

additive

FABRICATION

FABRICATION

additive

3D ADEPT MAG

IMPRESSION 3D

**DOSSIER : COMMENT LA FA TRANSFORME-T-ELLE LA
CONCEPTION ET LA PRODUCTION D'AVIONS AUJOURD'HUI ?**

N°1 - Vol 7 / Janvier - février 2024

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



3DADEPT.COM

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

Avez-vous des informations relatives à l'impression 3D ou un communiqué de presse à publier ?

Envoyez un email à contact@3dadept.com

Fabrication Additive / Impression 3D

-  **RAPPORTS**
-  **DOSSIERS**
-  **APPLICATIONS**
-  **PROMOTIONS**
-  **COLLABORATION**



www.3dadept.com
 Tel : +32 (0)4 86 74 58 87
 Email: contact@3dadept.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.



Questions et feedback:

3D ADEPT SPRL (3DA)

VAT: BE0681.599.796

Belgium -Rue Borrens 51 - 1050 Bruxelles

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

Email: contact@3dadept.com

Média en ligne: www.3dadept.com

Sommaire

Editorial04

Dossier.....07

- COMMENT LA FA TRANSFORME-T-ELLE LA CONCEPTION ET LA PRODUCTION D'AVIONS AUJOURD'HUI ?

Business13

- LE «DÉCLIN ET L'ESSOR» DE L'IMPRESSION 3D DE BUREAU.

Post-traitement17

- L'UTILISATION DU PRESSAGE ISOSTATIQUE À CHAUD POUR LES PIÈCES CRITIQUES IMPRIMÉES EN 3D : INTRODUCTION ET APPLICATIONS

AM Shapers.....21

- AGILE SPACE INDUSTRIES DISCUTE DE LA FABRICATION ADDITIVE DANS LES SYSTÈMES DE PROPULSION SPATIALE

Matériaux.....27

- UTILISATION DE COMPOSITES POUR REMPLACER DES PIÈCES MÉTALLIQUES DANS LA FABRICATION ADDITIVE : QUAND ET COMMENT ?

Interview du mois31

- COMMENT 7 DÉCENNIES D'EXPERTISE DANS LA TECHNOLOGIE DU FAISCEAU D'ÉLECTRONS ONT CONTRIBUÉ À POSITIONNER JEOL SUR LE MARCHÉ DE LA FA

Événements35

- GREG MORRIS, LAURÉAT DU «INNOVATIONS AWARD» D'AMUG, PARLE DE SON PARCOURS, DE L'ADOPTION DE LA FABRICATION ADDITIVE DANS TOUS LES SECTEURS ET DE L'AVENIR DE ZEDA.

Bonjour & bienvenue



Possibilités actuelles de la FA pour l'aérospatiale et l'espace

Le nombre de pièces aéronautiques imprimées en 3D qui volent aujourd'hui varie d'une entreprise aérospatiale à l'autre et dépend de plusieurs facteurs, notamment de la période à laquelle elles ont commencé à utiliser la FA. Boeing, par exemple, l'un des principaux acteurs industriels à l'origine des progrès de la FA, a déjà produit plus de 70 000 pièces imprimées en 3D, tandis que la société spatiale Maxar a déjà envoyé en orbite plus de 2 500 pièces fabriquées de manière additive. Collins Aerospace, un autre acteur relativement nouveau, a déjà produit plus de 75 pièces imprimées en 3D et a ouvert l'année dernière un centre de fabrication additive d'une valeur de 14 millions de dollars.

Ces statistiques montrent clairement que les entreprises aérospatiales qui utilisent la technologie de FA ont bien compris la valeur ajoutée qu'elle apporte aux pièces légères, aux prototypes fonctionnels et à l'outillage. Il est également évident qu'elles sont prêtes à pousser l'utilisation de la technologie au-delà du prototypage, pour se concentrer sur des pièces fonctionnelles qui peuvent être directement utilisées dans un avion.

Le fait est qu'avec les avancées actuelles dans les processus de fabrication additive, le procédé LPBF n'est plus le seul candidat à la production capable de répondre aux exigences de production des pièces pour l'aérospatiale, l'espace et la défense.

Ce numéro de 3D ADEPT Mag montre comment la fabrication additive transforme la conception et la production des avions. Avec des témoignages d'utilisateurs de la technologie de FA et des aperçus des processus connexes, il permet d'explorer les diverses possibilités actuellement disponibles sur le marché.



Kety SINDZE

Editrice-en chef chez 3D ADEPT Media

✉ KETYS@3DADEPT.COM

Editorial

Significant Cost Savings on Additive Tool

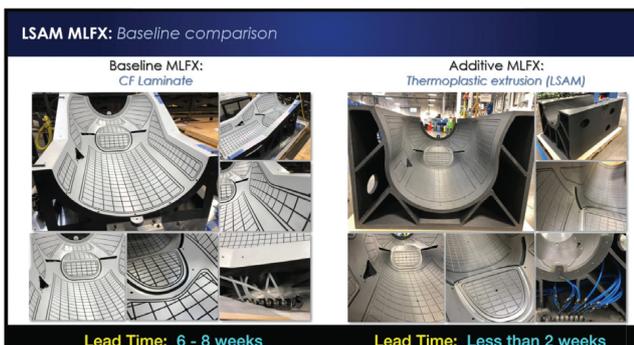
Partnership between Thermwood and General Atomics

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

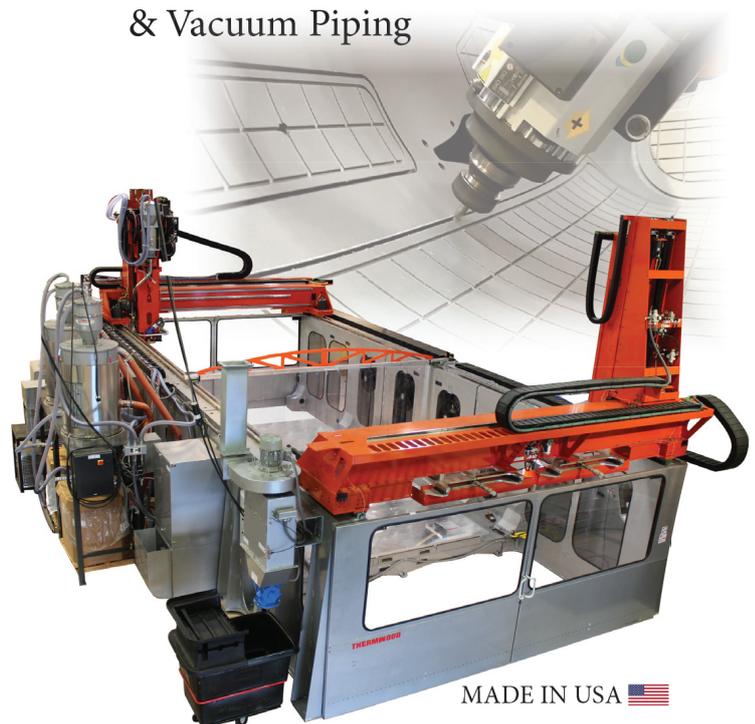
www.thermwood.com

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

. DOSSIER .



Credit: GKN Aerospace

COMMENT LA FA TRANSFORME-T-ELLE LA CONCEPTION ET LA PRODUCTION D'AVIONS AUJOURD'HUI ?

Ce n'est un secret pour personne qu'un avion est un système complexe qui comprend une longue liste de composants intérieurs et extérieurs conçus pour assurer la sécurité, répondre aux normes de certification, garantir la fonctionnalité et améliorer le confort. Compte tenu des exigences concurrentielles et rigoureuses d'une industrie aussi importante, l'optimisation et l'efficacité de la production revêtent en permanence une importance capitale, d'où l'intérêt croissant pour des procédés de fabrication tels que la fabrication additive (FA). Depuis la toute première utilisation de cette technologie dans les années 1989, la façon dont les pièces aérospatiales sont conceptualisées, conçues et produites a évolué. L'article ci-dessous vise à comprendre comment la

technologie a évolué et comment elle est adoptée aujourd'hui par les entreprises aérospatiales et les fabricants de pièces.

L'aérospatiale a été l'une des premières industries à adopter la FA et, compte tenu du [nombre croissant d'applications réalisées dans ce domaine](#), on peut légitimement dire qu'elle a intégré avec succès cette technologie dans ses opérations de production. Si la conception et la fabrication sont deux aspects différents de la production d'une pièce, l'un ne va pas sans l'autre. Ils se renforcent mutuellement pour produire le plus grand impact et il est important de voir comment ils évoluent avec les progrès actuels des technologies.

C'est pourquoi l'article ci-dessous vise à comprendre :

- L'état actuel de la conception dans la production de pièces aérospatiales - et les applications révélant le plus grand impact de la FA
- Quels sont les processus de FA qui transforment le plus la production aéronautique et pourquoi ?
- Jusqu'où la FA peut-elle être poussée dans l'industrie aérospatiale ?

L'état actuel de la conception dans la production de pièces aérospatiales

Prenons l'exemple d'une **nervure d'aile** : il s'agit d'une pièce structurelle à l'intérieur d'un avion qui aide à supporter une partie des charges de vol et à maintenir la forme lisse de l'aile. Avec ses 2 mètres de long et ses 20 kg, cette pièce a une forme complexe qui doit être aussi légère que possible pour être la plus fonctionnelle possible. Elle était fabriquée par usinage dans un seul bloc d'aluminium jusqu'à ce que les ingénieurs explorent la voie de la FA. Avec la FA, ils imaginent une nouvelle conception - une plaque de métal qui sert de base à la construction de la pièce. Dans la mesure du possible, la pièce est conçue de manière à ce que la plaque puisse être incorporée dans la pièce finale. Grâce à la [technologie WAAM](#), la pièce obtenue par FA présente une surface légèrement ondulée qui doit encore être usinée pour obtenir la pièce finale.

Cet exemple montre que la bonne conception doit aller de pair avec le bon processus de production. Dans l'aérospatiale, les pièces sont complexes et constituées de structures géométriques complexes. Elles forment de petites pièces qui doivent s'emboîter avec d'autres petites pièces. Si la capacité de produire plusieurs pièces à la fois est l'un des avantages les plus cités de la « conception pour la FA » (**DfAM**), en particulier dans l'industrie aérospatiale, il convient de noter que le résultat de ces conceptions se résume souvent à l'utilisation de la bonne stratégie de conception.

Petit bémol : la [boîte à outils de conception](#) comprend des techniques de plus en plus complexes qui nécessitent la prise en compte de la perspective de l'analyse de rentabilité de la pièce à produire. Sur la base de l'exemple ci-dessus, on peut dire que la « consolidation des pièces » est l'une des techniques de conception largement utilisées dans l'aérospatiale pour réduire le poids et les coûts d'assemblage, tout en augmentant l'intégrité structurelle d'une pièce fabriquée de manière additive.

D'une manière générale, « les techniques et stratégies de conception par FA pour les aéronefs sont adoptées différemment dans des secteurs tels que l'aviation civile, l'espace et les véhicules ultralégers dans le contexte de la mobilité aérienne urbaine et de l'eVTOL ».

« Pour les véhicules aériens ultralégers, l'économie de poids est, bien entendu, un élément crucial. La FA y contribue grâce à des techniques de conception éprouvées telles que l'optimisation topologique, et toutes les possibilités de conception de FA sont prises en compte pour les composants, y compris les pièces structurelles, et dans différents matériaux. La FA est utilisée de manière exhaustive pour l'optimisation structurelle et l'allègement. La situation est similaire pour les applications spatiales. Dans les deux cas, il est essentiel d'utiliser au mieux l'espace de conception tout en optimisant le rapport entre le



3D printed wing. ©GKN Aerospace

poids et la fonctionnalité. Une approche intéressante dans ce contexte consiste à passer à un matériau plus léger ou à un composite au cours de la phase d'exploration de la conception et à compenser ses propriétés matérielles divergentes par des modifications géométriques de la conception de la pièce. Pour l'essentiel, la FA est considérée comme une technologie de fabrication valable et est utilisée comme technologie complémentaire pour un nombre limité de solutions sophistiquées.

En ce qui concerne l'aviation civile, la situation est différente. Actuellement, la majorité des pièces imprimées en 3D ne sont pas conçues pour la FA. La FA est idéale pour l'approvisionnement en pièces polymères à faible criticité pour les avions de l'aviation civile, car les pièces peuvent être imprimées à partir de l'étagère virtuelle, il n'y a pas de gaspillage, et aucun stock ne traîne dans les entrepôts.

Néanmoins, la FA offre une nouvelle approche de la conception pour l'aérospatiale en proposant une alternative économique pour les pièces endommagées des avions. La FA peut fournir des solutions de réparation sur mesure pour ces pièces, en offrant une solution autre que le remplacement et en minimisant la durée d'immobilisation des avions.

Cela montre qu'il ne s'agit pas toujours de trouver les parties complexes qui nécessitent une refonte complète, mais les parties qui ont un sens du point de vue de l'analyse de rentabilité. La bonne approche de la conception est essentielle à cet égard. La refonte complète d'une pièce représente un investissement, et la nouvelle conception nécessitera des efforts supplémentaires pour être acceptée en tant que pièce volante. Les MRO et les compagnies aériennes utilisent le logiciel de FA de Materialise pour numériser le processus de production et utiliser les données disponibles sur des milliers de pièces fabriquées par Materialise pour normaliser les conceptions et se conformer aux règles de sécurité. Souvent, la **reconception de pièces existantes** n'a pas besoin de recourir à des technologies de conception de FA très complexes et **ne nécessite que des modifications mineures des pièces**. Dans l'aviation civile, la sécurité est la première priorité, et l'industrie aérospatiale qui utilise la FA doit faire progresser la normalisation de l'impression 3D pour améliorer son profil dans l'aviation civile », explique Erik de Zeeuw, Market Manager Aerospace, Materialise.

Deux autres techniques ont également contribué à l'évolution de la conception aérospatiale : la **conception générative (GD)** et l'**optimisation topologique (TO)**. Non seulement elles existent depuis longtemps, mais elles présentent également des avantages immédiats en termes de gain de poids et d'augmentation de la valeur lors de l'utilisation de la FA.

Les processus de FA qui transforment le plus la production aéronautique – et les applications qui révèlent le plus grand impact de la FA

Le nombre de pièces aérospatiales qui volent aujourd'hui varie d'une entreprise aérospatiale à l'autre et dépend de plusieurs facteurs, notamment de la période à laquelle elles commencent à utiliser la technologie. Boeing, par exemple, l'un des principaux acteurs industriels à l'origine des progrès de la fabrication additive, a déjà produit [plus de 70 000 pièces imprimées en 3D](#), tandis que la société spatiale Maxar a déjà envoyé en orbite plus de **2 500 pièces fabriquées de manière additive** et que Collins Aerospace, un autre acteur relativement nouveau, a déjà produit plus de 75 pièces imprimées en 3D et a ouvert l'année dernière un centre de fabrication additive d'une [valeur de 14 millions de dollars](#).

Ces statistiques montrent clairement que les entreprises aérospatiales qui utilisent la technologie de FA ont bien compris la valeur ajoutée qu'elle apporte aux pièces légères, aux prototypes fonctionnels et à l'outillage. Il est également clair qu'elles sont prêtes à pousser l'utilisation de la technologie au-delà du prototypage, pour se concentrer sur des pièces fonctionnelles qui peuvent être directement utilisées dans un avion.

D'un point de vue technologique, les matériaux associés aux pièces aérospatiales sont à la fois **métalliques et polymères**, en fonction de la criticité de la pièce. Si les matériaux polymères peuvent être utilisés dans différents processus de FA, leur sélection dépend toujours de la mesure dans laquelle ils peuvent répondre aux exigences de légèreté avec une résistance élevée afin de réduire les émissions, d'économiser du carburant et d'adhérer aux exigences de sécurité.

C'est la raison pour laquelle les **technologies SLA et FDM** resteront des candidats idéaux pour la production de prototypes. De même, même si l'impression 3D SLS et la technologie de FA grand format (Large Format Additive Manufacturing – LFAM) puissent être utilisés pour produire respectivement des composants tels que des conduits d'air et d'autres formes d'outillage aérospatial, l'accent est mis de plus en plus sur **l'utilisation des technologies d'impression 3D métal** pour produire des pièces en série.

Avec plus de 18 processus de FA métal différents connus à ce jour, **les technologies de fusion sur lit de poudre basées sur le laser** restent les processus de FA les plus largement utilisés. De nouvelles technologies d'impression 3D de métaux continuent de faire leur apparition sur le marché chaque jour, et elles suscitent de grandes attentes en termes de réduction des coûts et de temps de production. En outre, comme le développement de nouvelles technologies est plus rapide que les applications



Credit: GKN Aerospace

qu'elles peuvent permettre, il est difficile d'évaluer la maturité des autres procédés de FA des métaux qui transforment aujourd'hui la production aéronautique.

GKN Aerospace, un fournisseur aérospatial multitechnologique de niveau 1, s'appuie sur une technologie de FA qui implique la construction couche par couche à l'aide de fils ou de poudres métalliques fusionnés à l'aide de lasers. Le **dépôt de métal par laser avec fil (LMD-w)** à grande échelle permet de produire des structures complexes et légères. Ces structures optimisent les performances globales des composants aéronautiques, contribuant de manière significative à la réduction du poids, à l'efficacité énergétique et à la capacité de créer des géométries complexes qui étaient auparavant difficiles à réaliser avec les méthodes de fabrication traditionnelles.



Rotor SMART Demo produit par GKN Aerospace pour Northrop Grumman Corporation (NGC).
Crédit: GKN Aerospace.

