainsi, même si la pièce individuelle coûte plus chère, les économies globales réalisées sur le programme l'emportent sur ce coût », souligne Orme.

La dernière considération à prendre en compte – la nature conservatrice de l'industrie aérospatiale – recentre le débat sur l'argument « application contre régulateur » souligné plus haut. Là où je vois des limites, Orme voit l'opportunité de gagner une réelle crédibilité. Elle ne nie pas cette nature conservatrice et ne voudrait pas qu'il en soit autrement. Plus important encore, elle appelle au devoir de l'ensemble de la communauté de FA de s'assurer que [la FA] « peut gagner la crédibilité d'une technologie de fabrication viable ».

« Afin de gagner cette crédibilité, nous avons des devoirs

à faire. La fabrication additive ne bénéficie pas de décennies de données comme la fabrication conventionnelle. Nous devons nous assurer que nous comprenons tout risque associé à la fabrication additive et que nous savons comment atténuer ce risque. Ce n'est qu'alors que les ingénieurs choisiront de concevoir en fonction de la solution additive et qu'il sera facile d'intégrer des solutions de fabrication additive dans les avions », conclut notre invité.

 engineered
and made
in Germany



solukon

SFM-AT350

NEW

The new standard for automated depowdering of medium sized metal parts with Smart Powder Recuperation SPR®.

solukon.de

BUSINESS

QUE SIGNIFIE LEVER DES FONDS AUPRÈS DE SOCIÉTÉS DE CAPITAL-RISQUE POUR LES ENTREPRISES DE FABRICATION ADDITIVE ?

Les entreprises prospères donnent souvent l'image qu'elles vivent un conte de fées, ce qui peut sembler être du miel dans la bouche pour ceux qui aiment les contes de fées. Pour moi, la plus belle partie du parcours d'une entreprise est le chemin qu'elle emprunte pour y parvenir, un chemin où l'un des obstacles les plus redoutables est souvent celui du financement.

Avec des débuts modestes, les start-ups aux idées brillantes investissent des efforts surhumains pour prouver la valeur de leur modèle commercial et de leurs produits – et ce grâce à la générosité d'amis, de la famille et des propres ressources financières des fondateurs. Lorsque leur clientèle commence à croître, que leur entreprise commence à étendre ses activités et ses objectifs, les entreprises commencent à rechercher des capitaux supplémentaires par le biais de levées de fonds externes.

Cette étape offre aux investisseurs externes la possibilité d'investir des fonds dans une entreprise en échange d'une participation ou d'une propriété partielle de cette entreprise. Ce processus de croissance d'une entreprise grâce à des investissements extérieurs est très courant dans tous les secteurs, y compris celui de la fabrication additive.

Il devient alors important d'examiner le processus dans lequel les entreprises de fabrication additive s'engagent lorsqu'elles recherchent des capitaux, surtout quand on sait que l'année dernière a été marquée par un grand nombre de cycles de financement dans le secteur. À elle seule, AM Ventures, une société de capital-risque qui investit uniquement dans des entreprises de FA aux solutions

disruptives, a mené une douzaine de cycles de financement dans l'ensemble du secteur de la FA en 2021.

Qu'est ce que ce processus implique? Que doivent prendre en compte les entreprises de la FA lorsqu'elles recherchent des capitaux supplémentaires ? Comment peuvent-elles mieux se préparer à ce processus ? Ou encore, quelles sont les différentes ressources qu'elles peuvent exploiter pour rechercher des fonds ?

Cet article a pour ambition d'attirer l'attention des entreprises et des entrepreneurs du secteur de la FA sur l'état d'esprit qu'ils doivent avoir et les précautions qu'ils doivent prendre lorsqu'ils recherchent des fonds.

Malgré les difficultés qu'une entreprise peut rencontrer pour se qualifier pour un prêt, il faut noter que les entreprises ont tellement de voies à explorer lorsqu'elles cherchent des options pour financer leur activité. Dans le secteur de la FA, outre les ressources financières des fondateurs, nous avons vu des entreprises bénéficier du soutien d'incubateurs, d'investisseurs providentiels et de sociétés de capital-risque (CR).

Replique, par exemple, est une entreprise basée à Mannheim, issue de l'incubateur d'entreprises Chemovator de BASF. La société espagnole d'impression 3D de métaux Trititive a participé au programme Stanley+Techstars avant de lever des fonds auprès de Stanley Ventures. Cependant, la plupart des entreprises de FA qui lèvent des fonds dans ce secteur le font par l'intermédiaire d'une société de capital-risque (CR) – ce qui est la perspective sur laquelle nous souhaitons nous concentrer dans cet article.

« Savez-vous ce qu'implique d'acquérir des fonds d'une société de capital-risque ? »

C'est la question qu'AM Ventures pose en premier lieu aux entrepreneurs qui recherchent un financement. Cette question peut sembler banale, mais elle est cruciale lorsqu'on explore le chemin des sociétés de capital-risque.

Le fait est que toute entreprise (prospère) commence généralement par se **lancer dans l'amorçage** avant que la direction n'accepte du capital-risque ou d'autres moyens de financement externe. La réalité est que « le financement par capital-risque est un processus qui change la donne. Il peut donner un coup d'accélérateur à l'entreprise et s'accompagne de certaines attentes. Un partenaire d'une société de capital-risque n'investira pas seulement son propre argent, mais aussi l'argent qu'il emprunte à ses investisseurs », déclare d'emblée **Arno Held**, cofondateur et associé directeur d'AM Ventures.

La première déclaration de Held met en évidence un point de vue que nous mentionnons rarement dans les processus de financement. Chaque société de capital-risque promet à ses investisseurs une certaine performance des entreprises dans lesquelles elle investit et doit s'assurer que l'argent injecté ne sera pas gaspillé. Il est donc crucial pour les start-ups **d'élaborer des promesses bien pensées** qu'elles peuvent réaliser et pour lesquelles l'investisseur peut et veut tenir les fondateurs responsables. Dans la plupart des cas, il peut être très utile d'intégrer des sociétés de CR qui comprennent le secteur et les marchés sur lesquels opère une entreprise, et qui savent donc comment placer la barre juste.

