

**additive**

FABRICATION

FABRICATION

**additive**

**3D ADEPT MAG**

**IMPRESSION 3D**

**DOSSIER : L'IMPORTANCE  
DES LASERS DANS IMPRIMANTES 3D**

N°3 - Vol 7 / Mai - Juin 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](mailto:contact@3dadept.com)

## Fabrication Additive / Impression 3D

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



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

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

## SOMMAIRE

**Editorial** .....04

**Dossiers**.....05

- L'IMPORTANCE DES LASERS POUR LES IMPRIMANTES 3D  
 - L'IMPÉRATIF DE CYBERSÉCURITÉ DANS LA FABRICATION ADDITIVE

**Logiciels** .....15

- APERÇU DES PRINCIPAUX FORMATS DE FICHIERS D'IMPRESSION 3D

**Chronique de l'invité| Matériaux** .....21

- ADDITIVE MANUFACTURING SOLUTIONS LTD. CREE UN APPROVISIONNEMENT DURABLE ET SUR POUR LE TITANE

**Interview du Mois** .....23

- COMMENT LA FABRICATION ADDITIVE ET L'USINAGE (CNC) SONT LIÉES

**Business** .....25

- QUAND LA THÉORIE RENCONTRE LA PRATIQUE: DÉFIS JURIDIQUES DE LA FABRICATION ADDITIVE DANS LE MARCHÉ DE L'APRÈS-VENTE

**Focus** .....29

- LA TECHNOLOGIE LSAM DE THERMWOOD: QUELS SONT LES FACTEURS CLÉS DE SUCCÈS ?

**Espace Startup** .....33

- FOUNDRY LAB: «MAMAN AVAIT TORT. IL FAUT METTRE DU MÉTAL DANS LE MICRO-ONDES, ÇA N'EXPLOSER PAS ! »



## Améliorer la Fabrication Additive avec les technologies existantes

Avez-vous déjà réalisé que parfois (ou la plupart du temps), certaines personnes recherchent des changements radicaux ou de nouveaux départs, pensant que seule la nouveauté peut apporter l'épanouissement et le succès ? Pourtant, une expérience personnelle m'a récemment fait comprendre que la véritable croissance et l'amélioration résident souvent dans le raffinement et l'optimisation des aspects de notre vie que nous possédons déjà. Pensez-y une seconde : renforcer les compétences existantes, soigner les relations actuelles et apporter des améliorations progressives à nos habitudes quotidiennes peuvent tous conduire à des changements positifs profonds et durables.

Inconsciemment, nous appliquons souvent ce concept au monde de la fabrication additive, un monde où l'attrait des nouvelles technologies éclipse ce qui existe déjà. L'objectif ultime étant d'aider les utilisateurs de la Fabrication Additive à affiner et à améliorer leurs processus actuels, nous avons évalué dans ce numéro les fondements des efforts précédents (entendez « technologies ») et déterminé les points forts qui pourraient être exploités pour produire de meilleures pièces imprimées en 3D.

« L'importance des lasers pour les machines de FA », « Les différentes façons dont la FA se connecte à l'usinage (CNC) », « L'impératif de cybersécurité dans la fabrication additive » et « Maman avait tort. Il faut mettre du métal dans le micro-ondes, ça n'explosera pas ! » ne sont que quelques exemples de sujets abordés dans ce numéro, qui attestent de la validité de ce principe.