Selon **Sébastien Aknouche**, responsable des solutions matérielles chez GKN Aerospace en Suède, aujourd'hui, lorsqu'on considère **les moteurs d'avion en particulier**, quel que soit le procédé de FA utilisé, pour apprécier l'impact de la technologie sur la production aéronautique, il faut être capable d'identifier à court terme les facteurs de transformation suivants :

- Le délai de la demande – conception – fabrication – livraison. Il est probablement réduit à 5 %, voire moins, de l'approche traditionnelle pour une nouvelle demande.
- Le processus comporte moins d'étapes que la fabrication traditionnelle de pièces d'avion.
- La FA nous permet d'utiliser de manière beaucoup plus efficace la disponibilité mondiale déjà limitée des superalliages. Nous pouvons produire 2 à 10 fois plus de moteurs avec la même quantité de métal. Cela réduit à nouveau la quantité de déchets (sculptures).
- Grâce à la FA, le délai de production industrielle n'est qu'une fraction du délai de production traditionnel, où tout changement de la demande peut prendre plus de deux ans à satisfaire.
- La FA permet des changements rapides de la demande et une situation d'approvisionnement beaucoup plus flexible. Cela permettra de réduire considérablement les stocks et de débloquer d'énormes quantités de liquidités actuellement liées aux stocks.
- La FA permet de réduire les coûts pour le client grâce à une plus grande flexibilité de l'approvisionnement, moins de liquidités liées aux stocks, une plus grande sécurité de l'approvisionnement avec moins de sous-absorption et un processus beaucoup plus rapide du nouveau produit au processus industrialisé.
- Tout processus de production de FA constitue un facteur environnemental significatif et positif. Les émissions de CO2 sont considérablement réduites grâce à des processus moins gourmands en énergie et à des transports moins importants, et l'utilisation de nos ressources mondiales est nettement plus efficace.

Cela dit, les pièces d'aéronef doivent être soumises à un processus de certification pour être jugées aptes aux opérations de vol. Ces certifications peuvent provenir de la **FAA**, de l'**EASA** ou de l'**IASA**, en

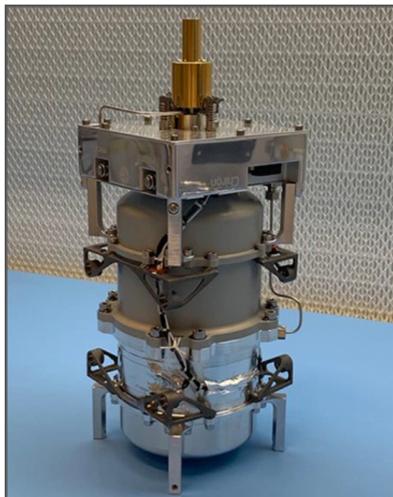
fonction de la région où la pièce sera utilisée. Le paradoxe est que, même si les technologies de FA des métaux sont les processus qui stimulent le plus la croissance de la FA dans l'aérospatiale, le processus de validation pour tout composant métallique reste assez long. Il peut prendre de **7 à 10 ans par rapport aux pièces en plastique imprimées en 3D**.

Lorsqu'on lui demande s'il y a des leçons à tirer et à reproduire des pièces imprimées en 3D en plastique pour faire progresser l'utilisation des pièces imprimées en 3D métal, Aknouche répond que ces leçons pourraient être « l'adoption d'une approche de test plus itérative, l'utilisation d'outils de simulation pour les tests virtuels et l'établissement de protocoles de test normalisés ». En intégrant ces pratiques, « l'industrie aérospatiale peut potentiellement réduire le délai de validation des composants métalliques, garantissant ainsi la sécurité et la conformité sans compromettre l'efficacité ».

Néanmoins, les applications qui révèlent l'impact le plus important de la FA restent les composants complexes et légers tels que les pièces de moteur. « Ces pièces bénéficient de la liberté de conception offerte par les procédés de FA, ce qui se traduit par une amélioration des performances, du rendement énergétique et de l'impact sur l'environnement. En outre, la possibilité de regrouper plusieurs composants en une seule pièce imprimée en 3D de conception complexe contribue à la réduction du poids total et à l'amélioration de l'efficacité des avions », ajoute l'expert de GKN Aerospace.

En dehors du segment de la FA métal, **Erik de Zeeuw** note que « les pièces en polymère à faible criticité ou les pièces susceptibles de se briser à l'intérieur et autour de l'avion sont peut-être celles où la FA se distingue le plus en termes d'impact. Le panneau de décompression de la cabine du Boeing B737 en est un exemple. Les loquets et les goupilles de ce panneau ont tendance à se casser fréquemment. Stirling Dynamics a collaboré avec Materialise pour concevoir un panneau renforcé ayant la même fonctionnalité, mais plus solide et moins susceptible de se casser que la pièce d'origine.

Ces pièces à faible criticité ne sont pas seulement le pain et le beurre de la FA pour l'aérospatiale. Elles fournissent également les données nécessaires pour travailler sur des pièces à haute criticité. Ces données sont utilisées aujourd'hui par les entreprises aérospatiales pour garantir la répétabilité de leurs processus de fabrication. »



Plus de 25 systèmes de propulsion de comètes à eau de Bradford Space sont actuellement en orbite. Copyright Bradford Space. Partagé par Materialise.

Comment l'industrie aérospatiale peut-elle aller plus loin dans l'utilisation de la FA ?

D'après les conversations que nous avons eues avec les experts invités à partager leurs points de vue sur ce sujet, on garde à l'esprit **trois domaines d'intérêt principaux** : les **nouvelles conceptions, les composants structurels des aéronefs et le rapport achat-vol**.

En ce qui concerne la conception, le facteur de transformation le plus important qui contribuera à propulser l'adoption de la FA dans l'aérospatiale est celui des nouvelles conceptions. Selon Aknouché, « les nouvelles conceptions de moteurs à réaction, par exemple, les rendront plus légers et plus efficaces, ce qui permettra de réduire les émissions de CO₂ à chaque minute de vol de l'avion ». « Même si nous avons pu concevoir et calculer les avantages d'une vision future des nouveaux moteurs, nous n'avons pas été en mesure de les réaliser avant l'introduction de la FA métal », souligne-t-il.

En ce qui concerne les composants structurels des avions, nous avons vu des exemples de pièces imprimées en 3D dont la conception est la réplique parfaite de la même pièce produite précédemment par usinage. L'un des défis que nous rencontrons souvent est que, parfois, la reconception complète de la pièce pour obtenir les avantages bien connus de la FA rend compliquée ou « impossible » la réalisation d'une pièce avec des formes complexes imprimées en 3D qui pourraient être certifiées. En effet, compte tenu de ses exigences réglementaires strictes, **il est plus facile pour l'industrie aérospatiale de certifier la conception d'une pièce et de la maintenir pendant toute la durée de vie de l'aéronef**. Si on ajoute à cela le problème d'assurance qualité, on atteint un autre niveau de complexité à démystifier. C'est pourquoi, malgré le potentiel de la FA pour les pièces structurelles, nous devons peut-être attendre un peu plus longtemps, pour que de nouvelles pièces, avec de nouvelles conceptions pour de nouveaux avions, apparaissent avant de dire que nous avons atteint un nouveau niveau de maturation de la technologie.

« Materialise ne se précipite pas pour s'attaquer au marché des composants structurels métalliques à haute criticité. Cela s'explique en partie par les règles de sécurité strictes qui s'imposent dans l'industrie aérospatiale, mais aussi par l'état de préparation de la technologie d'impression 3D elle-même. Cependant, grâce aux antécédents de Materialise en matière de fourniture de pièces en polymère à faible criticité, aux données désormais disponibles grâce à notre travail



L'équipe LIFT s'est efforcée de concevoir un avion qui puisse être piloté par n'importe qui. Crédit: Materialise

et aux investissements de grandes entreprises aérospatiales telles que GKN, la FA est envisagée pour les composants structurels des aéronefs. La voilure de l'avion Aviation Alice conçue par GKN n'est qu'un exemple des travaux menés dans ce domaine. Parallèlement, Materialise et d'autres partenaires travaillent à la création d'une voie permettant de qualifier le processus de production de pièces métalliques imprimées 3D. Le groupe composé d'experts de l'aérospatiale et de la FA fournira un livre blanc comme premier effort pour rédiger une pratique recommandée SAE Aerospace pour l'utilisation de la surveillance du processus in situ pour valider un processus de FA. Ces efforts renforceront la maturité technologique de la FA et inciteront un plus grand nombre d'entreprises aérospatiales à envisager la FA pour les pièces hautement critiques des compagnies aériennes », commente de Zeeuw.

En ce qui concerne le ratio buy-to-fly, l'expert de GKN Aerospace a confirmé que « l'amélioration du ratio buy-to-fly » pourrait être un facteur clé de transformation de l'industrie à long terme : « Le rapport de poids entre un substrat et une pièce finie nous permettra d'utiliser le métal disponible de manière encore plus efficace et de réduire les déchets. En effet, plus le processus de FA devient efficace et plus le ratio « acheter pour voler se rapproche de 1,0, moins il y a de déchets de matériaux. »

« Il n'y a probablement pas de frontière claire quant



Les pièces de rechange prêtes à l'emploi d'Expleo sont produites en collaboration avec Materialise. Crédit: Materialise.

à notre avenir, mais nous ne serons pas en mesure de fabriquer des pièces sans matériau, mais peut-être des pièces avec un «ratio achat-vol» proche de 1,0, et les délais de livraison ne seront pas nuls, mais très courts, et la production n'aura probablement pas d'émissions nulles, mais très faibles. La question est plutôt de savoir dans quelle mesure nous nous rapprocherons de ce

stade idéal. Pour le savoir, il faudra suivre le développement », conclut-il.

Il est évident que d'autres domaines d'intérêt auraient pu être mentionnés. En fin de compte, n'oublions pas que la façon dont la FA progresse dépend de l'acteur qui l'utilise.

Editor's notes

[GKN Aerospace et Materialise collaborent sur plusieurs projets](#) concernant la certification et la production additive d'aérostructures fonctionnelles et critiques pour le vol. Cependant, aucune des deux entreprises ne savait que l'autre participait à ce dossier.

GKN Aerospace a été invitée à partager ses connaissances sur ce sujet, car son expertise réside dans l'utilisation de la fabrication additive pour optimiser les processus de conception et de production des avions. L'entreprise a déclaré que son dernier projet concernait le développement de techniques avancées de FA pour des composants structurels critiques, démontrant l'impact profond de ces techniques sur la flexibilité de la conception et l'efficacité de la fabrication. En intégrant la FA dans notre flux de travail, nous avons réalisé des progrès notables en matière de réduction de poids, de consolidation des pièces et de performance globale du système.

Quant à **Materialise**, elle a maintenant pleinement développé son offre de pièces de rechange pour les cabines à faible criticité. Au cours des dix dernières années, elle a acquis un énorme lac de données qui prouve la cohérence de la technologie, du processus, des matériaux et des machines que nous utilisons. Même si nous ayons certifié le processus il y a environ cinq ans, obtenir des pièces imprimées sur un avion existant n'est pas aussi facile qu'il n'y paraît compte tenu des exigences strictes de l'industrie. L'entreprise continue de collaborer avec des sociétés aérospatiales pour faire progresser les domaines clés de l'industrie aérospatiale. Outre GKN Aerospace, l'un de ses récents partenariats a été signé avec [Stirling Dynamics](#).



June 25-27, 2024

Los Angeles Convention Center | Los Angeles, CA

Le "déclin et l'essor" de l'impression 3D de bureau

L'impression 3D a peut-être commencé avec les imprimantes 3D de bureau, mais la demande actuelle pour des applications plus industrielles soulève de nombreux débats sur la croissance future de ce segment spécifique. Il est intéressant de noter que, malgré ses origines associées au bricolage, le marché de l'impression 3D de bureau, qui a presque toujours été associé à l'impression 3D FFF, s'est élargi pour englober les imprimantes 3D à résine qui ont trouvé leur créneau dans des industries telles que la bijouterie. Mais est-ce suffisant pour stimuler la croissance de ce segment ? Alors que l'industrie s'efforce d'industrialiser la fabrication additive (FA), il convient de réévaluer l'importance et la place actuelle de l'impression 3D de bureau dans ce processus.

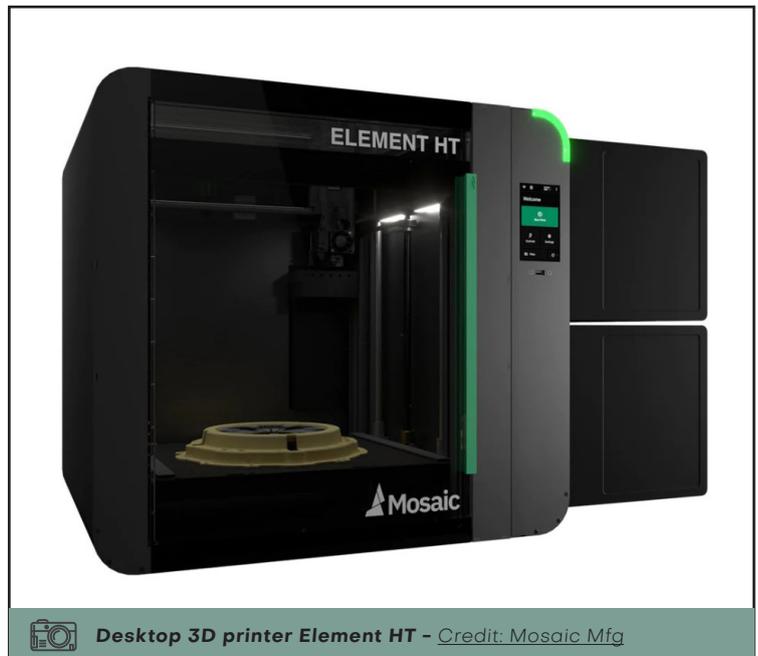
Tout d'abord, les imprimantes 3D de bureau sont des machines vendues pour moins de 5 000 dollars et qui peuvent facilement prendre place sur un bureau. Évidemment, ce prix varie d'un OEM à l'autre, car le marché est également rempli d'imprimantes 3D de bureau qui coûtent plus de **5 000 dollars**. Tout dépend des capacités de chaque imprimante 3D.

Le problème de l'impression 3D de bureau est qu'elle n'a pas seulement été à l'origine du battage médiatique des années 2010 – lorsque la technologie essayait de se tailler une place légitime sur le marché – mais que ce battage a généré des attentes irréalistes quant à son véritable potentiel à l'époque. Au fil du temps, la plupart des analyses sur l'impression 3D ont été réalisées sur la base de ces attentes.

Finalement, avec l'accent mis sur l'impression 3D industrielle, l'impression 3D de bureau a été inconsciemment reléguée au statut de «technologie grand public ou éducative». Pourtant, aujourd'hui, selon le dernier rapport de CONTEXT, «les imprimantes d'entrée de gamme restent le segment le plus dynamique» du marché.

CONTEXT est une société de veille et d'analyse du marché qui suit trimestriellement les livraisons mondiales d'imprimantes 3D. La société a constaté que la catégorie «entrée de gamme» (composée d'imprimantes vendues à partir de 2 500 dollars) connaissait la croissance la plus régulière, avec des livraisons en hausse de 9 % au troisième trimestre de l'année 2023 par rapport à l'année précédente.

Avant que Chris Connery, vice-président de l'analyse et de la recherche mondiales, n'explique ce contexte, j'aimerais souligner que le fait d'être qualifié de «technologie



 Desktop 3D printer Element HT - Credit: Mosaic Mfg

grand public ou éducative» n'est pas péjoratif – surtout si on réalise que le segment des imprimantes 3D d'entrée de gamme représente le deuxième marché le plus important, avec 28 % des recettes globales du système provenant de la vente de produits de cette catégorie de prix au cours des douze derniers mois.

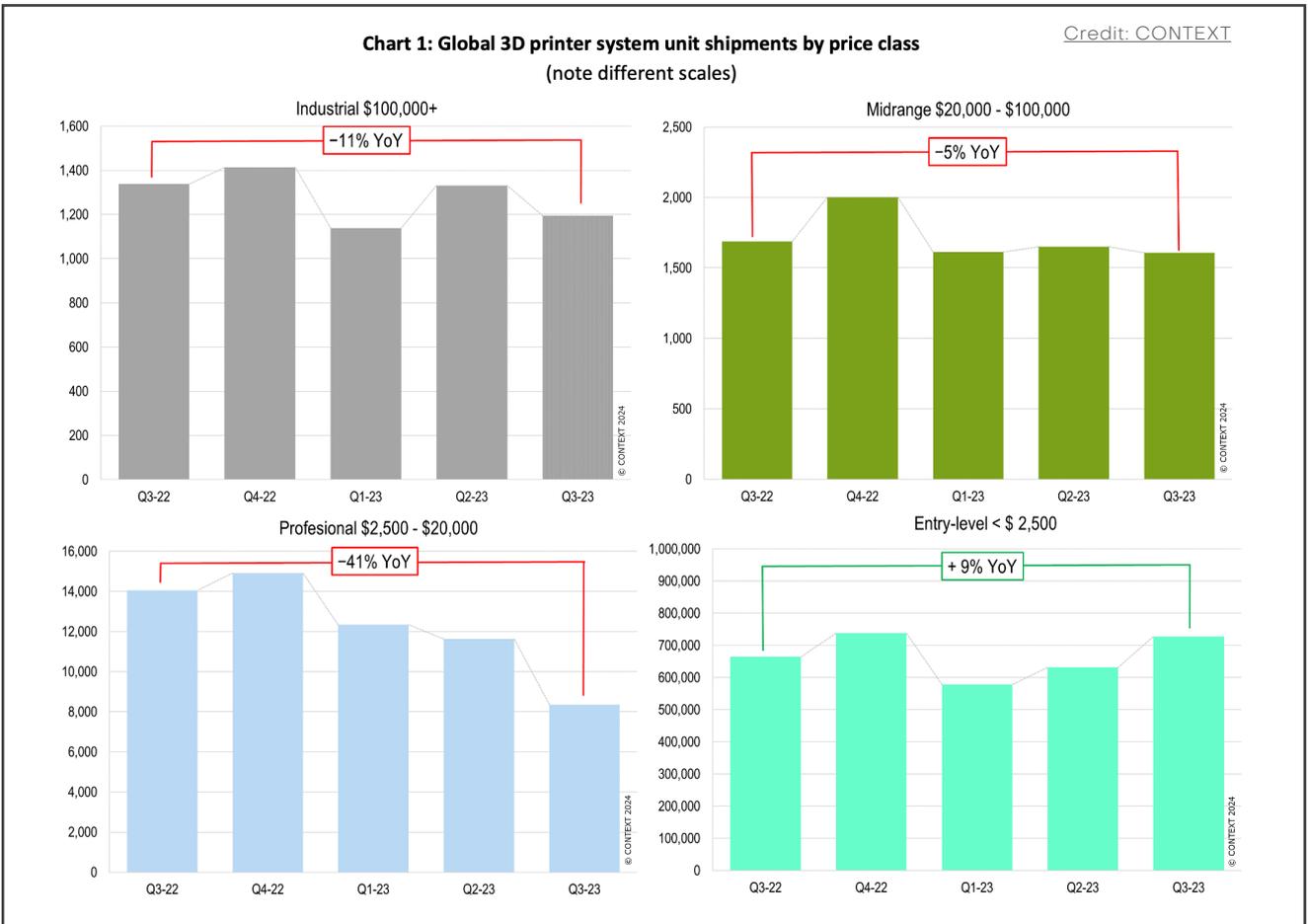
«Alors que la plupart des gros titres de l'industrie concernent à juste titre les événements dans la classe de prix industrielle (qui a représenté 53 % des recettes globales du système au cours de la période de référence), les imprimantes 3D bas de gamme ne sont pas seulement des jouets pour les consommateurs, puisque ce segment représente une passerelle importante pour apprendre et comprendre les différents concepts de l'impression 3D», souligne **Connery**.