En fin de compte, pour que les deux parties – le bailleur de fonds et le financé – soient gagnantes, **il faut le bon investisseur et les bonnes**

attentes/objectifs.

« En particulier dans le cadre d'un financement précoce, il est très important d'aligner les attentes très tôt dans le processus. Mais chez AM Ventures, nous sommes convaincus que nous avons le savoir-faire et les compétences pour aider les fondateurs à définir des objectifs clairs et mesurables qu'ils peuvent atteindre avec une somme d'argent spécifique », ajoute Held. Rappelez-vous comment [AM Ventures a commencé](#). Avant de cofonder AM Ventures, Held a acquis une vaste expérience au sein de la société de fabrication additive EOS. Par conséquent, lui et son équipe connaissent une chose ou deux sur le développement, la commercialisation et la R&D des produits.

« Nous savons qu'il faut au moins 6 ans pour développer un bon matériel pour la FA, nous savons donc comment aider les fondateurs à établir des plans réalistes en matière de développement de produits. En outre, il faut prévoir un bon timing entre les cycles de financement. Il est beaucoup plus important de tenir une promesse bien réfléchie et de s'assurer que votre organisation se développe sainement. Nous avons vu des investissements qui ont été faits autour d'un certain battage médiatique ; des investissements qui sont faits sur la base d'attentes déraisonnables. **Et il est facile de faire des promesses excessives lorsque vous avez un investisseur qui croit à cette promesse.** Au contraire, un investisseur qui comprend le jeu n'aidera pas seulement à construire une promesse que vous pouvez tenir, mais il/elle aura la patience de traverser des moments difficiles », explique Held.

Dans quel scénario les entreprises de FA se retrouvent-elles souvent lorsqu'elles veulent lever des fonds (séries A, B, C, D) ?

Tout d'abord, rappelons que le parcours de chaque entreprise est quelque peu différent, tout comme le calendrier de financement. L'entreprise X peut passer des mois ou des années



Arno Held, co-founder and Managing Partner of AM Ventures.

à la recherche de fonds, tandis que l'entreprise Y avancera plus rapidement dans le processus. Dans le secteur de la FA, le processus de recherche de capitaux semble souvent aller vite car les solutions technologiques sont souvent « révolutionnaires » et/ou ces idées sont souvent liées à des innovateurs qui ont fait leurs preuves.

En outre, plus une entreprise est mature, plus elle avance dans les tours de financement. Par conséquent, une entreprise peut commencer par un tour de table d'amorçage, et continuer avec des tours de table A, B et C.

Avant d'en arriver là, les fondateurs passent souvent par le processus de « préfinancement », qui leur permet de démarrer leurs activités. Il n'y a pas de véritable échange d'actions, car les investisseurs sont souvent des parents ou les fondateurs eux-mêmes.

Le financement d'amorçage vient ensuite. Cette première étape de financement par capitaux propres représente la première somme qu'une entreprise commerciale ou une entreprise lève. Parfois, l'argent que les entrepreneurs obtiennent dans le cadre du financement d'amorçage les aide à réaliser des études de marché, à développer des produits, à acquérir de nouveaux équipements et à

cibler des industries à commercialiser. [MetShape, un fabricant de composants métalliques imprimés indirectement en 3D](#), est passé par ce processus l'année dernière.

Dans le cadre d'un tour de financement de série A, l'entreprise a déjà obtenu une première traction sur son marché. Elle dispose déjà d'un **produit minimum viable** (MVP = Minimum Viable Product), d'une base initiale d'utilisateurs, de chiffres d'affaires réguliers ou d'autres indicateurs de performance clés. Elle cherche maintenant de l'argent pour augmenter encore cette base d'utilisateurs et son offre de produits. En 2018, l'entreprise d'impression 3D [DyeMansion a obtenu 5 millions de dollars en financement de série A](#) pour mettre en œuvre un plan d'internationalisation. En 2020, l'entreprise d'impression 3D médicale [Kumovis a obtenu 3,6 millions d'euros](#) lors d'un tour de financement de série A pour pénétrer de nouveaux marchés et, plus récemment, c'est [Conflux Technology qui a levé 8,5 millions de dollars australiens](#) pour développer des échangeurs thermiques imprimés en 3D.

Les entreprises qui effectuent un **tour de financement de série B** sont un peu plus établies, et leurs valorisations ont tendance à le

refléter. En général, elles sont déjà passées par des tours de financement d'amorçage et de série A et veulent accélérer leurs performances à plus grande échelle. À ce niveau, la valeur de l'entreprise est évaluée en fonction des prévisions de revenus, d'actifs tels que la propriété intellectuelle, ou des performances de l'entreprise. Pour les investisseurs, il y a moins de risques à investir à ce niveau, et le montant du financement est généralement plus important. L'année dernière, [Mantle a obtenu un financement de 25 millions de dollars](#) en série B. Dans le secteur de l'impression 3D pour la construction, nous avons également vu [ICON lever 200 millions de dollars en financement de série B](#) pour répondre à la demande de construction imprimée en 3D.

Dans un **tour de financement de série C**, il est juste de dire que l'entreprise qui se trouve dans cette situation est déjà une entreprise prospère. Celles qui ont obtenu de l'argent à ce stade veulent développer de nouveaux produits, s'étendre sur de nouveaux marchés ou même acquérir d'autres entreprises. **Parfois, l'intérêt pour certains investisseurs consiste ici à recevoir plus du double du montant qu'ils ont réinjecté.** Par ailleurs, les fonds obtenus à ce niveau proviennent souvent de fonds spéculatifs, de sociétés de capital-investissement ou de banques d'investissement. L'année dernière, **LightForce Orthodontics**, un fournisseur de brackets orthodontiques personnalisés imprimés en 3D, a par exemple levé 50 millions de dollars lors de son dernier tour de financement de série C. Dans un autre segment, **ARRIS**, un fabricant de pointe spécialisé dans les composites à haute performance, a levé 88,5 millions de dollars en financement de série C l'année dernière.