**Kety SINDZE**

Editrice-en chef chez 3D ADEPT Media

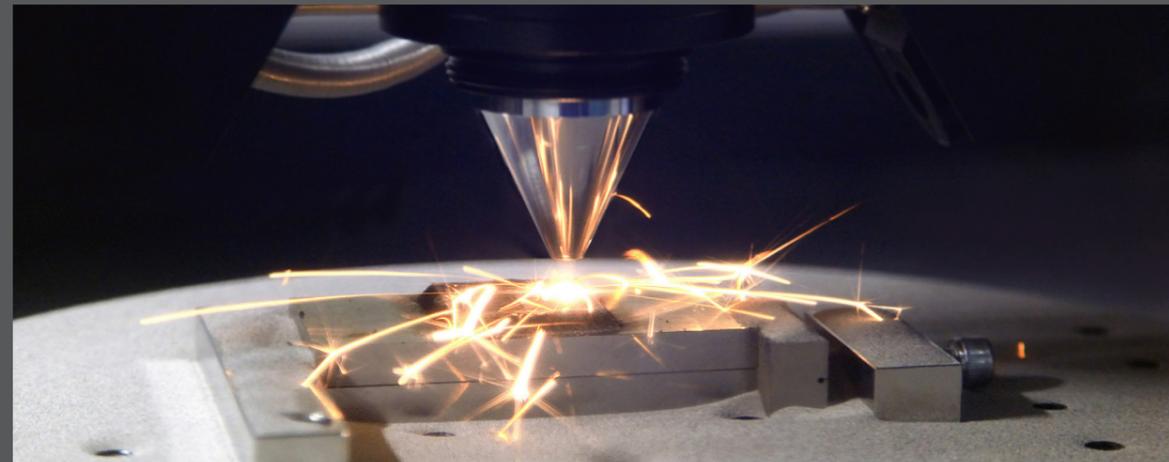
✉ KETYS@3DADEPT.COM

EDITORIAL

## DOSSIER

### L'importance des lasers pour les imprimantes 3D

Reconnus comme l'une des sources d'énergie les plus efficaces, les lasers jouent un rôle crucial dans différents domaines et la fabrication additive ne fait pas exception à la règle. Si, pour de nombreux utilisateurs, les lasers sont directement associés à une plus grande vitesse, la clé de la qualité des produits et de l'augmentation de la productivité dans la fabrication réside souvent dans le type de lasers dont l'imprimante 3D est équipée. Il est intéressant de noter que les différents procédés de fabrication additive (FA) nécessitent différents types de lasers. L'article ci-dessous vise à mettre en lumière les paramètres laser importants pour la FA et à souligner les considérations spécifiques à prendre en compte pour sélectionner les lasers idéaux pour son équipement de FA.



Comme vous le savez peut-être, un faisceau laser peut délivrer une grande quantité d'énergie dans une zone focale à micro-échelle, ce qui permet d'atteindre un haut degré de précision et de rapidité pour une large gamme de matériaux.

Avant de se pencher sur les lasers les plus utilisés dans les équipements de FA, il est important de rappeler qu'un laser est généralement constitué d'un **milieu de gain, d'une source d'énergie de pompage et d'un résonateur optique**. Le milieu à gain à l'intérieur du résonateur optique amplifie le faisceau lumineux par émission stimulée, en utilisant l'énergie externe fournie par une source de pompage. Le milieu à gain utilisé est donc très important car il permet de classer facilement les lasers en trois catégories : **les lasers à gaz, les lasers à l'état solide et les lasers à fibre**.

Cela dit, le laser CO<sub>2</sub>, le **laser Nd:YAG**, le **laser à fibre Yb** et le **laser excimer** sont souvent cités comme les principaux lasers utilisés dans l'industrie de la FA en raison de leur utilisation répandue dans des procédés de FA spécifiques et d'autres procédés de fabrication de précision.

Pour ceux qui ne connaissent pas encore ce domaine, il convient de noter que le laser CO<sub>2</sub> est l'un des premiers lasers à gaz à avoir été développé dans l'industrie. Dans les lasers CO<sub>2</sub>, le milieu à gain à l'état gazeux remplit le tube de décharge et est pompé électriquement par un courant continu ou alternatif pour obtenir l'inversion de population nécessaire à l'émission de lumière.

Les **lasers Nd:YAG** (laser à grenat d'aluminium et d'yttrium dopé au néodyme ; **laser Nd3+:Y3Al5O12**) sont un type de laser à l'état solide utilisant des cristaux

Nd:YAG en forme de bâtonnets comme milieu de gain solide.

Un laser à fibre est un type de laser dont le milieu de gain actif est une fibre optique dopée avec des éléments de terres rares, tandis que les lasers à excimère utilisent des « excimères » comme milieu de gain et sont pompés par une décharge électrique pulsée pour produire des impulsions de l'ordre de la nanoseconde dans la région ultraviolette (UV).