Il poursuit en expliquant pourquoi ces imprimantes d'entrée de gamme restent le segment le plus populaire :

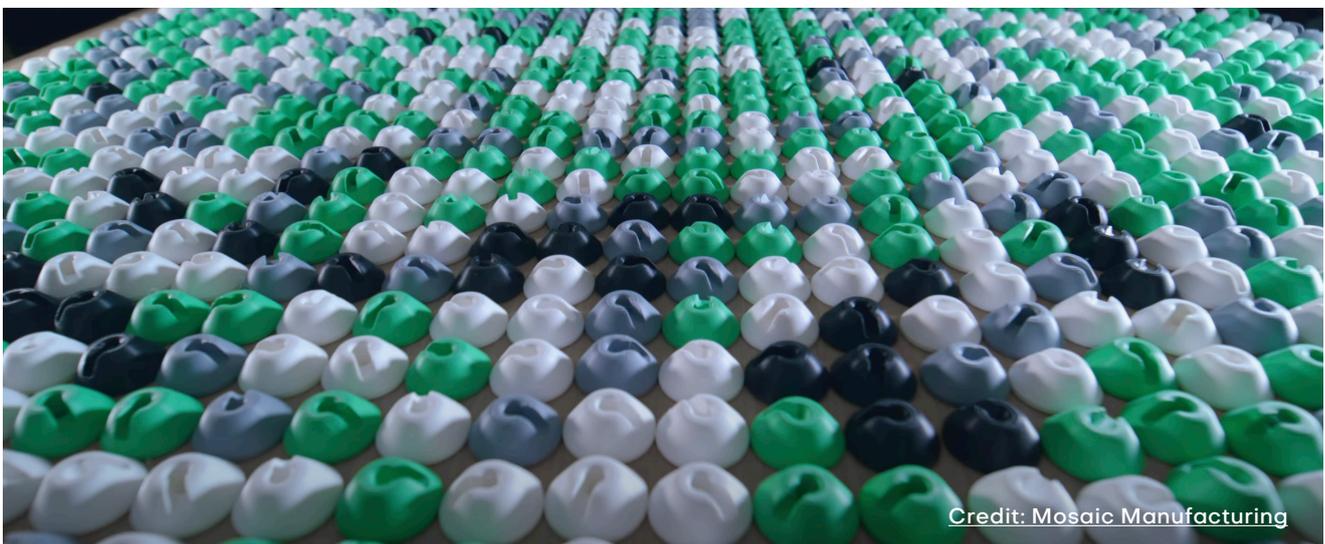
«Sur la base des douze derniers mois (Q4-22 à Q3-23) par rapport à l'année précédente (Q4-21 à Q3-22), la croissance des livraisons a été encore plus forte avec +12% d'imprimantes supplémentaires expédiées dans le monde. Alors que ce segment du marché continue de voir des gains de parts de marché, des leaders comme Creality, Anycubic et Elegoo (Creality détenant une part de marché particulièrement importante), des nouveaux venus comme Bambu Lab ont vraiment pris le marché d'assaut et ont contribué à sa croissance. Alors que dans le passé, les produits bas de gamme étaient considérés comme réservés aux consommateurs, les études montrent que des entreprises comme Bambu Lab ont connu une forte croissance sur les marchés non consommateurs. C'est pourquoi CONTEXT a récemment abandonné la classification de ces produits en tant qu'imprimantes 3D «personnelles» (ou «de bureau» ou «grand public») pour renommer ce bas de gamme «ENTRY-LEVEL» (entrée de gamme) afin de mettre en évidence l'augmentation des ventes de ces produits sur des marchés plus professionnels. Pour mieux mettre en évidence cette tendance, CONTEXT catégorise ces expéditions par «classe de prix» : la classe PROFESSIONNELLE (qui se compose d'imprimantes dans la gamme de prix de 2 500 \$ à 20 000 \$) a connu une baisse de -27% sur une base TTM (trailing-twelve months)

montrant la cannibalisation des produits de classe PROFESSIONNELLE par des imprimantes d'ENTRÉE DE GAMME à prix plus bas. La croissance de la catégorie ENTRY-LEVEL (et le déclin de la catégorie PROFESSIONNELLE) sont dus à l'inflation mondiale qui a poussé les prix à la hausse, poussant les acheteurs à chercher des alternatives moins chères. L'introduction de produits de type « professionnel »

plus riches en fonctionnalités et moins chers dans cette catégorie ENTRY-LEVEL a apparemment été bien accueillie et a permis aux acheteurs de déplacer confortablement la demande des produits PROFESSIONNELS plus chers vers les produits ENTRY-LEVEL moins chers sans avoir l'impression d'avoir sacrifié la fonctionnalité ou la qualité ».



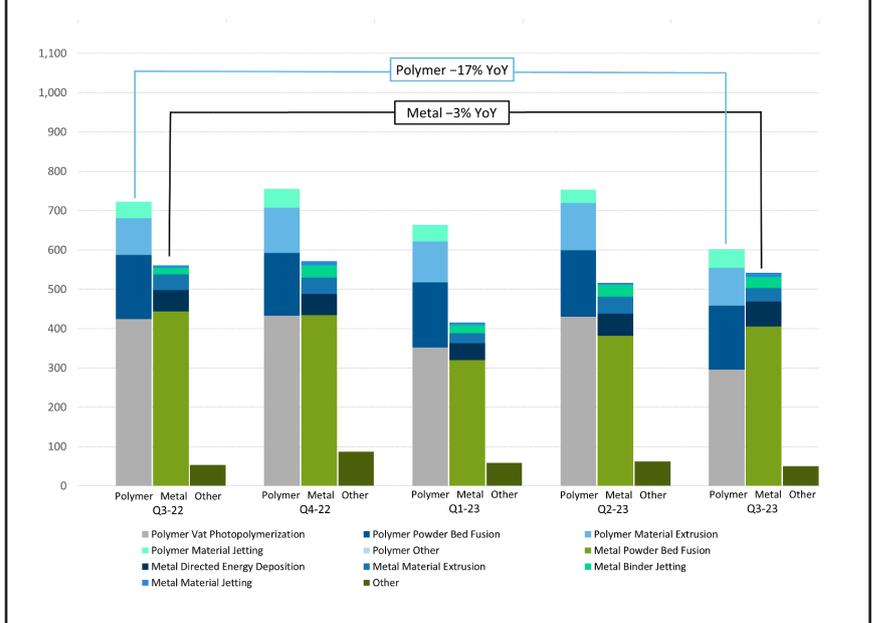
J'entends ce que Connery explique à propos de ces imprimantes 3D d'entrée de gamme et je ne peux m'empêcher de penser que, d'une certaine manière, ces marques qui détiennent la plus grande part de marché (Creality, Anycubic et Elegoo) ont été victimes de leur réputation, à savoir qu'elles sont « conçues pour les consommateurs et les fabricants ». Je me souviens encore qu'un employé de Creality m'a dit, il y a deux ans, qu'il avait vendu environ 200 imprimantes 3D Creality à une grande entreprise aéronautique, mais que personne ne l'aurait jamais su. Le fait est qu'il est plus élégant de dire qu'un conglomérat multinational achète 3 imprimantes 3D industrielles plutôt que 200 machines de bureau Creality.



Pour éviter de telles généralisations et étiquettes liées à l'impression 3D de bureau, Connery semble recommander de classer ces imprimantes 3D par catégories de prix :

« On parle souvent du segment des « biens de consommation » comme d'un marché final clé pour l'impression 3D et la fabrication additive, mais il est difficile de s'y retrouver lorsqu'on considère le marché de l'impression 3D comme un marché unique et cohérent. Par exemple, il existe des imprimantes qui coûtent des millions de dollars et qui sont installées dans des usines, ainsi que des produits de bureau qui coûtent quelques centaines de dollars et qui sont souvent utilisés par le grand public, typiquement à la maison. Pour aider à compartimenter les différentes solutions et les marchés finaux, CONTEXT classe le matériel d'impression par catégories de prix qu'il appelle ENTRY-LEVEL (pour les imprimantes de moins de 2 500 dollars), PROFESSIONNELLE (celles dont le prix est compris entre 2 500 et 20 000 dollars), MILIEU DE GAMME (20 000 à 100 000 dollars) et INDUSTRIELLE (100 000 dollars et plus). Au-delà de cette distinction de haut niveau entre les différentes classes de prix, les imprimantes peuvent être segmentées en fonction du type d'imprimante (comme les imprimantes à photopolymérisation à base de résine polymère, les imprimantes à extrusion de matériaux polymères ou même les imprimantes à fusion de lit de poudre métallique à base de laser dans la classe de prix INDUSTRIELLE), des différents matériaux que les imprimantes peuvent traiter (comme les polymères, les métaux, les céramiques, les matériaux composites, les matériaux biologiques, etc.), les marchés finaux dans lesquels ces imprimantes sont utilisées et même l'utilisation principale de ces imprimantes (prototypage, production d'une pièce unique, personnalisation de masse, production en volume, etc.). Souvent, lorsque les gens font référence au « segment des biens de consommation » du marché de l'impression 3D, ils entendent l'utilisation de machines industrielles dans la production de masse de biens de consommation. Aujourd'hui déjà, des imprimantes 3D industrielles sont utilisées pour la fabrication de certains biens de consommation tels que les semelles intermédiaires des chaussures de course (un bien de consommation). D'autres expérimentent l'utilisation d'imprimantes 3D pour produire en masse des bijoux ou même des pièces de téléphones portables et de smartwatches. Une autre façon dont les gens font parfois référence aux « biens de consommation » lorsqu'ils parlent de l'impression 3D est l'utilisation à domicile d'imprimantes de D'ENTRÉE DE GAMME pour que les consommateurs généraux puissent fabriquer des produits pour eux-mêmes. Pour son suivi, CONTEXT classe les marchés finaux de l'utilisation des imprimantes 3D d'entrée de gamme en fonction des caractéristiques propres au marché de la consommation, notamment : Hobby/DIY, Gadget, « Household et Scale Model » ou par leur utilisation principale, notamment : Bricolage, Jouets et jeux, Hobby/ménage et Fan Art. **La tendance croissante**

Chart 2: Global Industrial 3D printer system unit shipments by material and process



observée est toutefois l'utilisation de ces produits pour des marchés finaux plus industriels et professionnels, tels que l'automobile, la médecine et les soins de santé, les soins dentaires et l'industrie pharmaceutique : Automobile, médecine et soins de santé, soins dentaires, aérospatiale et aviation, bijouterie, éducation, R&D, art et architecture, énergie, pétrole et gaz et accessoires de cinéma. La plus forte croissance des livraisons d'imprimantes d'entrée de gamme a été enregistrée dans le secteur dentaire (à partir d'imprimantes à base de résine) et sur les marchés de l'automobile, de la médecine et de la santé, de l'aérospatiale et de l'aviation et de la bijouterie, tous considérés comme des marchés professionnels (par opposition aux marchés grand public) ».

Ainsi, l'objectif de communication et les étiquettes mis à part, qu'est-ce qui peut vraiment justifier un investissement dans plusieurs imprimantes 3D de bureau pour son entreprise plutôt que dans une seule machine d'impression 3D industrielle ?

Nous devons reconnaître une chose : les solutions actuelles d'impression 3D de bureau ont surmonté les limites des machines précédentes et offrent aujourd'hui une grande fiabilité et une grande polyvalence. Le matériel, les logiciels et les matériaux ont été améliorés pour offrir une expérience utilisateur sans problème.

Cela dit, pour **Mitch Debora**, CEO de Mosaic Manufacturing, un fabricant d'imprimantes 3D basé au Canada, « la raison pour laquelle les entreprises choisissent d'investir dans plusieurs imprimantes de niveau professionnel plutôt que dans un seul système industriel est une question d'échelle et de contrôle des coûts. La demande de fabrication additive augmente considérablement dans les entreprises de développement et de fabrication de produits. Elles savent que plusieurs imprimantes fonctionnant en parallèle sont nettement plus performantes qu'une seule imprimante industrielle, tant en termes de débit que de coût des pièces. Les imprimantes industrielles d'une valeur de plus de 100 000 dollars peuvent être utilisées pour des applications de niche

nécessitant un ensemble de fonctions spécifiques, mais dans la plupart des cas, l'investissement dans des systèmes d'impression professionnels d'une capacité de 5 x 10 000 dollars placera l'entreprise dans une bien meilleure position. Chez Mosaic, nous constatons régulièrement que des entreprises vendent leurs anciennes imprimantes industrielles et les remplacent par plusieurs de nos imprimantes multi-matériaux et haute température ELEMENT HT ».

Prenant l'exemple de ses imprimantes 3D Element et Array, il explique les raisons qui peuvent amener une entreprise à investir dans la solution Element plutôt que dans la solution Array : « Chez Mosaic, nous proposons une imprimante de bureau appelée Element ainsi qu'un système de production automatisé géré par des robots appelé Array. En général, une entreprise qui a besoin de plus de cinq imprimantes achète un système Array, car la robotique permet à ses employés de se consacrer à des tâches génératrices de valeur plutôt que de passer du temps à faire fonctionner les imprimantes 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7. Les entreprises constatent un retour sur investissement très rapide sur Array en libérant le temps du personnel grâce à la robotique d'Array. Les entreprises qui investissent dans Element le font généralement soit parce qu'elles n'ont pas les besoins en capacité qu'offre Array, soit parce qu'elles cherchent à valider une analyse de rentabilité avant d'investir dans un parc d'imprimantes Array. Il est fréquent qu'un client achète un Element puis passe à un Array, ou qu'il achète un Array puis passe à 5 Arrays - la modularité de ces blocs de construction permet aux entreprises d'augmenter progressivement leur capacité en fonction de leurs activités. »

L'explication de Debora met en évidence les possibilités actuelles de l'impression 3D de bureau - des possibilités qui montrent qu'elle peut être un excellent complément à un atelier parce qu'elle semble rendre possibles les capacités de la haute ingénierie dans un ensemble sûr et facile à utiliser qui peut permettre de réaliser des économies tout



en assurant un retour sur investissement.

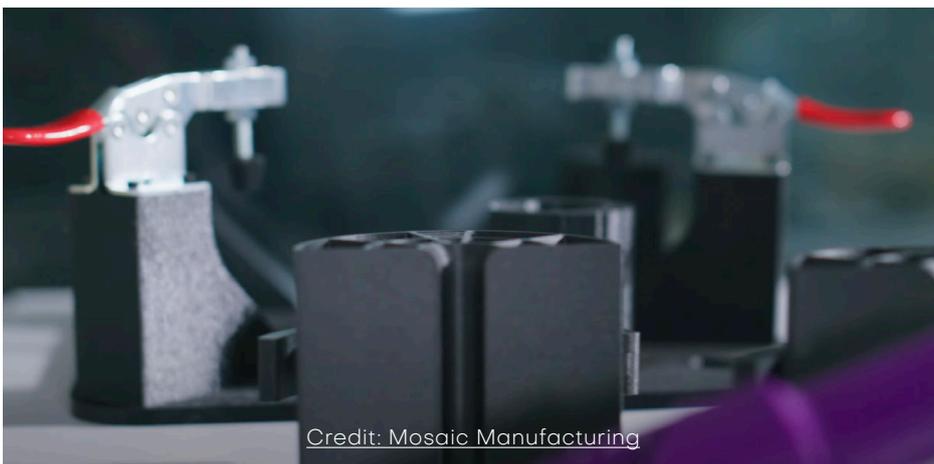
Comment le marché de l'impression 3D de bureau pourrait-il évoluer cette année ?

Je suis plus optimiste en ce qui concerne l'impression 3D de bureau et la manière dont elle peut être déployée dans les industries pour atteindre divers objectifs de fabrication. Je ne dis pas que les imprimantes 3D de bureau pourraient égaler les performances des machines industrielles. Les imprimantes 3D industrielles ouvriront toujours la voie dans certains contextes industriels, mais l'impression 3D de bureau a aujourd'hui une place légitime dans ces contextes également.