Les tours de financement peuvent se poursuivre avec les **séries D ou E**. Les entreprises qui recherchent davantage de capitaux à ce niveau, peuvent le faire pour atteindre certains objectifs avant d'entrer en bourse

ou peuvent chercher à atteindre les objectifs qu'elles n'ont pas réussi à atteindre lors de leur tour de financement précédent.

Selon **Arno Held**, « les sociétés de FA qui obtiennent des fonds pour la première fois dans le cadre d'un financement d'amorçage recherchent souvent un capital compris entre 700 000 et 2 millions d'euros. Dans une série A, elles obtiennent souvent entre 3 et 7 millions d'euros, tandis que les tours de financement de série B visent un volume compris entre 8 et 15 millions d'euros ». Il est intéressant de noter que l'expert souligne que ces chiffres ne sont typiques que de l'Europe. Aux États-Unis, ils peuvent facilement se multiplier. En fin de compte, les paramètres qui définissent le montant qu'une entreprise peut obtenir lors de tours de financement incluent le segment technologique, les industries ciblées ou la géographie.

La question de la « valorisation »

Que vous obteniez ou non des fonds par le biais de tours de financement, la valeur de votre entreprise augmente tant qu'elle existe et qu'elle est performante. Toutefois, M. Held invite les entreprises à faire preuve de prudence :

« Normalement, un tour de financement augmente la valeur de l'entreprise. En effet, avec un tour de financement, vous acquérez souvent de l'argent pour atteindre un certain objectif. Vous utilisez les fonds pour atteindre cet objectif ; vous développez l'organisation dans son ensemble. Si tout se passe comme prévu, la valorisation augmente. Si le plan est manqué de beaucoup sans raison valable, cela signifie que la dernière valorisation n'était pas justifiée. » La possibilité d'une « faible valorisation » recentre le débat sur les performances et les promesses fixées au début de l'investissement (et de cet article).

Held souligne qu'à un moment donné, la promesse doit être réévaluée, si l'entreprise obtient de bons résultats, et surtout, si elle n'a pas obtenu de bons résultats. Il insiste ensuite sur le fait que « les start-ups en phase

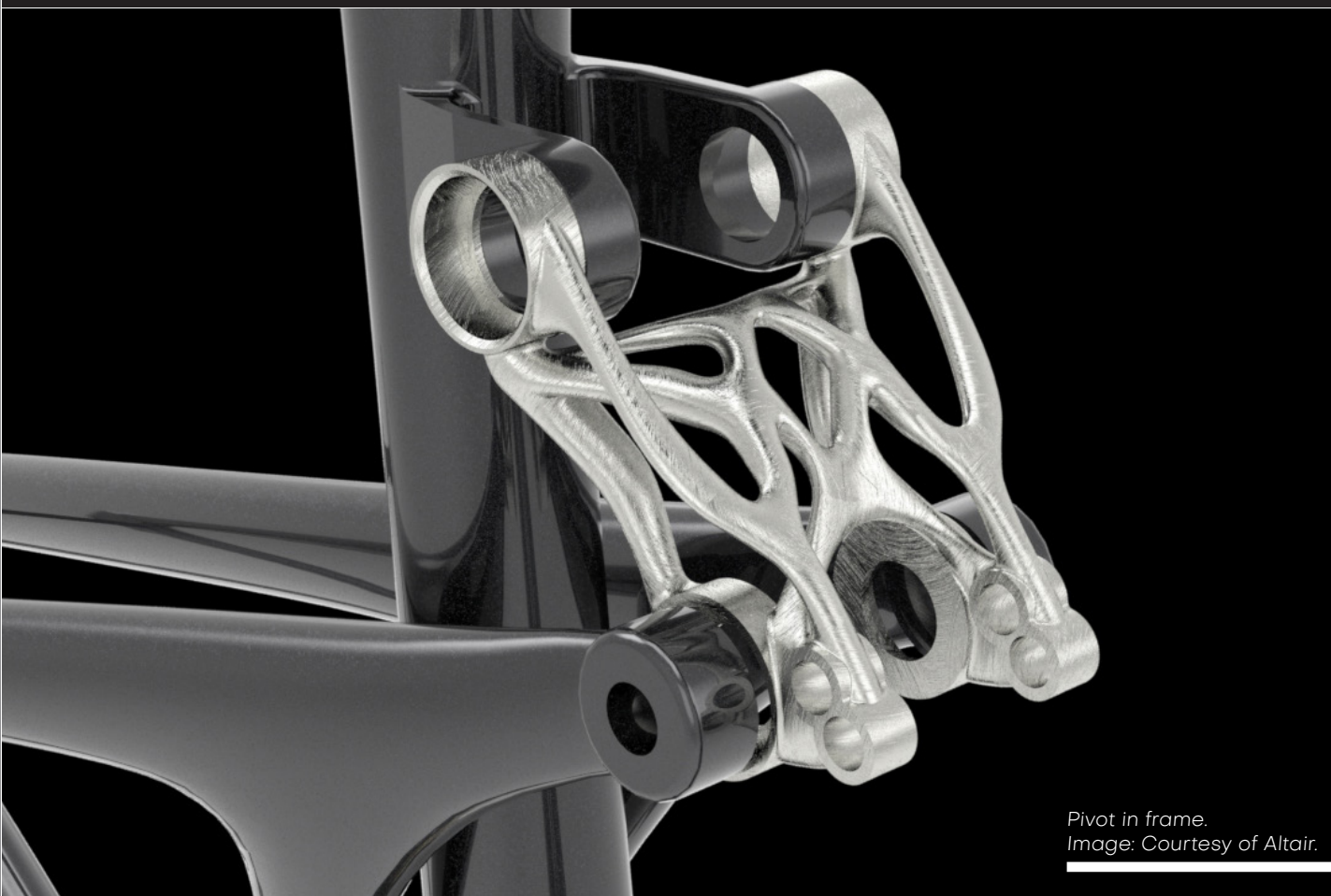
de démarrage ne sont pas des organisations générant des flux de trésorerie. Par conséquent, chaque évaluation effectuée par un fondateur est basée sur des hypothèses. Puisqu'ils travaillent sur ces hypothèses, il est primordial de fixer une valorisation réaliste afin qu'au final, les deux parties ne se retrouvent pas à se disputer sur une promesse irréaliste qui ne pourra pas être réalisée. »

Vers quelle voie se dirige le marché ?