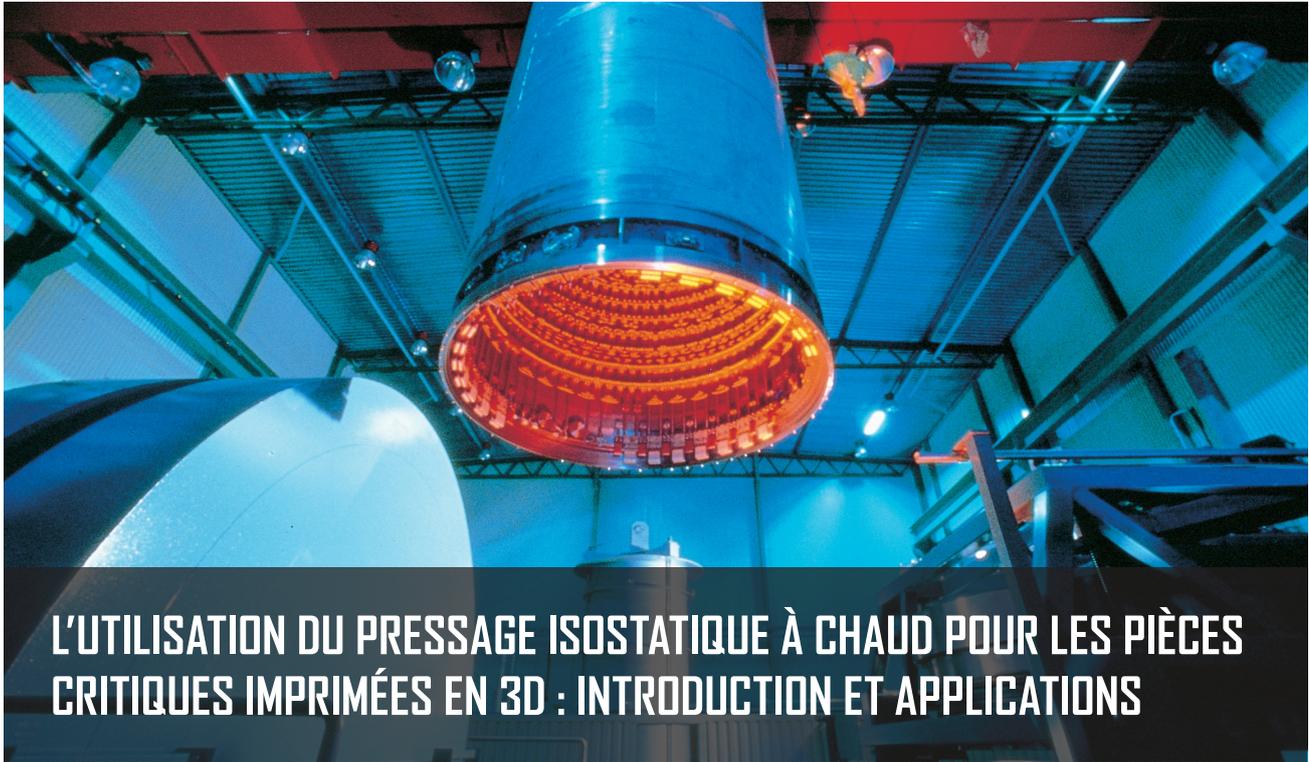
« Je ne pense pas qu'il s'agisse d'une montée en puissance ou d'une chute des imprimantes de bureau, mais plutôt d'une montée en puissance des imprimantes de bureau parallèlement à celle des systèmes d'impression industriels », répond le CEO de Mosaic Mfg lorsqu'on lui demande s'il s'agit d'une situation de «montée en puissance» ou de «chute».

« Parfois, on a l'impression que le segment des imprimantes de bureau est en baisse, mais je pense que c'est une illusion et qu'il s'agit plutôt d'un symptôme des systèmes industriels qui dépassent les systèmes de bureau à ce moment-là. Les deux segments se développent à un rythme sain d'année en année et sont complémentaires. Par exemple, il est courant que les applications industrielles soient inspirées par des équipes qui avaient accès à des imprimantes de bureau (à la maison ou au travail) et qui ont fait le lien entre les défis de leur entreprise et les capacités de la fabrication additive. Plus les

systèmes de bureau bas de gamme seront performants et accessibles, plus l'entonnoir de techniciens qui inspireront les 100 prochaines applications révolutionnaires de la fabrication additive s'élargira. Cette année, je m'attends à ce que les imprimantes de bureau deviennent plus performantes en termes de propriétés des matériaux, de débit et d'expérience utilisateur », conclut-il.



Credit: Mosaic Manufacturing



L'UTILISATION DU PRESSAGE ISOSTATIQUE À CHAUD POUR LES PIÈCES CRITIQUES IMPRIMÉES EN 3D : INTRODUCTION ET APPLICATIONS

Le pressage isostatique à chaud (en anglais *Hot isostatic pressing = HIP*) est un procédé utilisé pour réduire la porosité et augmenter la densité des poudres, des pièces coulées et frittées dans un four à haute pression (100-200 MPa) et à des températures comprises entre 900 et 1250°C (1652°F et 2282°F). Pour garantir les propriétés des matériaux dans des environnements exigeants, le procédé a été un élément clé des processus de production en amont tels que le moulage, le MIM et, ces dernières années, la fabrication additive (FA). Dans le cas de la fabrication additive, le procédé a prouvé son efficacité dans l'élimination des défauts et l'amélioration des propriétés mécaniques des matériaux pour les composants critiques imprimés en 3D. Le dossier ci-dessous vise à comprendre comment et où exactement le procédé HIP peut influencer le processus de fabrication additive afin d'en tirer le meilleur parti.

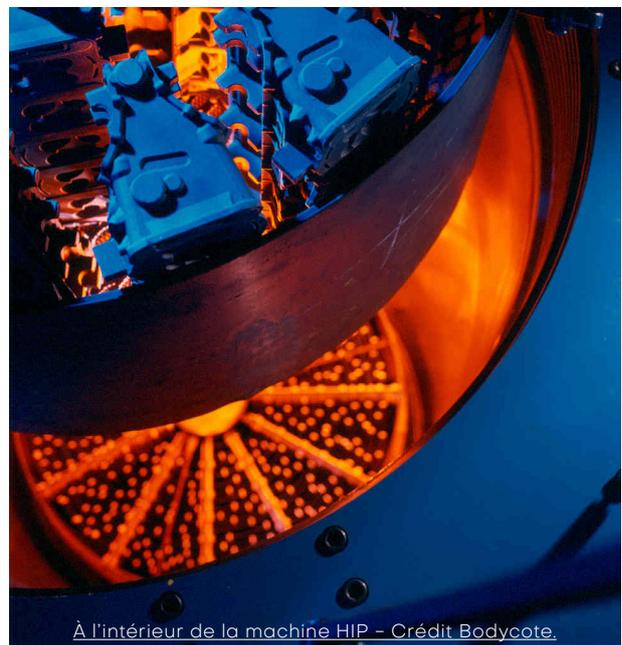
Ce dossier fait partie de notre [série d'articles sur le «post-traitement»](#), qui vise à démystifier chaque tâche de post-traitement pouvant être utilisée à la fin de la production additive. Rappelons que le post-traitement est un terme générique qui recouvre une variété d'étapes que les pièces imprimées en 3D doivent subir avant d'être utilisées pour leur usage final. Il va sans dire que l'utilisation de chaque tâche de post-traitement dépend de plusieurs facteurs, notamment du processus de fabrication additive et des matériaux utilisés, ainsi que de l'objectif final à atteindre pour une pièce imprimée en 3D donnée.

Le procédé HIP est considéré comme un type de solution de traitement thermique qui peut être appliqué à des pièces fabriquées à la fois par FA et par des processus de fabrication traditionnels. Pour rappel, dans un dossier précédent, nous avons abordé le traitement thermique des pièces fabriquées de manière additive. Dans ce dossier, nous nous attacherons à aider les utilisateurs de la FA à comprendre :

- Les différences dans l'utilisation du HIP pour le moulage, le MIM et la FA
- Comment ce processus est réalisé pour les pièces imprimées en 3D en particulier
- Les décisions qui peuvent conduire à l'utilisation du procédé HIP

Les différences dans l'utilisation du HIP pour le moulage, le MIM et la FA

Même si le procédé HIP est principalement associé aux pièces métalliques, il convient de noter qu'il peut également être utilisé pour réduire la porosité et augmenter la densité des céramiques, des polymères et des matériaux composites. Si les



À l'intérieur de la machine HIP - Crédit Bodycote.



Crédit - Aalberts surface technologies

métaux et les céramiques sont les matériaux les plus couramment utilisés avec le procédé HIP. **Greg Lane**, Key Account Manager chez **Aalberts Surface Technologies**, note que les alliages à base de Fe, Ni- et Ti (super-) sont quelques-uns des métaux typiques qui peuvent être traités par HIP, ainsi que l'aluminium (AlSi10Mg et A357), le Cu, le SS, les aciers à outils, les alliages de Co, le MCrAlY. C'est pourquoi, dans cet article, la plupart des exemples et des idées seront donnés en tenant compte des pièces métalliques imprimées en 3D.

Greg Lane explique **comment la porosité et les défauts se produisent** : « La porosité est générée au cours de la solidification dans les moulages à la cire perdue et la FA, ainsi qu'au cours du frittage. Un pore restant est toujours un point faible et peut servir de site d'initiation d'une fissure, limitant ainsi la durée de vie d'une pièce. Même un petit réseau de pores à l'intérieur d'une pièce facilite l'apparition et la propagation de fissures, en particulier lorsqu'elle est soumise à une charge cyclique. »

Si l'objectif du HIP reste le même - améliorer les propriétés des matériaux et éliminer les défauts - quel que soit le processus de fabrication utilisé, il y a quelques considérations spécifiques au moulage, au moulage par injection de métal (MIM) ou à la fabrication additive (AM).

Dans le cas du moulage, la tâche HIP vise principalement à résoudre les problèmes de porosité, tandis que dans le cas du MIM, elle permet d'améliorer la densité du produit final. En ce qui concerne la fabrication additive, la tâche HIP permet de résoudre les problèmes liés aux défauts et aux pores apparaissant au cours du processus de fabrication.

Il est cependant important de comprendre comment ce procédé fonctionne pour évaluer les considérations spécifiques liées aux pièces métalliques imprimées en 3D.

Comment ce processus est mis en œuvre pour les pièces imprimées en 3D.

En général, le processus HIP se déroule dans une cuve sous pression à l'intérieur d'un four chaud. Les pièces sont placées dans la chambre, qui est ensuite chauffée, remplie d'un gaz inerte comme l'argon pour la mettre sous pression, et maintenue à cette température pendant une durée déterminée. La chaleur et la pression sont appliquées uniformément à la pièce pour éliminer les trous. Parfois, le refroidissement rapide sous pression est également utilisé comme bain de refroidissement rapide. L'ensemble du processus peut durer de 8 à 12 heures, voire plus.

Le procédé HIP peut être utilisé avec des pièces produites par presque tous les procédés de FA des métaux. Dans sa liste des procédés les plus utilisés, Lane cite **la fusion de lit de poudre par faisceau laser (PBF-LB)**, **la fusion de lit de poudre par faisceau d'électrons (PBF-EB)**, **la fabrication additive par arc de fil (WAAM)**, ainsi que **le jet de liant**.

En ce qui concerne le traitement HIP des pièces imprimées en 3D, Lane rappelle tout d'abord que la plupart des traitements HIP commerciaux appliqués aux pièces AM sont les mêmes que pour les pièces moulées, mais qu'ils ne sont pas optimisés.

« Toutefois, la nature du processus de FA est très différente de celle des procédés de fabrication susmentionnés. La solidification rapide pendant la fabrication produit une microstructure très fine aux propriétés uniques. Cette structure peut être jusqu'à deux ordres de grandeur plus fine que celle des pièces coulées à la cire perdue, même pour le même type d'alliage. C'est pourquoi un cycle HIP adapté peut avoir un impact positif considérable sur les propriétés d'une pièce obtenue par FA et sur la chaîne de production de FA elle-même »,

ajoute-t-il.

« Un cycle HIP typique commence par un chauffage où la pression et la température sont augmentées. Pendant le maintien/trempage, la combinaison d'une température élevée et d'une pression allant jusqu'à 200 MPa ferme les pores et les fissures du matériau. Les matériaux sont virtuellement fusionnés jusqu'à ce qu'ils soient exempts de défauts. Après un certain temps, le cycle se termine par un refroidissement. Les équipements HIP modernes permettent de régler les vitesses de chauffage et de refroidissement, car certains matériaux traités nécessitent des vitesses de refroidissement rapides ou fixes », poursuit-il.

Lane nous a appris que **la température, la pression et le temps de maintien** sont les trois principaux paramètres d'un cycle HIP qui déterminent la densification. Par ailleurs, même si les matériaux d'impression 3D à base de poudre sont généralement très denses, ils peuvent toujours présenter des défauts tels que des pores et des fissures internes. Ces défauts, y compris leur taille et leur occurrence, dépendent du type de poudre et de la manière dont elle est imprimée. Ils peuvent donc altérer les **propriétés mécaniques du matériau, en particulier son comportement à la fatigue**. Le processus HIP peut contribuer à relever ces défis et à produire un matériau relativement dense.

Les décisions qui peuvent conduire à l'utilisation du HIP plutôt que d'un autre procédé de post-traitement alternatif

Nombreux sont ceux qui connaissent l'utilisation du HIP pour la densification des pièces moulées dans les industries ayant des exigences très élevées en matière de résistance à la fatigue, telles que l'industrie aérospatiale et l'industrie des turbines à gaz. Il est intéressant de noter que la FA génère une demande croissante de HIP au-delà de ces industries.

Le procédé HIP a déjà permis la fabrication de différents types de composants tels que les pièces métalliques de grande taille et massives de forme quasi nette utilisées dans l'industrie pétrolière et gazière, pesant jusqu'à 30 tonnes, ou les roues de forme nette d'un diamètre pouvant atteindre un mètre - toutes ces pièces pouvant être produites par le biais de processus de FA. D'autres



Crédit Bodycote.

applications vont des implants orthopédiques aux voitures de course et aux moteurs de fusée.

Alors, quand et comment sait-on que le procédé HIP est l'étape de post-traitement qu'il convient d'utiliser pour une application donnée ? Pour Lane, **tout dépend de la porosité** :

« Un travail de fabrication bien contrôlé peut réduire la tendance à introduire des défauts internes tels que la porosité dans les pièces imprimées 3D à un niveau acceptable pour certaines applications non exigeantes. Cependant, pour des applications critiques dans des industries exigeantes telles que l'énergie, l'aérospatiale, la défense et la médecine, où la performance et la sécurité sont essentielles, la porosité doit être éliminée. En l'état, car sans HIP, la porosité résiduelle peut entraîner des différences de résistance mécanique (dispersion des propriétés), soit entre les pièces d'une même plaque construite, soit entre les différentes sections transversales de pièces plus grandes. Un réseau résiduel de pores facilite la propagation des fissures lorsqu'il est soumis à des charges cycliques dans les moteurs à réaction (pales) ou dans le corps humain (implants HIP) ».

Pour expliquer comment le procédé HIP peut

généralement améliorer la productivité et la qualité des pièces critiques imprimées en 3D, il ajoute :

« Le procédé HIP n'est souvent qu'une partie de l'ensemble du processus de traitement. Un itinéraire traditionnel comprendrait un traitement de détente avant le traitement HIP et un recuit en solution et/ou un durcissement par précipitation après le traitement HIP, effectués dans un four sous vide. L'équipement HIP de pointe offre la possibilité d'incorporer la détente et le recuit/durcissement en solution dans le cycle HIP, car il est possible de réaliser des

vitesse de chauffage définies avec des plateaux de maintien intermédiaires ainsi que des vitesses de refroidissement rapides. Cela permet de rationaliser la chaîne de post-traitement par FA, d'augmenter la productivité des imprimeurs et, en fin de compte, d'améliorer les propriétés mécaniques et la durée de vie des pièces imprimées 3D».

Le tableau ci-dessous résume les avantages du HIP capturé lorsqu'il est appliqué aux pièces AM et les domaines auxquels les opérateurs doivent encore prêter attention :

Principaux avantages	Faire attention à
Élimination des défauts d'impression, quel que soit leur nombre	Des contraintes résiduelles peuvent apparaître dans le matériau introduit au cours du processus de FA
Amélioration des propriétés de fatigue	En raison de leurs différences, les propriétés des métaux imprimés peuvent poser des problèmes au cours de la phase HIP.
Aucune déformation de la forme nette des pièces imprimées 3D n'est à prévoir pendant la phase HIP	
Une méthode de fabrication allégée, conduisant à des délais de production plus courts	
Réduction de l'impact sur l'environnement (dans le cas de pièces de forme nette ou proche de la forme nette)	

Conclusions

Alors que les processus de HIP sont bien établis et compris pour des processus tels que les moulages, un livre entier reste à écrire pour documenter les spécifications de ces processus pour les pièces imprimées 3D. Si l'article ci-dessus constitue une première introduction au HIP, il est essentiel de garder à l'esprit que la diversité des propriétés des matériaux dans les pièces métalliques imprimées en 3D modifie continuellement la manière dont le procédé HIP peut être appliqué.

Néanmoins, comme le dit Lane, le HIP reste une étape de post-traitement qui améliore considérablement les performances du produit tout en offrant la possibilité de raccourcir les temps d'impression et de réduire les coûts finaux pour les entreprises utilisant la FA.

Notes de l'éditeur

Pour discuter de ce sujet, nous avons invité une entreprise dont l'expertise dans ce domaine a été reconnue dans plusieurs secteurs adoptant les technologies de FA et au-delà :

Aalberts surface technologies, un fournisseur mondial de services de technologie de surface. En tant que fournisseur de services complets de solutions spécialisées de traitement thermique, les systèmes HIP de pointe ont été ajoutés aux capacités existantes de traitement thermique (traitement thermique sous vide) de l'entreprise dans son installation Nadcap de Greenville (S.C.) afin de répondre aux besoins spécifiques des industries aérospatiales et de production d'énergie. Selon le fournisseur de services, les avantages de la logistique et de la manutention en termes de réduction des coûts, ainsi que l'amélioration des délais d'exécution par rapport aux normes de référence de l'industrie, confèrent à ses clients un avantage sur leurs concurrents. Cet avantage leur permet d'augmenter leur trésorerie grâce à des délais d'exécution plus courts et de commercialiser leurs produits plus rapidement.

AM Shapers

AGILE SPACE INDUSTRIES DISCUTE DE LA FABRICATION ADDITIVE DANS LES SYSTÈMES DE PROPULSION SPATIALE



À l'exception des systèmes de propulsion électrique utilisés pour les satellites de communication commerciaux, la plupart des moteurs-fusées en service aujourd'hui sont des **fusées chimiques**. Cela signifie qu'ils reposent sur des réactions de combustion entre un carburant et un oxydant pour produire des gaz d'échappement à grande vitesse. Or, ce type de système de propulsion présente plusieurs défis qu'il convient de relever en priorité afin d'offrir une valeur élevée au marché de la propulsion spatiale. Dans sa liste de priorités, **Agile Space Industries** aborde les défis pour lesquels la fabrication additive joue un rôle essentiel.

Pour moi, l'exploration de l'espace se résume à la distance que nous pouvons parcourir, à la rapidité et au coût de notre voyage, et à ce que nous pouvons emporter avec nous. Les systèmes de propulsion spatiale étant au cœur de la nouvelle économie de l'espace, **Agile Space Industries** est l'une des rares entreprises à miser en permanence sur la fabrication additive.

Même si la société a été fondée en 2009, Agile Space Industries est apparue sur notre radar pour la première fois en 2021 lorsqu'elle a acquis le bureau de services d'impression 3D **Tronix3D**, un fournisseur de longue date basé à Pittsburgh, en Pennsylvanie, aux États-Unis. Ceux qui suivent l'entreprise depuis le tout début ont probablement été témoins de son changement de nom, d'AMPT - son premier nom - à Agile Space Industries.

« AMPT a obtenu l'un des premiers SBIR pour la fabrication additive d'injecteurs de fusée en 2009, mais à l'époque, la technologie de fabrication additive n'était tout simplement pas au même stade de maturité qu'aujourd'hui. Avec l'évolution du domaine de la fabrication additive métal et l'émergence d'une nouvelle génération d'alunisseurs nécessitant des solutions de propulsion innovantes, le moment était idéal pour commencer à concevoir nos



Dustin Crouse,
Lead Process & Development
AM Engineer chez Agile Space Industries

propres modèles. En 2019, AMPT est devenu Agile Space Industries, et nous avons commencé à développer nos propres propulseurs qui sont conçus uniquement pour la fabrication additive », ont déclaré **Ben Graybill**, responsable des opérations de fabrication additive, et **Dustin Crouse**, ingénieur de FA en chef du processus et du développement chez Agile Space Industries, à 3D ADEPT Media.

Avec l'acquisition de Tronix3D, ce qui avait commencé comme une opération visant à optimiser les performances des systèmes de propulsion utilisés pour les missions lunaires de la NASA et de SpaceX est devenu une autre activité principale de l'entreprise.



« Même si nous sommes notre principal client en matière de fabrication additive et que nous sommes pleinement satisfaits des résultats, nous nous engageons également dans plusieurs projets additifs externes, en maintenant généralement 3 à 4 programmes pluriannuels à un moment donné.

Notre champ d'action est très varié, allant des systèmes de propulsion dans l'espace aux applications navales en passant par les systèmes d'extraction du pétrole. L'un des aspects essentiels de nos services consiste à tirer parti de l'expertise de nos ingénieurs en matière de conception pour la fabrication additive (DFAM). Le projet implique des défis complexes en matière de conception de produits et l'utilisation d'alliages spécialisés et exotiques.

En outre, lorsque cela correspond à nos objectifs stratégiques, notre équipe de développement des processus se charge d'intégrer de nouveaux alliages dans notre flux de travail. Cela nécessite de définir et de mettre en œuvre de nouveaux processus de production à partir de zéro, qui sont adaptés à chaque étape pour répondre aux exigences uniques du matériau et de l'application. Cette approche nous permet d'étendre continuellement nos capacités et d'offrir des solutions de pointe à diverses industries », expliquent **Graybill** et **Crouse**.

À ce jour, Agile Space est connue pour la fabrication de propulseurs et de moteurs de fusées, fournissant un ensemble de services allant de la conception, aux services de FA, à la fabrication soustractive et aux capacités d'essai.

Les défis des systèmes de propulsion spatiale

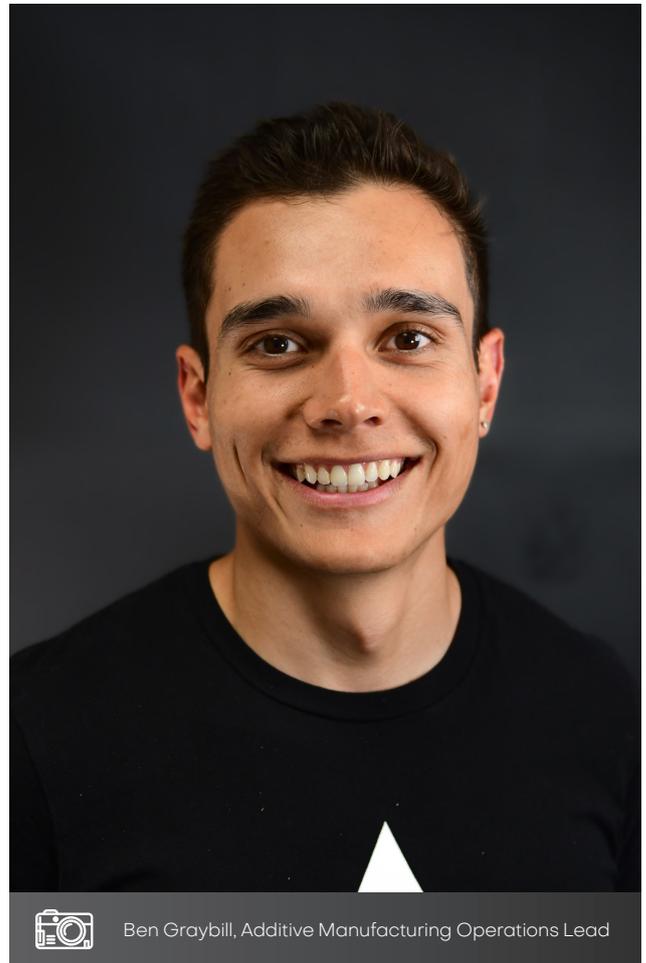
Ceux qui n'ont pas de formation d'ingénieur peuvent se rappeler que la propulsion spatiale est une branche de l'ingénierie aérospatiale qui met en lumière les méthodes et les technologies permettant de propulser les engins spatiaux et les satellites dans l'espace extra-atmosphérique.

Le problème est que les méthodes utilisées pour propulser les engins spatiaux et les satellites sont complexes et parfois difficiles à combiner avec les nouvelles technologies de fabrication. Elles comprennent la propulsion spatiale par gaz froid, la propulsion nucléaire, la propulsion spatiale électrique et la propulsion spatiale chimique – la méthode la plus utilisée et la spécialité d'Agile Space Industries. Comme indiqué ci-dessus, cette technique de propulsion repose sur des réactions de combustion entre un combustible et un oxydant pour produire des gaz d'échappement à grande vitesse.

Avec l'intégration des technologies de fabrication dans le processus de développement, les entreprises spatiales doivent faire face à des obstacles majeurs qui sont à la fois économiques (économies d'échelle) et technologiques (science des matériaux et miniaturisation).

« Les cinq principaux défis pour la propulsion spatiale sont la gestion thermique, les capacités d'essais au sol, les performances sur des durées supérieures à un an, les taux de vol, et enfin la science des matériaux (qui joue un rôle dans la gestion thermique) », ont déclaré Graybill et Crouse.

En outre, au-delà du développement, ce qui



Ben Graybill, Additive Manufacturing Operations Lead

compte vraiment, c'est la taille de votre système et la cadence de production. Selon Graybill et Crouse, « la FA n'est pas favorable à la production de BEAUCOUP de moteurs par an, mais pour les composants de niche, elle convient parfaitement (géométrie complexe des canaux de refroidissement, etc.), même à des volumes plus élevés. Elle peut être très utile pour la miniaturisation, en particulier si ce qui doit être miniaturisé se trouve dans un endroit difficile à fabriquer. »

Fabrication Additive (FA): applications et défis clés

Avant de nous pencher sur la valeur ajoutée spécifique que la FA apporte à Agile, il est important de considérer les investissements qu'Agile a réalisés jusqu'à présent pour mener à bien ses opérations de FA. Le centre de fabrication avancée basé à Mount Pleasant, qui est certifié ISO9001 et AS9100, enregistré auprès de l'ITAR et conforme à la norme NIST-SP-800-171, prend en charge les opérations de FA qui vont du développement du processus initial à la production en série de matériel de vol qualifié. Pour ce faire, elle s'appuie sur une large gamme d'équipements spécialisés qui comprennent des solutions de métallographie et d'inspection, telles que la **Keyence VHX7100** qui répond aux besoins de développement et de caractérisation des processus.

En ce qui concerne les imprimantes 3D, on trouve les imprimantes 3D FDM et SLA de base dans leur environnement de production, ainsi qu'une gamme d'imprimantes 3D industrielles de **TRUMPF**. Dans la liste des matériaux qualifiés que ces imprimantes 3D peuvent traiter, l'équipe d'Agile se concentre sur neuf alliages manufacturables uniques, dont l'alliage réfractaire sensible à l'**oxygène Nb C103**.

« Nous rencontrons parfois des situations dans lesquelles les composants ou les systèmes disponibles sur le marché ne répondent pas à nos exigences spécifiques. Dans de tels cas, notre équipe a conçu et fabriqué de manière innovante des systèmes propriétaires de mélange de lots et de rinçage de dépotage, améliorant ainsi le rendement de nos pièces et notre efficacité globale », soulignent **Graybill** et **Crouse**.

Si l'on s'en tient aux activités d'Agile en tant que fournisseur de solutions de propulsion spatiale, la FA peut être utilisée pour le développement de tout nouveau produit :

“

Son principal avantage réside dans sa capacité d'exécution rapide, qui nous permet d'itérer les conceptions en quelques semaines. Cette souplesse nous permet d'amener un nouveau produit au banc d'essai en un mois seulement. En fait, nombre de nos produits sont composés de plus de 85 % de composants additifs en poids, ce qui démontre l'utilisation extensive de l'AM dans notre processus de production.

”

Il est intéressant de noter qu'Agile va au-delà des avantages largement connus de la FA pour souligner sa force lorsqu'il s'agit de fabriquer des pièces spécifiques. Pour nos experts, cette force réside dans la capacité à **produire des collecteurs internes complexes** à différentes échelles au sein d'une même machine :

« Cette capacité est particulièrement cruciale pour les composants tels que les injecteurs et les chambres, qui nécessitent souvent des structures internes complexes. Par exemple, certains de nos injecteurs comportent plus de 50 collecteurs courbes internes, chacun se terminant par des orifices d'un diamètre inférieur à 0,5 mm. Ce besoin de haute précision contraste avec les exigences à plus grande échelle d'éléments tels que les chemises de refroidissement régénératif de notre moteur A2200, qui mesurent plus de 5 mm de large », précise Graybill.

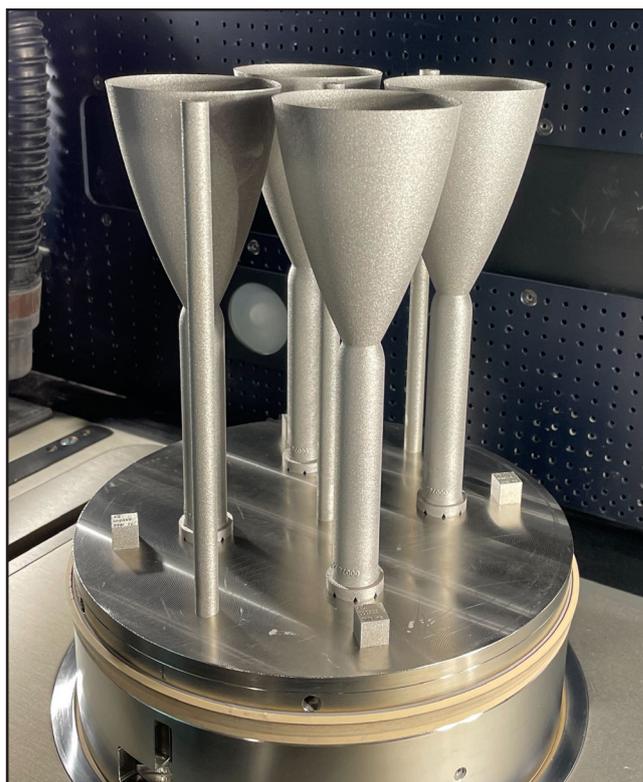
Et Crouse poursuit : « Pour garantir la cohérence et atténuer tout risque de variation dimensionnelle ou de processus, nous utilisons les mêmes imprimantes pour le développement et la production. Avant de passer du développement à la production, une imprimante est soumise à une série de contrôles rigoureux afin d'être qualifiée pour la production. Ce passage en douceur du prototypage à la production souligne notre engagement à maintenir des normes élevées de qualité et de fiabilité dans nos processus de FA, ce qui en fait une pierre angulaire de nos opérations

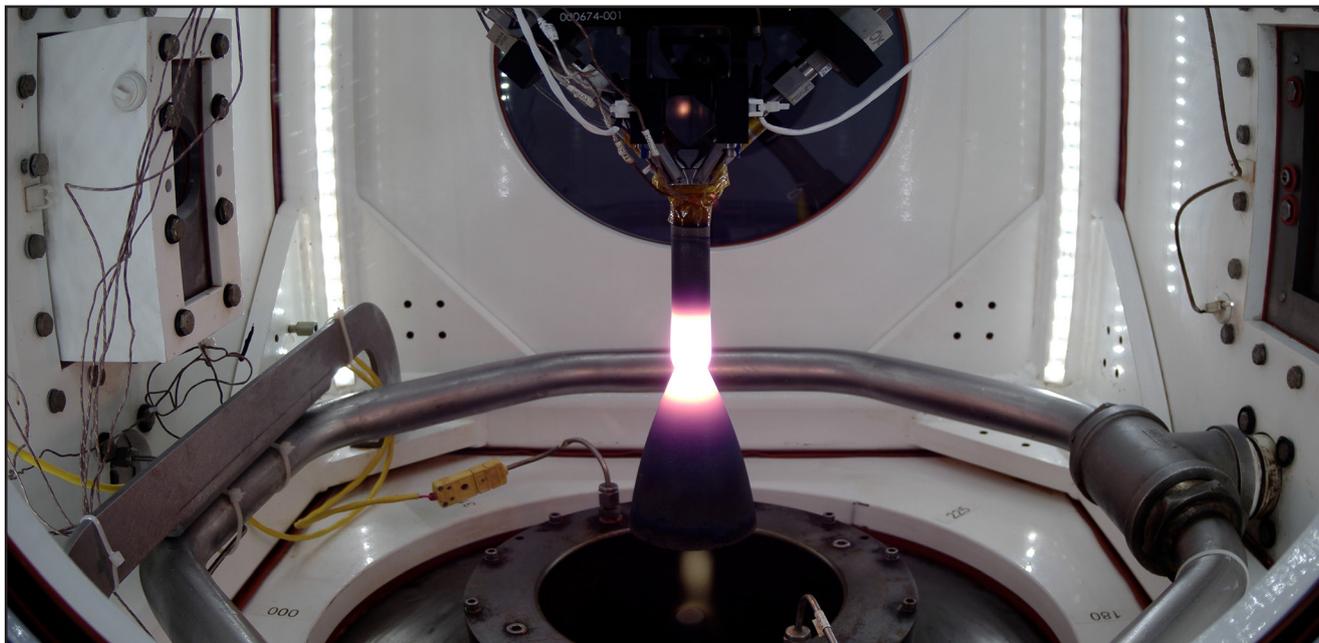


de fourniture de solutions innovantes de propulsion spatiale. »

En outre, pour donner un exemple tangible du rôle essentiel de la FA et de sa capacité à accélérer la vitesse de production, les experts partagent l'histoire d'une nouvelle chambre qui se trouvait dans la file d'attente d'usinage et qui devait faire l'objet d'un essai de tir à chaud dans la semaine qui suivait. Le problème est qu'en raison du profil de surface unique et des collecteurs externes, aucune de leurs fraiseuses ou tours ne pouvait accueillir le composant pour une opération de coupe nécessaire. En l'espace de 48 heures, ils ont conçu une coquille en trois parties à partir de zéro, l'ont imprimée en 3D en Ti64 et ont fabriqué des copeaux sur le tour.

Malgré ses nombreux avantages, nous devons être conscients des limites potentielles de la technologie. Même si ces limites sont différentes d'un utilisateur de FA à un autre, certains défis sont communs à tous ceux qui cherchent à industrialiser la FA. Il s'agit notamment





de l'intégration et de la gestion des données.