Alors que nous avons les yeux fixés sur 2022, nous ne pouvons-nous empêcher de penser que 2021 a été marquée par plus de 53 acquisitions ([rapportées par 3D ADEPT Media](#)), 16 sociétés qui sont entrées en bourse, que ce soit via un SPAC ou un processus traditionnel d'introduction en bourse ([statistiques de septembre 2021 rapportées par 3D ADEPT Media](#)) et un grand nombre de cycles de financement.

Si ces changements peuvent être décrits comme un signe de maturité et/ou un signe de reprise pour le marché de la FA, l'observation la plus importante selon Held est le **nombre croissant de sociétés basées sur des applications qui reçoivent des financements.**

« C'est un signe clair que les gens ont réalisé ce qu'ils peuvent faire avec la FA. Nous nous trouvons à un point d'inflexion majeur. Il y a des centaines d'applications en cours de réalisation en ce moment, 50% des startups repérées par [AM Ventures](#) en 2021 sont basées sur des produits fabriqués de manière additive. Je suis très optimiste quant au premier semestre de l'année. Toutes les équipes de notre portefeuille ont réussi à lever des fonds ou sont sur le point de conclure des tours de table. Nous ne pourrions pas être plus fiers de ces entrepreneurs et il est très excitant de voir comment toutes les entreprises se comportent très bien. Le second semestre est très difficile à prévoir, mais nous restons très optimistes quant aux perspectives générales de notre secteur », conclut-il.



Pivot in frame.
Image: Courtesy of Altair.

CAO ET/OU MAILLAGE : POURQUOI LE CHEMIN DE LA PRÉPARATION DES FICHIERS POUR L'IMPRESSION 3D PEUT ÊTRE DÉROUTANT ?

L'une des étapes les plus fondamentales du processus de développement d'un produit est la modélisation, qui consiste à créer des modèles 3D d'objets. Voici le problème : certains concepteurs pensent que la CAO est la seule voie à suivre - en supprimant complètement les flux de maillage du processus de préparation des fichiers, tandis que d'autres pensent que le maillage (MESH) est légèrement plus rapide. La première étape pour parvenir à un consensus est de clarifier l'importance de la CAO et du maillage - individuellement.

La première observation que nous avons faite dans notre équipe est que les ingénieurs ont des compréhensions différentes de la CAO et du maillage. La confusion peut résider dans ce tout premier point, car comment faire la différence entre ces deux concepts et leurs avantages si on ne les comprend pas ? Certains ingénieurs considèrent la CAO et le maillage comme des modèles (3D) alors qu'en réalité, ils font référence à des processus qui permettent de créer des modèles (3D). Littéralement parlant, la conception assistée par ordinateur (CAO) est l'utilisation d'ordinateurs (ou de stations de travail) pour aider à la création, la modification, l'analyse ou l'optimisation d'une conception. Un maillage, quant à lui, est une représentation d'un domaine géométrique plus large par des cellules

discrètes plus petites. Un modèle maillé est constitué de sommets, d'arêtes et de faces qui utilisent une représentation polygonale, notamment des triangles et des quadrilatères, pour définir une forme en 3D.

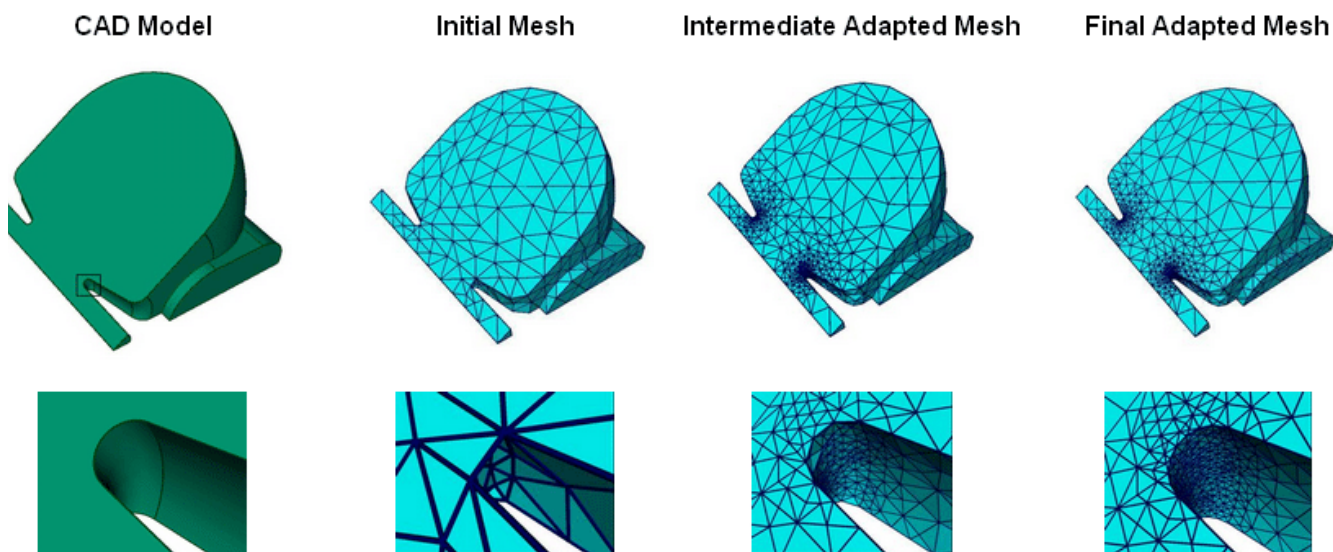
Lorsqu'il s'agit d'impression 3D, les deux concepts peuvent être utilisés dans un flux de travail de préparation de fichiers. « En général, la CAO commence par l'esquisse, puis l'utilisation d'outils soustractifs pour construire des conceptions 2,5D ou 3D. Le maillage commence avec la CAO existante, en décomposant la CAO en éléments fins pour effectuer des calculs mathématiques pour différents types de simulations », déclare **Jaideep Bangal**, Design and Manufacturing - Global Technical Team, Altair Engineering.