Pour rappel, la **gestion des données** est cruciale pour établir la traçabilité des pièces, comprendre les processus de FA et prendre des décisions au cours du cycle de développement du produit. Dans cette optique, la conservation, l'intégration, la fusion, le partage et l'analyse des données deviennent complexes lorsqu'il faut faire face au volume, à la vitesse, à la variété et à la véracité de ces données.

Lorsqu'on leur a demandé comment ils relevaient ce défi, les experts d'Agile ont répondu qu'ils s'appuyaient sur une **combinaison de stratégies internes et d'applications tierces** :

« Ces outils sont conçus pour traiter la quantité importante de données collectées in situ et les mettre en corrélation avec les données en amont et en aval du processus.

Par exemple, nous mettons en œuvre une approche statistique de conception d'expériences pendant le développement du processus, en nous concentrant sur les paramètres clés du processus. Nous recueillons des données en cours de processus, principalement des signatures thermiques, pendant l'impression et nous les analysons pour identifier les propriétés clés du matériau, telles que la porosité. Ce processus nous permet d'optimiser nos opérations sur la base de preuves empiriques. Notre centre d'essais de propulsion interne, qui est très bien équipé, nous permet de valider les propriétés des matériaux par des essais fonctionnels des composants réels, plutôt que de nous fier uniquement à des coupons ou à des échantillons représentatifs. Cette approche permet une évaluation plus précise et plus directe de la manière dont les matériaux se comporteront dans les applications finales pour nos clients.

Bien que nos solutions internes Agile puissent accélérer le développement et la qualification des processus, nous ne sommes pas une société de développement de logiciels. C'est pourquoi nous restons vigilants et adoptons agressivement les avancées en matière de logiciels et de matériel qui peuvent encore améliorer notre capacité à transformer de vastes ensembles de

données en informations exploitables ».

Même si elle se concentre sur les technologies de FA, Agile reconnaît que **« la FA n'est pas une panacée »**, ce qui est essentiel pour définir une stratégie de fabrication plus large. Comme je l'ai déjà dit, la FA ne bénéficie pas du siècle de recherche sur la production de composants qui caractérise les techniques soustractives de précision. Cela signifie qu'à un moment donné, malgré la médiatisation actuelle de la FA, tout au long de la chaîne de valeur de la fabrication, il y a encore certaines choses que les processus de fabrication soustractive font mieux, et qui nécessitent encore beaucoup d'améliorations du côté de la FA.

Chez AGILE, il s'agit d'assurer une approche synergique de la production :

« L'équipe chargée de la fabrication additive tient à remercier **Oqton** et **TRUMPF** de nous avoir permis d'y arriver. Être une entreprise 'agile', c'est notamment pousser les logiciels et le matériel au-delà des capacités actuelles. Nous apprécions que les équipes d'application et de développement des entreprises travaillent avec nous pour ajouter des fonctionnalités là où nous en avons besoin. Les lecteurs de ce magazine [3D ADEPT MAG] peuvent vivre et respirer la fabrication additive, mais presque tous les programmes nécessitent des opérations d'usinage. Il s'agit donc d'un autre rappel pour considérer et remercier vos machinistes. »

Perspectives d'avenir

Avec une décennie d'expertise dans les essais à chaud et la conception et le développement de systèmes, Agile Space n'a rien à envier aux autres. Si son utilisation croissante de la FA en fait une entreprise à suivre en cette ère dédiée au nouvel espace, j'espère la voir explorer des processus de FA qui vont au-delà du procédé « LPBF » et je suis curieuse de découvrir les leçons qu'elle aurait tirées de cette exploration.

Toutefois, l'entreprise est impatiente d'explorer bientôt une gamme de technologies qui étendent les capacités de la fusion laser sur lit de poudre.

« Même si les choses amusantes restent secrètes, nous pouvons vous faire part de notre intérêt croissant

pour l'incorporation d'alliages plus réfractaires et des perspectives passionnantes d'expérimentation avec des matériaux conçus par calcul. Notre objectif est de faire progresser notre expertise en matière de compensation thermo-mécanique et de logiciels de conception additive afin de créer des propulseurs innovants. Par exemple, les nouveaux composants peuvent incorporer des caractéristiques complexes qui sont restées difficiles à qualifier, telles que le treillis fonctionnel, ou nécessiter des orifices répétables d'un diamètre inférieur à 100 microns. En outre, à mesure que nous progressons vers 2024, certains de nos anciens composants pourraient s'éloigner de la fusion laser sur lit de poudre et s'adapter à des technologies additives plus récentes qui correspondent mieux à l'évolution de nos besoins de production.

Au-delà du domaine de notre département de FA, l'expérience d'AGILE dans le développement de propulseurs pour divers clients nous a permis de mieux comprendre les divers besoins du marché de la propulsion de satellites. En tant que leader dans le développement de moteurs de fusées spatiales, nous avons acquis une compréhension complète des exigences de nos clients en matière de réalisation de missions. La FA, pierre angulaire de notre processus de fabrication, jouera un rôle essentiel dans ces projets. Nous prévoyons d'exploiter les capacités de la FA dans ces nouvelles applications, et nous prévoyons de partager d'autres mises à jour à ce sujet dans un avenir proche. Notre orientation stratégique pour 2024 ne consiste pas seulement à faire progresser notre technologie de FA, mais aussi à l'aligner sur les besoins et les aspirations plus larges de nos clients, afin de rester à la pointe des solutions de propulsion spatiale », ont conclu **Graybill** et **Crouse**.

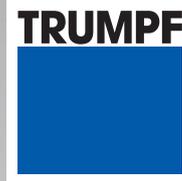


*Toutes les images: crédit Agile Space Industries

Téléchargez les derniers numéros de votre magazine



Seeking inspiration?



Discover fascinating applications across different industries! Explore compelling examples showcasing the versatility of metallic 3D printing. From aerospace to automotive, we've got innovative solutions that redefine possibilities. Find your inspiration in our curated collection of unique application examples!

More information at <http://www.trumpf.info/1gickj>



Prototype du bateau Mambo- Imprimé 3D
par Moi Composites. Crédit: Moi Composites

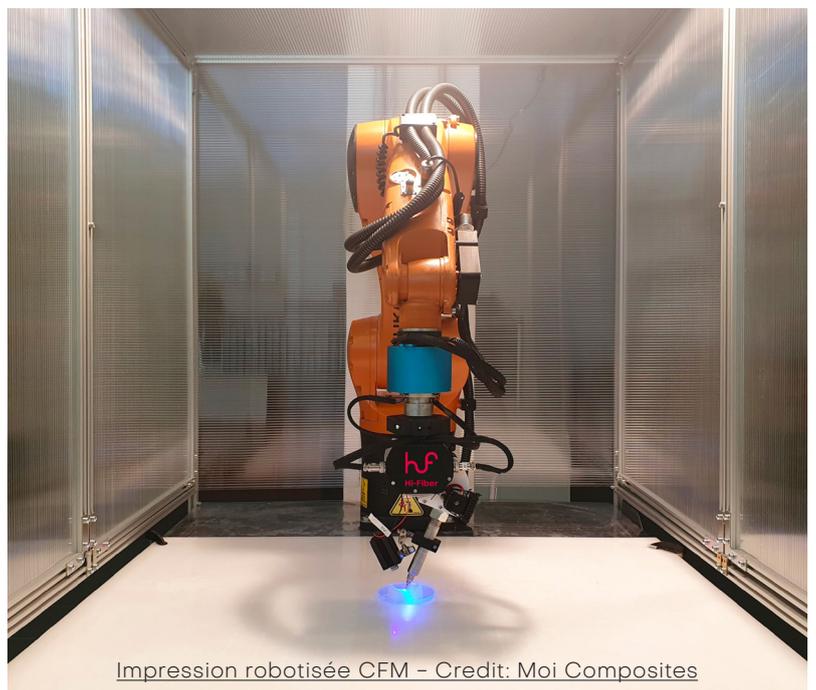


UTILISATION DE COMPOSITES POUR REMPLACER DES PIÈCES MÉTALLIQUES DANS LA FABRICATION ADDITIVE : QUAND ET COMMENT ?

L'impression 3D métal a prouvé à maintes reprises son efficacité dans de nombreuses applications, si bien qu'elle est presque toujours citée comme la voie à suivre dans les applications exigeantes. L'une des principales limites que les experts déplorent souvent est son coût élevé par rapport à d'autres techniques de fabrication additive (FA), en particulier lorsqu'il s'agit de production de masse. Cela incite les équipementiers à explorer les capacités de la FA avec d'autres matériaux qui pourraient potentiellement servir d'alternatives aux métaux. Une catégorie qui mérite d'être mentionnée aujourd'hui est celle des composites, qui bénéficient d'un siècle de recherche sur la production de composants à l'aide de techniques soustractives. Cependant, lorsqu'ils sont combinés à la FA, quelques points doivent être pris en compte : Quel type de matériau serait une bonne alternative aux pièces métalliques imprimées en 3D ? Pour quel objectif de fabrication ? Y a-t-il des choix spécifiques de fabrication et de conception à prendre en compte ? L'article ci-dessous tente de répondre à ces questions.

Nous avons déjà eu une première introduction à [l'impression 3D de matériaux composites](#) et aux premières étapes à suivre lorsqu'on travaille avec cette jeune branche de la FA. Les sociétés de FA peuvent l'appeler «la branche la plus jeune de la FA», mais pour moi, les composites sont comme les alliages. Je trouve fascinant de voir le nombre de matériaux qui peuvent être combinés pour offrir une gamme spécifique de propriétés physiques et chimiques – et former au final un seul matériau qui sera imprimé en 3D pour fabriquer une pièce.

Les applications de la FA dont nous avons déjà été témoins avec les composites montrent que ces matériaux offrent des possibilités d'allègement – ce qui est la marque de fabrique de la FA – et, ce qui est intéressant, la possibilité de construire sur un outil personnalisé.



Impression robotisée CFM – Credit: Moi Composites

Par ailleurs, l'un de nos premiers dossiers sur les composites révèle que deux types de fibres de renforcement sont compatibles avec la technologie de FA : **les fibres coupées** et **les fibres continues**. Selon **Michele Tonizzo**, directeur technique de **Moi Composites**, une entreprise spécialisée dans la fabrication de fibres continues, « d'un point de vue structurel, les performances obtenues grâce à l'utilisation de composites à fibres continues sont imbattables, avec une résistance à la traction supérieure à 1,5 GPa (*1) et atteignant 30 fois celles des polymères renforcés par des fibres coupées (*2). Malheureusement, la limitation intrinsèque d'avoir une pièce cohérente et toujours solide pendant l'extrusion limite les complexités géométriques que l'on peut obtenir en utilisant seulement une approche mono-matériau. C'est pourquoi l'approche mise au point par Markforged et Anisoprint, et étendue en trois dimensions par Moi Composites, est la meilleure découverte à ce jour. En déposant des matrices non renforcées, ou renforcées par des fibres hachées, capables de décrire des géométries complexes, et des matrices renforcées par des fibres continues uniquement aux endroits stratégiques, ce qui permet

également de réduire les temps d'impression, il est possible d'obtenir des pièces structurelles présentant des géométries complexes telles que des cavités et des renforts internes. L'approche conçue par Moi Composites porte cette idée à un niveau tridimensionnel. En fait, en tirant parti de la liberté multiaxiale des robots, il est possible de décrire des géométries complexes à l'aide de polymères renforcés de fibres courtes, puis d'ajouter des couches de fibres continues unidirectionnelles suivant la géométrie externe pour obtenir l'intégrité structurelle souhaitée ».

Il y a toujours eu une bataille entre les partisans du renforcement par fibres coupées et ceux du renforcement par fibres continues. Dans cette optique, il est important de garder à l'esprit que **chaque matériau possède son propre ensemble de caractéristiques, de domaines d'application et de technologies qui lui sont associés.**

Le tableau ci-dessous résume quelques-unes des caractéristiques les plus importantes relevées jusqu'à présent :

Renforcement par fibres continues	Renforcement par fibres coupées
Plus de résistance et de rigidité : sa résistance réside dans la continuité des brins qui peuvent absorber et répartir les charges sur toute leur longueur.	La rigidité peut être améliorée de manière significative en fonction du matériau.
Décrit comme plus solide et plus fiable que les structures métalliques	Idéal pour améliorer la qualité de surface, la résistance à l'usure ou encore l'aspect d'une pièce tout en réduisant le poids de celle-ci
Compatible avec plusieurs technologies	Matériau moins cher

Lorsque nous parlons d'impression 3D aérospatiale avec des matériaux composites, même s'il y a une utilisation prédominante du renforcement par fibres continues, nous avons remarqué quelques applications composées de matériaux de renforcement par fibres coupées.

Tonizzo a participé à plusieurs projets visant tous à réduire le poids ou les délais d'exécution des pièces aérospatiales. Selon lui, l'un d'entre eux, particulièrement réussi, **visait à réduire le poids total de l'avion en redessinant des pièces non structurelles**, en l'occurrence les supports qui fixent les sièges au plancher. « La réduction du poids est venue de l'élimination de matériaux ne contribuant pas à l'intégrité structurelle tout en maintenant l'unidirectionnalité et la continuité des fibres, ce qui est impossible avec les méthodes traditionnelles manuelles ou automatisées de production de composites », explique-t-il.

« La pièce obtenue présente des performances mécaniques similaires tout en réduisant le poids de manière significative. D'après mon expérience, l'avantage concurrentiel de la fabrication additive de composites pour le remplacement de pièces métalliques dans un environnement de production a



tête d'impression produisant une pièce de bateau. Crédit: Moi Composites.

presque toujours été lié aux performances que l'on peut obtenir en créant des géométries en treillis, ce qui augmente les performances de résistance par rapport au poids de la pièce », ajoute Tonizzo.

Il est intéressant de noter que, qu'il s'agisse de FA ou de procédés de fabrication conventionnels, le facteur le plus important qui conduit à l'utilisation de composites plutôt que de métal reste « les performances de résistance au poids que l'on ne peut obtenir qu'avec des polymères unidirectionnels renforcés par des fibres de carbone » - selon Tonizzo.

Applications et limites

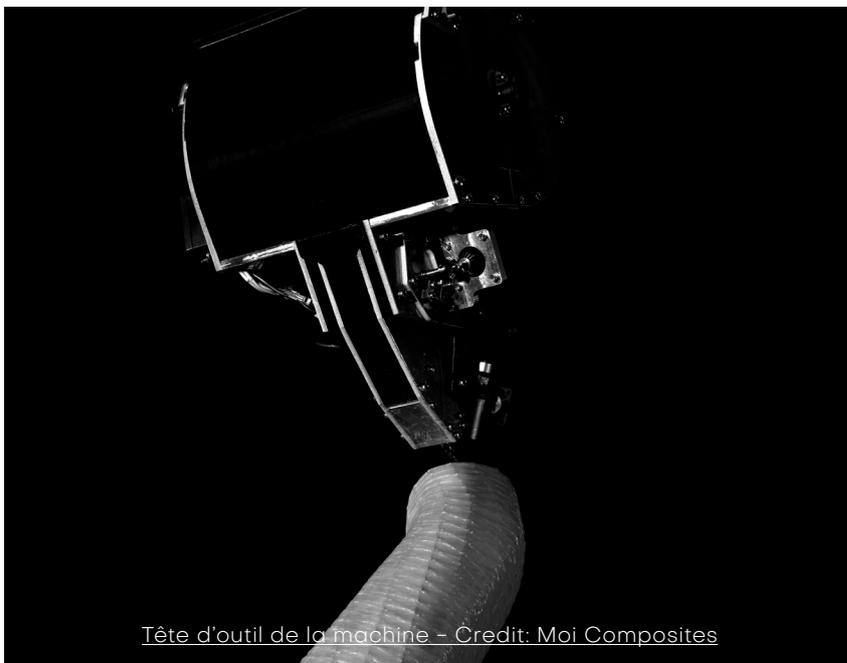
Si les crochets ont été mentionnés comme une application clé de la FA aérospatiale, la FA des composites reste également un candidat idéal pour la production d'attaches, également utilisées dans les aérostructures. Malgré la complexité de cette application, Thermwood a démontré à plusieurs reprises que [l'outillage en autoclave](#) peut être une application clé de la FA des composites dans l'industrie aérospatiale.

D'autres possibilités de développement des composites pourraient consister à combiner la FA avec les processus de fabrication de composites existants. Une entreprise qui travaille discrètement dans ce domaine est [Electroimpact](#), une société américaine qui est également un fournisseur de Boeing. Electroimpact a mis au point une solution pour appliquer les composites sur l'avion **Boeing 787**. Cette solution combine le placement automatisé de fibres ou AFP. L'entreprise explique qu'elle « a intégré un processus d'AFP thermoplastique in situ hors autoclave et un processus d'impression 3D FFF avancé dans un système unifié de fabrication additive robotisée de composites évolutifs (Scalable Composite Robotic Additive Manufacturing, SCRAM). SCRAM est une véritable imprimante 3D industrielle à 6 axes continus, renforcée par des fibres, qui permet la fabrication rapide et sans outil de structures composites intégrées de qualité aérospatiale. Des thermoplastiques haute performance combinés à un pourcentage élevé de renforcement par fibres continues sont utilisés pour produire des pièces aux propriétés matérielles exceptionnelles, inédites dans le monde de la fabrication additive ».

La solution d'Electroimpact est unique en son genre dans l'industrie et nous espérons en entendre parler davantage à l'avenir.

La question à laquelle il faut encore répondre est celle de la finalité de la fabrication : **la FA des composites ne permet-elle que le prototypage et la production de faibles volumes ?** Pour le directeur technique de Moi Composites, la FA des composites reste l'une des rares technologies où l'impression 3D peut être utilisée dans un environnement de travail, et pas seulement pour la production de faibles volumes.

« J'ai constaté qu'un produit conçu dès le départ avec la fabrication additive à l'esprit est plus facile à mettre en production qu'une nouvelle conception d'une pièce existante. Par exemple, « **Hi-Fiber** », le produit de renforcement dentaire développé par Moi Dental, la spin-off de Moi, a été conçu et ne peut être produit qu'avec la fabrication additive de composites, avec des milliers de pièces produites par an. Étant donné que la production en grand volume de pièces composites n'est pas étroitement



Tête d'outil de la machine - Credit: Moi Composites

comparable aux quantités produites par moulage par injection de plastique, je suis convaincu que, si la pièce possède une valeur ajoutée suffisante, elle peut être produite en grand volume avec les technologies de FA », souligne M. Tonizzo.

L'attente de Tonizzo implique inconsciemment une limitation qui entraînerait **des coûts** si/ quand la FA des composites est explorée dans des applications de masse. Au niveau technologique, il mentionne également certaines des complexités peu évoquées des composites à fibres continues : **ils ne peuvent pas être fondus et mis en forme, taillés ou fraisés à partir d'un objet solide.**

« Contrairement aux autres méthodes de fabrication, il est extrêmement difficile d'obtenir des performances élevées à partir d'une pièce produite couche par couche, car elles souffrent encore plus du comportement anisotrope de l'impression 3D. Toutes ces limites sont bien connues et déjà résolues par les fabricants de composites qui, au contraire, apprécient grandement l'approche numérique apportée par la FA à l'industrie des composites. Par conséquent, l'adoption de la FA 'CFC' est plus facile pour les fabricants de composites que pour les industries de FA. En raison du lourd travail de conception et de fabrication nécessaire pour produire une pièce à l'aide de la FA 'CFC', je doute qu'il y ait un « Shapeways » pour les composites, malheureusement », conclut-il.



Rendu final, Bateau Mambo. Crédit: Moi Composites

NOTES DE L'ÉDITEUR

Michele Tonizzo – le contributeur clé qui a partagé ses idées sur ce sujet – est le cofondateur et président de **Moi Composites**, une entreprise spécialisée dans l'impression 3D de matériaux composites qui est apparue sur notre radar lorsqu'elle a présenté un [bateau en fibre de verre imprimé en 3D](#) au salon nautique de Gênes en 2020. Avant de fonder Moi, il était responsable de la recherche à l'université Politecnico di Milano +LAB, où il étudiait de nouvelles méthodes de FA pour les matériaux polymères, et lauréat du prix le plus prestigieux pour l'innovation dans le domaine des composites, le JEC Innovation Award 2017.

Moi Composites se concentre désormais sur le développement industriel de Sistema, son système de bout en bout visant à simplifier la production de composites par la robotique et la FA. Avec le programme bêta qui sera bientôt lancé, l'entreprise recherche activement les [premiers adopteurs et testeurs de Sistema](#) dans les départements R&D des universités et des industries.

Références :

*1 : Baur JW, Abbott AC, Barnett PR, et al. Mechanical properties of additively printed, UV-cured, continuous fiber unidirectional composites for multifunctional applications. Journal of Composite Materials. 2023;57(4):865–882. doi:10.1177/00219983221146264

*2 : Informations basées sur la fiche technique du matériau Onyx ESD de Markforged.



21
FEB

03.30 pm. CET
1 Hour

WEBINAR

ADDITIVE
TALKS



MELISSA ORME

Vice President for
Additive Manufacturing at
Boeing



WILLIAM C. HADDAD

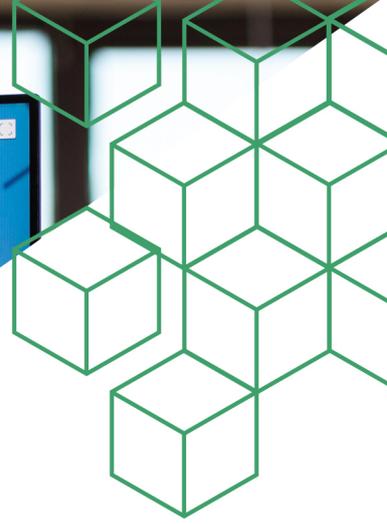
Director, Additive Design
and Manufacturing at
Collins Aerospace

New Space & AM: Current Applications driving
industrialization & technological challenges

REGISTER NOW

www.additive-talks.com

 Additive Talks



We talk additive

Season four of Additive Talks has begun.

Additive Talks

Additive Talks ambitions to discuss, analyze and provide insights into topics that shake vertical industries shaking adopting additive manufacturing technologies. Whether they highlight a key topic in the aerospace, defense & nuclear, medical & healthcare, construction, transport or heavy industries, each session ambitions to separate the wheat from the chaff, and to deliver actionable takeaways that will help professionals make the most of AM technologies.

INTERESTED IN BECOMING AN ADDITIVE TALKS SPONSOR ?

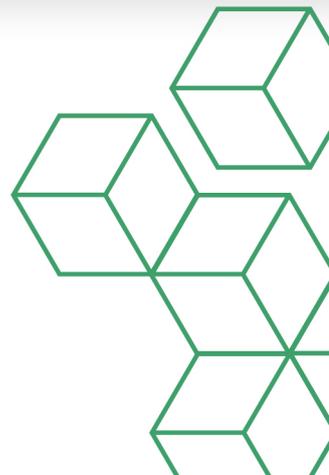
We are backed by a range of AM companies that share our vision of delivering insights that matter with integrity. You want to be part of them? Send us our email to info@additive-talks.com and ask for our sponsorship deals.

»» Bimonthly sessions

»» Key topics in AM and 3D printing

»» Expert speakers

www.additive-talks.com



Interview

Comment 7 décennies d'expertise dans la technologie du faisceau d'électrons ont contribué à positionner JEOL sur le marché de la FA

Avec la douzaine d'acteurs qui sont entrés sur le marché de la fusion par faisceau d'électrons au cours des cinq dernières années, le statut de la fusion par faisceau d'électrons est passé d'une technologie de «roue de secours» à une solution susceptible d'offrir des avantages considérables par rapport à la fusion laser sur lit de poudre (LPBF). Parmi ces nouveaux venus, l'un d'entre eux pourrait potentiellement bouleverser le paysage technologique actuel : **JEOL LTD**, une société fondée en 1949 dont le siège se trouve à Akishima, au Japon, et qui compte dix-sept filiales à l'étranger réparties entre l'Amérique, l'Europe, l'Asie et l'Australie. Nous avons rencontré Bob Pohorenc, président de JEOL USA, pour comprendre pourquoi.



Bob Pohorenc,
Président chez JEOL USA

JEOL USA, Inc, situé près de Boston, a été créé en 1962. L'entreprise est apparue pour la première fois sur notre radar en 2021, avec le lancement de [sa machine de fabrication additive métal JAM-5200EBM](#), mais les débuts de l'entreprise dans l'industrie de la fabrication additive remontent à 2014, lorsqu'elle a rejoint le **projet TRAFAM** (Technology Research Association for Future Additive Manufacturing) du gouvernement japonais. Elle a collaboré avec le **Dr Akihiko Chiba** de l'Université de Tohoku sur un projet de quatre ans visant à construire une machine EB-PBF basée sur l'optique électronique avancée et l'automatisation de JEOL, qui a abouti au développement d'une machine prototype installée à l'Université de Tohoku.



Credit: JEOL – Imprimante 3D

Si la technologie d'impression 3D EB-PBF (**Electron Beam Powder Bed Fusion**) de l'entreprise est au cœur de cette conversation, il est important de garder à l'esprit que les utilisateurs de FA utilisent également les instruments de métrologie et d'analyse de l'entreprise pour soutenir divers projets de recherche ou processus de fabrication.

Ceci étant dit, lorsqu'une entreprise apporte plus de sept décennies d'expertise dans la technologie du faisceau d'électrons en tant que fournisseur de microscopie électronique et de lithographie par faisceau d'électrons, on suppose qu'elle ne sera pas confrontée aux mêmes défis que d'autres OEM lorsqu'elle entre sur le marché de la FA – des défis liés à la nouveauté et à la manière dont ils peuvent façonner une activité spécifique.

Néanmoins, les similitudes entre le marché de la FA et celui des équipements pour semi-conducteurs ont en quelque

sorte aidé JEOL à se positionner sur le créneau de la fusion par faisceau d'électrons. Selon Pohorenc, les similitudes qui sont essentielles pour les deux marchés comprennent « les performances, le coût de possession, le temps de fonctionnement de l'équipement, la disponibilité des pièces de rechange et de l'assistance technique ».

« Toutefois, le marché des équipements pour semi-conducteurs est très mature et a fait l'objet d'un grand nombre de consolidations. Le marché de la FA est encore en développement, ce qui le rend très intéressant pour

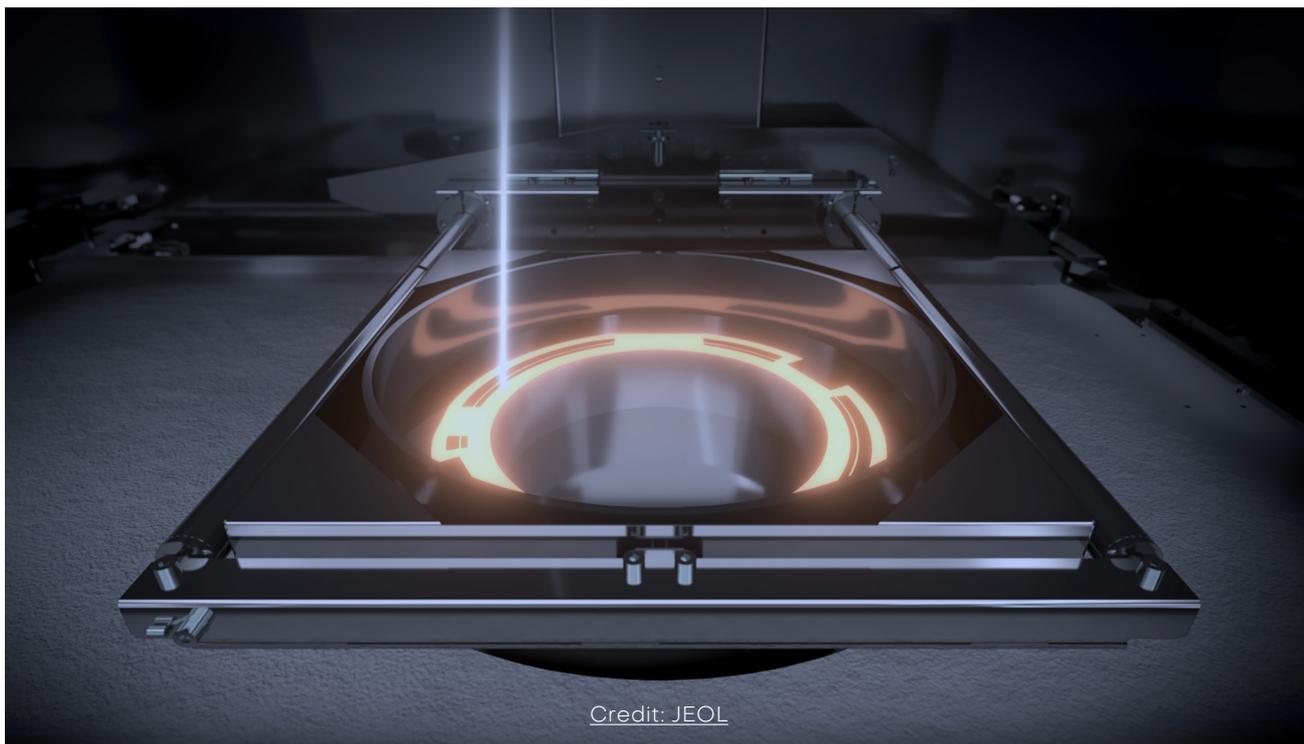
nous », poursuit-il.

À ce jour, si on considère les principales étapes qui ont marqué les activités de JEOL dans le domaine de la FA depuis que l'entreprise a lancé son imprimante 3D métal JAM-5200EBM en 2021, Pohorenc mentionne trois moments clés :

L'installation de leur première unité chez Cumberland Additive Inc. dans le [campus de production de fabrication additive Neighborhood 91](#) à Pittsburgh en septembre 2023 ; les normes de qualification opérationnelle (OQ) AMS7032 que l'entreprise a respectées tout

en satisfaisant aux exigences matérielles AMS7011 pour l'alliage Ti-6Al-4V et une commande récente reçue en décembre pour la deuxième unité à installer aux États-Unis de la part d'une université de recherche de premier plan qui travaille avec un laboratoire national sur la fabrication additive en utilisant des métaux réfractaires.

« La prochaine étape sera la première installation d'une machine JAM-5200EBM en Europe, à l'Université technique de Munich (TUM), qui aura lieu dans les prochains mois », s'enthousiasme-t-il.



Credit: JEOL

Au-delà de ces perspectives prometteuses, qu'est-ce qui rend l'imprimante 3D à fusion de lit de poudre par faisceau d'électrons de JEOL vraiment exceptionnelle ?

Tout d'abord, pour les débutants dans ce domaine, la fusion de lit de poudre par faisceau d'électrons (EB PBF) repose sur l'utilisation d'un faisceau d'électrons à haute puissance pour faire fondre couche par couche des poudres métalliques conductrices telles que le cuivre et le titane.

« Dans le cas de la machine JAM-5200EBM, nous avons utilisé une bonne partie du savoir-faire et de la technologie de nos systèmes de lithographie par faisceau d'électrons qui sont utilisés dans les environnements de fabrication de semi-conducteurs. Le résultat est un système optique à électrons qui permet à l'utilisateur d'ajuster le courant du faisceau sans en modifier le diamètre. Ce système offre également une durée de vie de l'émetteur d'électrons d'au moins 1 500 heures, soit plus du double de celle des autres systèmes EB-PBF, ce qui se traduit par une plus grande disponibilité des outils. Un autre facteur de différenciation important est notre « e-shield » breveté, qui élimine le besoin de gaz hélium pendant le processus de fabrication. Nous lancerons cette

année plusieurs nouvelles fonctionnalités qui seront très utiles aux propriétaires de machines », explique le président de JEOL USA.

Les lecteurs réguliers de 3D ADEPT Media se souviendront peut-être que nous avons récemment discuté des raisons pour lesquelles [la fabrication additive par faisceau d'électrons](#) en général pourrait être un candidat idéal pour la production de pièces à grande échelle, mais qu'elle est encore loin d'être adoptée. La fusion par faisceau d'électrons a trouvé des applications dans les secteurs médical, aérospatial et autres.

S'il n'a pas précisé lesquelles, Pohorenc confirme **qu'il existe des applications pour lesquelles le procédé EB-PBF n'est pas approprié**. Parmi les applications où la technologie peut jouer un rôle clé, il cite **l'aérospatiale, la défense et les appareils médicaux**, qui « nécessitent des métaux tels que le Ti64, l'Inconel, le cuivre et le tungstène et doivent répondre à des exigences strictes en matière de propriétés. Le remplacement de pièces moulées de faible volume dans un délai relativement court est également un domaine dans lequel l'EB-PBF peut jouer un rôle précieux ».

La comparaison éternelle avec les technologies PBF

Electron beam powder bed fusion has always been La fusion sur lit de poudre par faisceau d'électrons a toujours été décrite et considérée comme le concurrent le plus féroce de la fusion laser sur lit de poudre (LPBF). Si je pense qu'ils ne devraient pas être qualifiés de concurrents, il faut reconnaître que ce procédé présente quelques avantages par rapport au LPBF. Par exemple, la capacité de traiter des métaux très purs, sans porosité ni oxydation, le traitement de matériaux à des températures très élevées, la réduction du besoin de traitement thermique ou même la possibilité de réutiliser jusqu'à 98 % de la poudre inutilisée.

Par ailleurs, le procédé EPBF a souvent été critiqué pour son manque de sélection de matériaux et d'options multi-matériaux, ainsi que pour le temps nécessaire à l'établissement du vide et la résolution moins détaillée que le procédé LPBF.

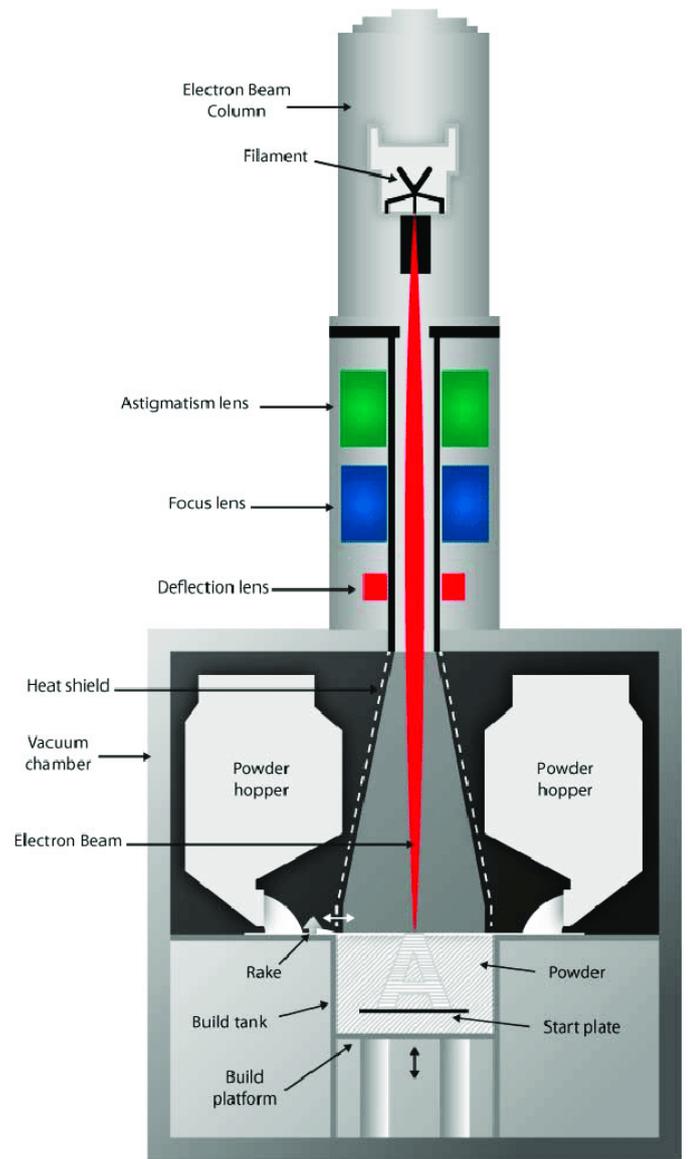
Il va sans dire que ces avantages et inconvénients peuvent varier d'une machine à l'autre. Pohorenc évoque quelques avantages qui pourraient être associés à la production de pièces pour l'aérospatiale et d'autres encore : « La capacité du procédé EB-PBF à construire des structures autonomes ou sans support dans un grand volume est un avantage majeur en termes de temps et de coûts par rapport à d'autres technologies LPBF. En outre, cela permet de construire une variété de pièces dans le volume, ce qui permet aux ingénieurs concepteurs de maximiser la productivité de la machine ».