Cela signifie que la CAO peut exister en tant que telle, mais que la création d'un modèle maillé nécessite souvent un travail de CAO préalable, d'où le concept de « maillage dans le logiciel de CAO ». Là encore, plusieurs nuances doivent être apportées. En effet, lorsqu'il parle de maillage dans un système de CAO, un ingénieur concepteur peut faire référence à la triangularisation d'un modèle pour l'exporter vers

d'autres logiciels, à la discrétisation d'un modèle en éléments adaptés à un logiciel FEM ou au maillage d'isocourbes de paramètres u et v pour permettre à l'utilisateur de vérifier visuellement la qualité d'une surface. Par exemple, une triangularisation d'un modèle peut conduire à la génération d'un fichier STL, tandis que la discrétisation d'un modèle peut conduire à la génération d'un fichier de maillage avec des

tétraèdres.

En ce qui concerne la préparation des fichiers, l'expert d'Altair déclare : « Les ingénieurs utilisent couramment les formats de fichiers STL, CAO, 3mf, etc. pour préparer les modèles destinés aux imprimantes 3D. Ils ont toujours besoin d'un mécanisme pour convertir ces données dans un format spécifique à l'imprimante, qui peut être exporté par ces outils ou imprimantes ».



Legend: Differences between CAD and Mesh.

Applications spécifiques à la CAO et aux maillages

Les maillages peuvent servir à différentes fins, notamment la « *reverse engineering* », l'analyse dimensionnelle et l'impression 3D - qui est l'angle sur lequel nous nous concentrons.

Dans le cadre de la « *reverse engineering* », les ingénieurs utilisent les maillages comme modèle pour dessiner une CAO utilisable de la pièce numérisée. Cela peut permettre de remplacer une CAO perdue ou de créer une CAO pour des pièces existantes. En ce qui concerne l'analyse dimensionnelle, un maillage peut être superposé à la CAO

d'origine pour générer une carte en couleur qui indique les zones du composant qui s'écartent de la CAO et dans quelle mesure la pièce numérisée est hors tolérance. Alors que pour l'impression 3D, ils sont enregistrés sous forme de fichiers STL. Cela signifie qu'un concepteur peut importer un maillage dans une imprimante 3D et fabriquer la pièce à partir de ce modèle.

D'autre part, la CAO peut servir différents objectifs : création de la conception, modification de la conception, fabrication ou inventaire numérique. Qu'il

s'agisse de la création ou de la modification de la conception, il existe un large éventail de logiciels de CAO spécifiques à une gamme de produits qui fournissent une variété d'outils permettant aux concepteurs de créer des modèles à partir de zéro, y compris des prototypes, des outils et bien plus encore, ou de modifier les conceptions en fonction des exigences souhaitées.

Comme le fait remarquer Bangal, « presque toutes les sociétés d'ingénierie disposent de capacités de CAO, les ingénieurs sauvegardent leurs

travaux de conception à l'aide de systèmes PLM ainsi que diverses itérations de conception au cours du processus de développement du produit. Au contraire, les experts en IAO créent des fichiers de maillage à partir de la CAO fournie par les ingénieurs concepteurs pour les simulations. Ils nettoient la CAO, préparent les modèles, génèrent le maillage et analysent les performances à l'aide de solutions de simulation. »

Cela dit, les différents objectifs qui peuvent conduire à l'utilisation de la CAO ou du

maillage sont aussi ceux qui permettent de différencier leur avantage unique : « La CAO repose sur la géométrie, ce qui permet aux ingénieurs de modifier rapidement leurs conceptions, même à partir de formats de fichiers CAO neutres. Mais elle crée également des nuances géométriques qui peuvent la rendre inutilisable pour les simulations », commente Bangal. « A moins que les ingénieurs n'utilisent une technologie sans maillage comme Altair® SimSolid®, toutes les solutions de simulation créent des modèles d'éléments finis à partir de la CAO pour l'analyse des performances ou pour préparer le modèle à la fabrication, c'est du maillage », souligne-t-il en prenant l'exemple des produits d'Altair.

Un accent particulier sur les flux de travail pour la préparation des fichiers

Lors de la création d'un fichier pour l'impression 3D, la plupart des programmes de CAO convertissent le fichier au format STL (qui le convertit en un maillage de polygones triangulaires). Cependant, la réalité révèle que « la CAO et le maillage sont tous deux importants, selon le moment où ils sont utilisés et les personnes qui les utilisent. En général, la CAO vient en premier, suivie du maillage, dans le flux de travail du développement du produit. Les ingénieurs concepteurs préfèrent travailler dans un environnement CAO, tandis que les experts en simulation utilisent le maillage. Si la CAO est le roi, le maillage est le faiseur de roi » Alors, que dire aux ingénieurs concepteurs qui comparent sans cesse les deux systèmes afin de décider lequel ils doivent choisir ?

À cette question, Bangal recommande les technologies hybrides. De la même manière qu'une approche de fabrication hybride apporte le meilleur

de la FA et des processus de fabrication conventionnels, une technologie logicielle hybride apporterait le meilleur de la CAO et du maillage. Materialise est une entreprise qui surfe sur ce concept. Pour cette société de logiciels, réunir la CAO et le maillage lors de la préparation des fichiers, c'est comme le beurre de cacahuète et la gelée : excellents chacun de leur côté, mais encore meilleurs ensemble.