Parmi le large éventail d'applications aérospatiales qui pourraient être réalisées grâce au procédé EPBF, l'une de celles que Pohorenc met en avant est l'aube de turbine de moteur à réaction, dont la conception peut être améliorée pour obtenir des moteurs plus performants.

Pour le président, « la possibilité d'empiler ces aubes sans support et d'obtenir les mêmes propriétés métallurgiques que les aubes fabriquées traditionnellement présente un réel intérêt ».



Image credit: CCDC Army Research Laboratory



Source : [Intégrité structurelle d'un alliage de titane fondu par faisceau d'électrons](#)

Et maintenant ?

Si je ne doute pas que des temps intéressants s'annoncent pour les entreprises spécialisées dans le procédé EPBF, je suis fermement convaincue que celles qui pourraient faire la différence sur le marché sont celles qui se concentreront sur l'amélioration de l'assistance à la clientèle. C'est en tout cas ce que JEOL a l'intention de faire.

« Certaines des industries que nous soutenons exigent des accords de niveau de service avec des temps de réponse garantis, ce qui signifie qu'un ingénieur de service se rend sur place dans un nombre d'heures ou de jours donné, et une livraison rapide des pièces de rechange. Au fil des ans, nous avons développé une infrastructure de service à la clientèle importante et en pleine expansion pour soutenir les propriétaires de nos équipements. Pour raccourcir les délais de réponse, nous installons des ingénieurs de service sur le terrain dans toutes les zones géographiques où nos équipements sont installés. Rien qu'en Amérique du Nord, nous avons plus de 180 ingénieurs sur le terrain. Nous prenons le service à la clientèle très au sérieux et le considérons comme un élément clé de notre proposition de valeur », conclut Pohorenc.

Additive Manufacturing Users Group

2024 AMUG CONFERENCE

March 10 - 14 | Chicago

For Users. By Users.

AMUG BUILDS THE EVENT

YOU CREATE THE EXPERIENCE

Engage, share, learn and connect.



EDUCATION
Technical, Panel &
Keynote Sessions



TRAINING
Hands-on Workshops &
Training Sessions



NETWORKING
Breakfast through
Dinner



COMMUNITY
Users Supporting
Users

The AMUG Conference is where additive manufacturing users unite to share experiences and initiate collaborations.

DON'T MISS

The 3D printing experience everyone raves about.

REGISTER TODAY!

www.amug.com
[#AMUG2024](https://twitter.com/AMUG2024)



Interview

Greg Morris, lauréat du “Innovations Award” d’AMUG, parle de son parcours, de l’adoption de la fabrication additive dans tous les secteurs et de l’avenir de Zeda.

Dans un secteur comme celui de la fabrication additive (FA), il y a tellement d’esprits brillants que c’est souvent un véritable casse-tête de choisir qui devrait être récompensé par un «Innovators Award» – un prix d’AMUG décerné à ceux qui ont cultivé des idées novatrices qui ont fait progresser le secteur de la FA. [AMUG étant un événement unique en son genre](#), l’organisation continue de refléter son engagement envers des innovateurs uniques en leur genre. Cette année, **Greg Morris** sera le lauréat de cet estimé «Innovators Award» et il a fallu une conversation avec lui pour comprendre ses nombreuses réalisations. Il est intéressant de noter que cette conversation va au-delà de son parcours pour englober l’adoption des technologies de FA dans les industries verticales et l’avenir de Zeda.



Greg Morris

Nous avons d’abord connu Morris comme l’un des cinq fondateurs de **Vertex Manufacturing**, [une société qui a fusionné l’année dernière avec PrinterPrezz](#) et qui opère maintenant sous le nom de **Zeda**. En réalité, Morris est un homme aux multiples casquettes qui nécessiteraient probablement le chapitre entier d’un livre pour les mettre en évidence. Le point commun de ces casquettes est qu’elles ont toujours eu un lien avec la fabrication additive métal.

« Lorsque notre entreprise de l’époque, Morris Technologies, a introduit la technologie de fusion des métaux par lit de poudre laser sur le marché nord-américain en 2003, j’estime que nous avons eu la chance de nous trouver au bon endroit au bon moment. Nous avons rapidement compris que cette technologie était très prometteuse et nous y avons investi massivement au cours des années suivantes. Heureusement pour nous, ce «pari» a porté ses fruits puisque la technologie a évolué et mûri de telle sorte que nous avons pu travailler avec nos clients pour l’utiliser dans des prototypes fonctionnels et, finalement, dans des pièces de production. Comme beaucoup le savent, nous avons travaillé en étroite collaboration avec GE Aviation pour développer la partie additive de leur embout de tuyère LEAP. Une fois cette information rendue publique, de nombreuses autres entreprises ont perçu le potentiel de cette technologie et ont commencé à l’exploiter pour leurs propres produits et objectifs. Avec le développement de nouveaux alliages, une meilleure compréhension de la manière de «concevoir en fonction du processus» et les progrès globaux de la technologie des machines, nous avons vu l’impression 3D de métaux devenir un outil puissant pour de nombreuses entreprises cherchant

à exploiter les avantages inhérents à la flexibilité et à la liberté de conception de leurs produits, contribuant à donner aux produits de nouvelles capacités, à réduire les coûts et souvent à alléger les contraintes de la chaîne d’approvisionnement qui ont contribué à réduire les délais de livraison. Aujourd’hui, nous continuons à voir non seulement des avancées technologiques avec beaucoup de ces types de machines, comme les systèmes multi-laser, l’amélioration de la surveillance de la machine et de la qualité et beaucoup d’autres éléments similaires, mais nous voyons aussi un certain nombre de modalités métalliques intéressantes qui aident à répondre à des applications spécifiques qui élargissent également la capacité des ingénieurs et des concepteurs à choisir le type d’impression 3D métal qui pourrait correspondre le mieux à leurs applications et utilisations », a déclaré Morris à 3D ADEPT Media.



S'il ne s'agit là que d'une petite partie de l'histoire qui a marqué son parcours, Morris reconnaît que cette histoire n'aurait pas pu être partagée aujourd'hui sans les nombreuses mains qui ont uni leurs forces pour la rendre possible. À ce jour, l'homme que nous avons d'abord connu en tant que directeur technique de Zeta Technologies est en train d'évoluer vers un rôle plus stratégique au sein de l'entreprise, tout en restant conseiller auprès de quelques start-ups et entreprises.

L'adoption de la FA dans les secteurs de l'espace, de la défense et de l'aérospatiale

Vertex Manufacturing est l'un des bureaux de services qui a eu l'audace de parier sur [l'imprimante 3D Xerox ElemX™](#) – une technologie d'impression 3D métal liquide qui était encore considérée comme «nouvelle» sur le marché, mais apparemment suffisamment viable pour imprimer en 3D de l'aluminium de manière cohérente et fiable.

Si nous avons toujours espéré que Vertex ferait de la technologie Xerox son arme secrète pour propulser la FA à travers les industries de l'espace, de la défense et de l'aérospatiale, Morris a révélé qu'ils ont commencé avec une machine LPBF de GE Additive et ont ajouté

une technologie EBM de GE après l'intégration de la solution Xerox. Il ne sera donc pas surprenant d'apprendre que **la technologie LPBF était, est et restera probablement la principale technologie du segment de la FA des métaux** – chez Zeda et pour d'autres utilisateurs de la FA.

Pour notre expert, il existe des technologies de FA des métaux qui conviennent mieux que le procédé LPBF pour certaines applications. L'une de ces technologies est la projection de liant, dont les parts de marché augmentent sûrement, mais lentement. « *Alors que je dirais que la différenciation de la conception peut transformer la façon dont on produit certains composants, d'autres facteurs ont le potentiel d'avoir un impact plus important du point de vue du volume, comme le coût par pièce. Je pense qu'il y a une variété de facteurs qui empêchent l'impression 3D métal d'être plus omniprésente, le coût étant probablement l'un des principaux facteurs à prendre en compte. Les technologies telles que la projection de liant et les technologies similaires peuvent apporter à la fois les avantages conceptuels d'un processus de stratification avec un débit et donc une compétitivité des coûts que les technologies telles que le procédé LPBF ne sont parfois pas encore en mesure d'atteindre*», explique Morris.



[Zeda utilise la FA métallique pour produire une gamme d'implants médicaux](#) (Crédit - Zeda Inc)

Et si on ajoute les considérations liées aux matériaux, à la taille des composants et à la qualification des machines, on obtient les ingrédients qui pourraient complexifier la recette pour obtenir des pièces pour les industries verticales exigeantes susmentionnées.

Loin d'être pessimiste, Morris se concentre sur les informations dont nous disposons et sur la manière dont nous pouvons en tirer le meilleur parti pour nous développer :

– Étant donné que chaque technologie de FA métal a ses propres nuances et exigences de conception, il faut reconnaître qu'il est **très difficile d'être un expert du jour au lendemain dans l'une d'entre elles**, sans parler des multiples types

d'impression 3D métal. Il souligne donc que les connaissances sur la meilleure façon de concevoir une pièce en tenant compte d'une technologie particulière peuvent ne pas être aussi efficaces qu'elles pourraient l'être jusqu'à ce que l'expérience soit acquise ou que des outils supplémentaires soient disponibles pour aider les ingénieurs et les concepteurs à créer de façon plus «automatisée» une pièce qui sera bien imprimée et qui réalisera la plupart des objectifs qu'ils se sont fixés.

– **Soyez attentifs aux matériaux et procédés prometteurs.** Leurs progrès peuvent être lents, mais les technologies et les processus sont en train d'être améliorés. Les technologies qui permettent de produire efficacement des pièces plus grandes avec des alliages

tels que l'Inconel, le cuivre et l'acier inoxydable gagnent du terrain. Parmi elles, le dépôt d'énergie dirigée (DED), la soudure par friction-malaxage (MELD) et d'autres utilisant des méthodes émergentes et nouvelles de dépôt et de consolidation des matériaux métalliques seront en demande pour leur rapidité et leur capacité à fournir des propriétés mécaniques.

– Proposer des solutions spécifiques à l'industrie et à l'application. Pour Morris, des méthodes plus efficaces de production de pièces additives (coût), des délais plus courts, une qualité et des propriétés de matériaux démontrées et éprouvées jouent tous un rôle important dans la rapidité et l'ampleur de l'adoption de

l'impression 3D métal dans un secteur, une entreprise ou une application.

La fusion de Vertex et PrinterPrezz

Si Vertex est reconnue pour la production de pièces pour des industries telles que l'espace, la défense et l'aérospatiale, PrinterPrezz a pour mission de fournir un service similaire aux industries médicales et de soins de santé. Nous avons toujours

été intrigués par cette fusion, car chacune de ces entreprises opère dans des domaines d'activité distincts.

Ce à quoi Morris répond : « Lorsque les discussions sur la fusion ont commencé, Vertex était un fournisseur de PrinterPrezz, proposant des services de post-usinage et de traitement des implants en titane fabriqués par PrinterPrezz. La synergie consistait à combiner le savoir-faire et les antécédents

de Vertex en matière d'impression 3D métal, ainsi que les capacités et le savoir-faire en matière de post-traitement de ces pièces imprimées en 3D, avec le désir de PrinterPrezz d'intégrer verticalement toutes ces capacités. Même si Vertex se concentre davantage sur les pièces de type aérospatial, spatial et de défense, la capacité à croiser les apprentissages et le savoir-faire de ces industries disparates a été considérée comme un atout. »



Un modèle anatomique imprimé en 3D par PrinterPrezz. Source : Zeda.

En ce qui concerne les différences qui les distinguent dans l'utilisation des technologies de FA, il ajoute :

« PrinterPrezz s'est concentré sur l'impression pour les applications médicales, qu'il s'agisse d'implants ou d'instruments. Pour cette raison, elle travaillait presque exclusivement avec du titane et des alliages inoxydables. Elle a également mis en place des étapes de post-construction très spécifiques pour travailler avec ce type de petites pièces spécifiques à l'industrie. Vertex, quant à elle, était plus généraliste et se concentrait sur l'aérospatiale, l'espace et la défense. À cette fin, Vertex travaillait avec des alliages similaires à ceux de PrinterPrezz, mais produisait également des pièces dans des alliages plus spécifiques à d'autres industries qui souhaitaient des matériaux à base de nickel ou d'autres types de matériaux similaires. Les étapes postérieures à la construction de Vertex ont également consisté à élargir l'éventail de ses capacités, simplement en raison des besoins accrus de ces différents types de clients. En fin de compte, nous constatons qu'il y a plus de synergies que de différences entre les différents secteurs d'activité. »

Afin de promouvoir l'utilisation des technologies de FA sur les marchés de l'aérospatiale, de

l'espace et de la défense, Zeda, la société qui regroupe les activités de Vertex et PrinterPrezz à ce jour, se concentrera sur la **production de pièces avec des alliages tels que l'Inconel 718, le cuivre avec GrCop42, l'acier inoxydable tel que 17-4 et 316 et l'aluminium.**

Pour marquer sa volonté de continuer à se concentrer sur les différents secteurs qui étaient au cœur des activités de Vertex et PrinterPrezz, Zeda disposera d'une division entière appelée **Zeda Health** qui sera bientôt basée à Reno, au Nevada, tandis que l'autre partie de l'entreprise sera Zeda Technologies, basée à Cincinnati.

« Ces deux entités relèvent de Zeda Inc. Comme l'environnement général du capital-risque et des investissements privés continue de s'améliorer, je pense que Zeda aura la possibilité d'attirer le montant approprié de capitaux pour poursuivre sa croissance sur tous ces marchés », conclut Morris.

Clause de non-responsabilité : Cet entretien a été réalisé dans le cadre d'un partenariat médiatique avec [AMUG](#).

Événements de l'industrie

2024



Vous pouvez récupérer votre exemplaire imprimé de notre magazine lors des événements de la fabrication additive qui se tiendront durant l'année 2023

ALLEMAGNE	USA
<p>FORMNEXT 19-22 NOVEMBRE 2024 FRANCFORT www.formnext.com</p>	<p>MIM 2024 26-28 FEVRIER, 2024 RALEIGH, NC www.mim2024.org</p>
<p>HANNOVER MESSE 22-26 AVRIL 2024 HANOVRÉ www.hannovermesse.de</p>	<p>AMUG 10-14 MARS, 2024 CHICAGO, IL www.amug.com</p>
<p>DIGITAL TWIN & SMART MANUFACTURING SUMMIT DU FEVRIER 21 2024 AU FEVRIER 22, 2024 TITANIC GENDARMENMARKT BERLIN digitaltwintechsummit.com</p>	<p>RAPID + TCT DU 25 JUIN 2024 AU 27 JUIN 2024 LOS ANGELES CONVENTION CENTER, LOS ANGELES, UNITED STATES www.rapid3devent.com</p>
<p>SPACE TECH EXPO EUROPE 14 - 16 NOVEMBRE 2024 BRÊME www.spacetechexpo-europe.com</p>	<p>SPACE TECH EXPO US 14-15 MAI, 2024 LONG BEACH, CA www.spacetechexpo.com</p>
ESPAGNE	SUÈDE
<p>ADDIT3D 2024 4-7 JUIN 2024</p>	<p>EURO PM2024 CONGRESS & EXHIBITION DU 29 SEPTEMBRE 2024 AU 02 OCTOBRE 2024 MalmöMässan Exhibition & Congress Center, Malmö, Suède europm2024.com</p>
<p>METAL MADRID 2024 20-21 NOVEMBRE 2024</p>	CANADA
<p>D'AUTRES ÉVÉNEMENTS SERONT AJOUTÉS PLUS TARD !</p>	<p>FABTECH CANADA 2024 11 JUIN 2024 AU 13 JUNE 2024 The Toronto Congress Centre (South Building), Toronto, United States canada.fabtechexpo.com</p>

Messe Frankfurt Group

formnext

19 – 22.11.2024

FRANKFURT / GERMANY

mesago

The hub for Additive Manufacturing

As the hub for Additive Manufacturing, Formnext is the international meeting point for industrial 3D Printing experts and production professionals from a wide range of application industries. With the trade show in Frankfurt as well as content throughout the year, Formnext bundles expertise and creates a unique experience focused on an intensive, professional exchange and access to the latest AM solutions.

Be part of Formnext and learn how you can be ahead of your competition thanks to Additive Manufacturing.

Where ideas take shape.

[formnext.com/
industryinsights](https://formnext.com/industryinsights)

Honorary sponsor



Working Group
Additive Manufacturing



solukon



For delicate structures

SFM-AT350-E

NEW

with piezoelectric excitation
in ultrasonic range

NEW

- self-regulating excitation
- avoiding harmful vibrations
- silent process
- minimized compressed air consumption

solukon.de