« Par exemple, la CAO est connue pour ses capacités impressionnantes lors de l'édition de pièces, car elle a une résolution plus élevée que le maillage. Il sera facile de passer d'un logiciel d'optimisation de la conception à la préparation de fichiers avec Magics et d'accomplir des tâches telles que l'amélioration de pièces, la création de congés et l'ajout de trous. Toutefois, l'utilisation du maillage lors de la préparation des pièces pour l'impression 3D présente également des avantages évidents. Il est crucial d'effectuer certaines étapes avec le maillage, en particulier pendant la préparation de la construction et pour les applications avec des textures organiques. Il est également très puissant pour les opérations où l'on souhaite ignorer la complexité des conceptions, comme l'habillage d'un assemblage complet de moteur. Le maillage contient toutes les informations sur l'intérieur et l'extérieur des modèles 3D nécessaires pour découper les pièces et commencer l'impression 3D », explique l'entreprise d'impression 3D.

C'est la raison pour laquelle, la société a récemment combiné les deux dans un flux de travail transparent au sein de sa solution logicielle Magics – son logiciel de préparation des données et des constructions.

Si nous attendons avec impatience que les ingénieurs

concepteurs nous fassent part de leur retour sur ce sujet, nous sommes prêts à considérer les déclarations de Bangal comme valables : « combiner les avantages d'une modification facile de la CAO paramétrique et la flexibilité des descriptions « Polynurbs », pour traiter les formes organiques résultant de l'optimisation de la topologie, comme on les trouve souvent dans les conceptions destinées à l'impression 3D. »

ETUDE DE CAS

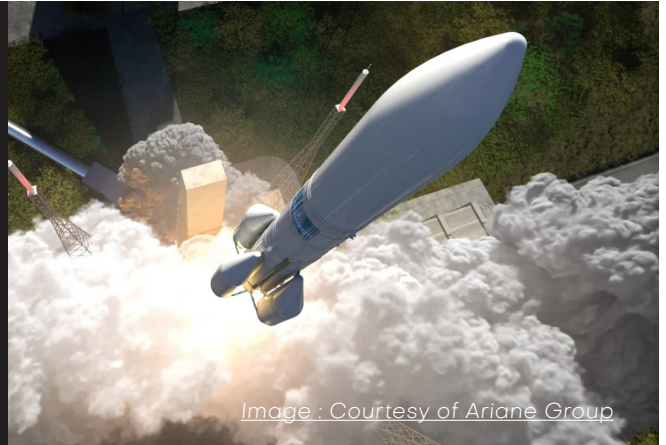


Image : Courtesy of Ariane Group

Au lieu de produire 248 éléments, Ariane Group imprime en 3D une tête d'injecteur d'un moteur de fusée en un seul composant.

« Une conception tout-en-un »

« Mission-critical » fait souvent référence aux composants de classe 1 utilisés dans l'industrie aérospatiale. Ces applications coûtent souvent des centaines de millions selon la pièce à fabriquer. ArianeGroup a récemment franchi une étape importante dans un projet d'application critique : plutôt que de fabriquer 248 éléments, l'équipe d'Ariane a produit une tête d'injecteur d'un moteur de fusée d'un futur module de propulsion d'étage supérieur en un seul composant. La tête d'injecteur a été simplifiée et réduite à ce qui est littéralement une conception tout-en-un (AiO = en anglais All-in-one Design).

L'Agence spatiale européenne (ESA) souhaite occuper une position forte et indépendante dans le transport spatial en utilisant une technologie

de lanceur efficace. Pour y parvenir, ArianeGroup, une coentreprise de l'entreprise aérospatiale européenne Airbus Group et du groupe français Safran, a été chargée de construire la prochaine génération. Ariane est une série de lanceurs européens conçus pour permettre la mise en orbite autour de la terre de charges utiles lourdes, telles que des satellites de communication.

Dans un module de propulsion, des forces considérables se développent dans des conditions extrêmes. Cela exige des niveaux maximums de fiabilité et de précision dans un espace réduit. La tête d'injection est l'un des éléments centraux du module de propulsion. Elle alimente la chambre de combustion en mélange combustible.

Sa conception traditionnelle est constituée de 248 composants, produits et assemblés en plusieurs étapes de fabrication.

Les différentes étapes de traitement, telles que le moulage, le brasage, le soudage et le perçage, peuvent entraîner des points faibles qui peuvent constituer un risque en cas de charges extrêmes. En outre, il s'agit d'un processus long et complexe. Dans le domaine des éléments d'injection, la production conventionnelle nécessite le perçage de plus de 8 000 trous transversaux dans des manchons en cuivre qui sont ensuite vissés avec précision aux 122 éléments d'injection afin de mélanger l'hydrogène qui les traverse avec de l'oxygène.

Un coup d'œil à ces chiffres montre clairement qu'un seul composant fonctionnellement intégré combinant tous les éléments doit être l'objectif évident mais ambitieux. Cela pourrait également libérer un potentiel économique important et réduire le

nombre d'étapes de traitement ainsi que le temps de production, en particulier pour un composant de classe 1.

Une pièce, une même fonctionnalité

Grâce à la technologie d'impression 3D industrielle d'EOS basée sur un lit de poudre, il a été possible, par exemple, d'imprimer les 122 buses d'injection, les plaques de base et avant, ainsi que le dôme de distribution avec les tuyaux d'alimentation correspondants pour les carburants hydrogène et oxygène en tant que composant intégré. Par rapport aux systèmes monolaser, la productivité nettement supérieure du système multi-laser EOS M 400-4 a permis de diviser par trois le temps de construction et de réduire les coûts de 50 % dans l'exemple de la tête d'injection AiO.

L'équipe de projet a pu

enregistrer toute une série de succès supplémentaires. La conception simplifiée et les propriétés améliorées des matériaux par rapport à la qualité des pièces moulées ont permis à la technologie additive de réduire considérablement l'épaisseur de la paroi - sans perte de résistance.

Une réduction significative du poids signifie également une réduction supplémentaire du temps de construction et, bien sûr, des coûts.

Enfin et surtout, les procédés de fabrication additive permettent d'accélérer considérablement les cycles d'innovation. Les améliorations structurelles, les modifications de conception et la fabrication de composants d'essai en phase de développement peuvent être directement mises en production sur la base de données CAO, sans que les ingénieurs aient à



L'intégration des fonctions dans un seul composant permet de fabriquer une seule pièce au lieu de 248 pièces individuelles. Image: Ariane Group | EOS.

consacrer du temps à la préparation des outils, comme c'est le cas pour les pièces moulées. L'impression 3D industrielle réalise ainsi un saut quantique en termes de délais. Alors que chaque itération nécessitait généralement environ une demi-année, une itération ne prend désormais que quelques jours. De plus, l'ensemble de la chaîne de fabrication se déroule désormais en interne dans les locaux d'ArianeGroup.



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!
laura.d@3ddept.com / contact@3ddept.com

LA FABRICATION ADDITIVE POUR L'AÉROSPATIALE

Au sein de l'industrie de la FA, la pandémie de COVID-19 est considérée comme une «rupture», qui a entraîné une adoption plus large dans de nombreuses industries auparavant hésitantes. Une adoption qui est principalement due à la perturbation par la pandémie des chaînes d'approvisionnement et de la main-d'œuvre traditionnelles. Cette période a également été l'occasion pour l'industrie d'intensifier ses efforts en matière de certification, de normalisation et de formation. La FA est également très attrayante en cette période où l'accent est mis sur la durabilité, car elle est qualifiée de «durable par nature», notamment par rapport aux autres méthodes traditionnelles de fabrication. On y voit alors un moyen de gaspiller moins et une capacité à recycler les déchets ou les anciens produits de la FA.

L'industrie aérospatiale et spatiale utilise de plus en plus la FA depuis 2010. Au départ, la FA n'était utilisée que pour les pièces situées à l'intérieur des cabines d'avion et autres intérieurs, l'objectif principal étant de réduire le poids et le coût. L'objectif principal était de réduire le poids et le coût. L'utilisation de pièces imprimées 3D dans les moteurs a connu une expansion timide, avec une plus grande exploration du potentiel de la FA. Cependant, les processus de normalisation et de certification sont encore longs et ardues en raison de l'hésitation à changer et à accepter le risque de la FA.

La stagnation du secteur aérospatial pendant la pandémie de COVID-19 a entraîné une baisse significative du taux de production d'avions, ce qui a toutefois permis une utilisation

accrue et une adoption plus large de la FA pour le remplacement des pièces en vue de réduire les coûts et de perturber les chaînes d'approvisionnement. En revanche, le secteur spatial a connu des réalisations et des avancées massives en 2020-21 suite à l'émergence d'une nouvelle génération d'entreprises spatiales privées. La privatisation de l'espace a permis une large adoption et une utilisation accrue de la FA dans les fusées, les satellites et autres équipements spatiaux.

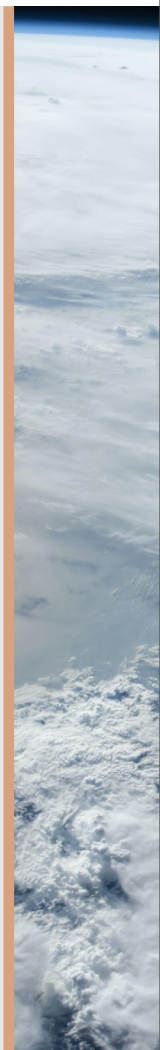
La FA est une industrie passionnante, riche en possibilités et en potentiel, sa polyvalence et sa flexibilité la rendant idéale pour les secteurs dynamiques de l'aérospatiale et de l'espace. Après la pandémie de COVID-19, les progrès et l'adoption généralisée de la FA ont permis de vastes réalisations et l'industrie est désireuse de discuter ce qu'elle n'a pas encore eu l'occasion d'explorer.

La conférence sur la fabrication additive pour l'aérospatiale et l'espace revient pour sa huitième édition en 2022. Ces dernières années, elle s'est fermement établie comme le premier forum pour les utilisateurs de la FA, les experts en R&D et les partenaires industriels de l'industrie aérospatiale et spatiale. Defence IQ est ravi d'accueillir cette conférence, en direct une fois de plus en Allemagne.

Conférence Additive Manufacturing for Aerospace & Space 2022:

23 et 24 février 2022. Visite du site : 22 février 2022

Das Privathotel Lindtner, Hambourg, Allemagne





La conférence « AM for Aerospace and Space » est la principale plate-forme de conférence visant à garantir que les opportunités de fabrication à haute valeur ajoutée sont assurées afin que l'industrie aérospatiale et spatiale soit prête à relever les défis de l'adoption et du développement plus larges de l'AM.

Pendant trois jours, nous accueillerons des présentations de premier plan, des discussions en panel, des tables rondes et une visite du site de pointe de SLM Solutions à Lübeck pour faciliter la discussion et la collaboration au sein de l'industrie.

Cet événement fournira une plate-forme pour soutenir les opportunités de fabrication à haute valeur ajoutée et aider à préparer l'industrie aérospatiale à s'attaquer aux obstacles à une adoption plus large de la FA. Il s'agit également d'une occasion unique d'entretenir, de renforcer et d'établir des liens au sein de l'industrie après cette période difficile.



VISITE EXCLUSIVE DU SITE DE SLM SOLUTIONS :

SLM Solutions est un fournisseur de solutions intégrées et un partenaire de la fabrication additive métallique. La société s'intéresse de près à la réussite à long terme de ses clients en matière de fabrication additive métallique. Des machines robustes de fusion sélective par laser optimisent la production de pièces rapides, fiables et rentables. Les experts de SLM Solutions collaborent avec les clients à chaque étape du processus pour leur fournir une assistance et un partage des connaissances qui leur permettent d'utiliser cette technologie et de maximiser leur retour sur investissement.

SLM Solutions propose des services de consultation, d'installation, de maintenance, de formation et d'autres possibilités d'apprentissage pour permettre aux clients d'exploiter les capacités et d'appliquer les meilleures pratiques de la fusion sélective par laser. L'ouverture de leur nouveau siège mondial de Lübeck en 2018, l'installation de 24 000 m² abrite leurs experts en recherche et développement, les lignes de production, les entrepôts de pièces détachées et de poudres, ainsi que le support d'ingénierie et de service.

La fabrication additive pour l'aérospatiale et l'espace est la principale plateforme de conférence permettant de s'assurer que les opportunités de fabrication à haute valeur ajoutée sont explorées au sein de l'industrie. Face aux défis que pose l'adoption croissante de la fabrication additive, notamment la certification et la normalisation, le contrôle in situ et la durabilité, cette conférence propose des présentations basées sur des études de cas, réalisées par des utilisateurs et des fournisseurs de solutions, afin de susciter la discussion, la mise en réseau et les opportunités au sein de la fabrication additive.

Qu'est ce qu'il y a au menu cette année?

- 1) **Journée de visite du site de SLM Solutions pour les délégués**
- 2) **Présentations axées sur des études de cas pour discuter des réalisations des 18 derniers mois.**
- 3) **Panel intersectoriel pour discuter de la manière dont l'AM est utilisé et certifié**

dans l'ensemble de l'industrie.

Les principaux thèmes abordés seront les suivants ;

- Les applications spatiales, aériennes, terrestres et maritimes des procédés de fabrication additive.
- La formation des ingénieurs et des concepteurs pour qu'ils pensent en termes de fabrication additive afin d'utiliser tout le potentiel de la FA.
- L'innovation et les nouvelles technologies développant la fabrication additive pour la défense, l'espace et l'aérospatiale.
- Commercialisation de la recherche et développement de stratégies de fabrication additive à court terme.

Les principaux orateurs de l'événement seront les suivants :

- **Dr Mohsen Seifi, Executive Director, ASTM**
- **Dr Melissa Orme, Vice President, Additive Manufacturing, Boeing**
- **Hauke Schultz, Additive Manufacturing Roadmap Leader, Airbus**
- **Dr Mark D. Benedict, AM Lead, Air Force Research Laboratory**
- **Raphael Salapete, R&T ALM Project Leader, ArianeGroup**

Sponsors:

SLM Solutions (Lead Sponsor)

Adira

CMS Group

EOS

RENA

Siemens Energy

Trumpf

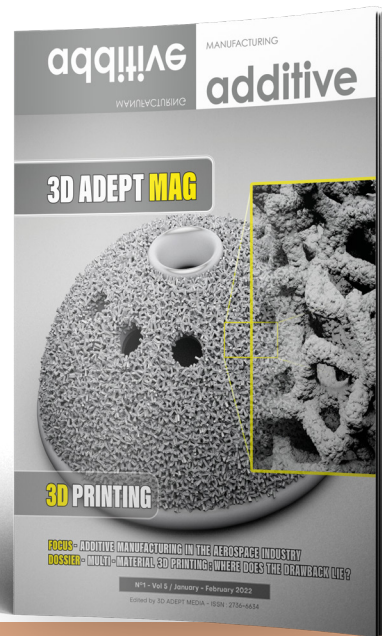
YXLON

Polymertal

Visite du site : En raison des restrictions COVID du site, il y aura deux sessions limitées à 30 personnes. [**Veillez-vous inscrire rapidement pour garantir votre place.**](#)

1er

SEMESTRE



VOUS POUVEZ RÉCUPÉRER VOTRE EXEMPLAIRE IMPRIMÉ DE 3D ADEPT MAG LORS DES ÉVÉNEMENTS PARTENAIRES SUIVANTS :



6th Additive Manufacturing Forum Berlin 2022

ADDITIVE MANUFACTURING STRATEGIES



Additive Manufacturing
for Aerospace & Space



Additive Manufacturing for Aerospace & Space, 22 – 24 Février 2022, Hamburg, Allemagne



Additive Manufacturing Strategies, 1–3 Mars, New York, USA



Addit3D, 13–17 Juin, Bilbao, Espagne



Advanced Materials Show UK, 29–30 Juin, NEC, Birmingham, UK



Ceramics UK, 29–30 Juin, NEC, Birmingham, UK



Additive Manufacturing Forum, 5–6 Juillet, Berlin, Allemagne



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



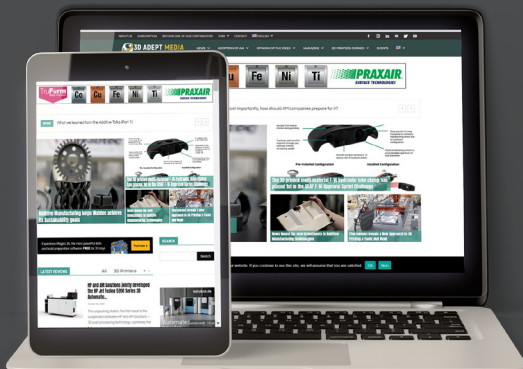
3D Adept est une société de communication dédiée à l'industrie de l'impression 3D. Nos médias fournissent en anglais et en français, les dernières tendances et analyses de l'industrie de l'impression 3D. 3D Adept Media comprend un média en ligne et un magazine bimestriel, 3D Adept Mag. Tous les numéros 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

Contact us !!!

contact@3dadept.com

www.3dadept.com

+32 (0)4 89 82 46 19

Rue Borrens 51,1050 Brussels - BELGIUM

AM SOLUTIONS

INTERNATIONAL CATALOGUE 2022

AM Solutions 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 ?