« Les lasers CO<sub>2</sub> étaient utilisés à la fois pour les métaux et les polymères, mais ils n'étaient pas assez puissants pour faire fondre et fusionner correctement les métaux. Les lasers sont également disponibles en différents niveaux de puissance, qui peuvent être augmentés ou réduits en fonction des paramètres choisis pour un matériau donné ou une caractéristique d'impression souhaitée. Toutefois, la puissance prévue ne peut être dépassée. Par exemple, un laser de 500W ne fonctionnera que jusqu'à 500W », souligne **Alex Kingsbury**, Market Development Manager - Additive Manufacturing chez nLIGHT.



Crédit : Novanta. Lasers de la série ti. Puissance moyenne comprise entre 60 et 100 W. Lasers CO<sub>2</sub> très couramment utilisés dans l'impression 3D.

Jusqu'à présent, nous avons constaté que les imprimantes 3D basées sur la stéréolithographie (SLA), le frittage sélectif par laser (SLS), le dépôt d'énergie dirigé et la fusion sélective par laser (SLM) peuvent toutes être équipées de lasers spécifiques.

Michael Rath, représentant des ventes internes chez Novanta, explique les différences dans l'utilisation des lasers dans ces imprimantes 3D :

« Les lasers utilisés dans les machines de fabrication additive par laser sont principalement définies par l'interaction laser-matériau du matériau d'impression de base. La longueur d'onde centrale du laser doit s'aligner sur le spectre d'absorption du matériau d'impression 3D. Les lasers UV (environ 355 nm) sont nécessaires pour les machines qui utilisent des résines photopolymères, les lasers CO2 (environ 10 µm) sont nécessaires pour les machines SLS qui utilisent des poudres polymères, et les lasers IR (environ 1 µm) sont nécessaires pour les machines SLM qui utilisent des poudres métalliques.

Les machines à résine photo-polymère utilisent généralement des lasers UV à semi-conducteurs à triple fréquence d'une puissance de sortie de 500 mW à 1,5 W. Les machines à lit de poudre polymère utilisent généralement des lasers CO2 à tubes métalliques fermés et excités par radiofréquence, optimisés pour une émission en ondes entretenues d'une puissance de sortie de 30 W à 150 W. Les machines à lit de poudre métallique utilisent des lasers à fibre YB monomodes et annulaires d'une puissance de sortie de 200 W à 3000 W. »

Quels sont donc les critères essentiels pour le choix des lasers ?

« La longueur d'onde centrale du laser est le critère le plus [important] pour la sélection d'un laser. Comme



Le laser à fibre programmable de haute puissance de nLIGHT peut passer d'un faisceau monomode à d'autres profils de faisceau sans utiliser d'optique en espace libre (avec l'autorisation de nLIGHT, Inc.)

décrit ci-dessus, la longueur d'onde centrale du laser doit s'aligner sur le spectre d'absorption du matériau d'impression 3D. Outre l'optimisation de la longueur d'onde, les lasers sont qualifiés sur la base de plusieurs caractéristiques de performance, notamment la stabilité de la puissance, la stabilité de la divergence, la stabilité de la longueur d'onde, la puissance de sortie et la qualité du faisceau (M<sup>2</sup>). La stabilité d'impulsion à impulsion pour les lasers pulsés ou la stabilité de la puissance moyenne pour les lasers à ondes entretenues affecte directement la largeur du matériau imprimé, et donc la qualité de la pièce à fabriquer. La stabilité de la divergence et la stabilité de la longueur d'onde peuvent avoir un impact similaire. La puissance de sortie du laser détermine généralement la vitesse d'impression et le débit. La longueur d'onde, la qualité du faisceau (généralement exprimée en M<sup>2</sup>) et le choix de la tête de numérisation affecteront la taille du foyer du faisceau et définiront donc la taille minimale de la pièce imprimée », déclare d'emblée Rath.

Sur la base de ces critères, il est possible d'identifier les spécifications des lasers souvent intégrés dans les machines de FA :

Laser	CO2 laser	Nd:YAG laser	Yb-fiber laser	Excimer laser
Application	SLA, SLM, SLS, LENS	SLM, SLS, LENS	SLM, SLS, LENS	SLA
Longueur d'onde de fonctionnement	9.4 & 10.6 µm	1.06 µm	1.07 µm	193, 248, and 308 nm
Puissance de sortie (CW)	Jusqu'à 20 kW	Jusqu'à 16 kW	Jusqu'à 10 kW	Puissance Moyenne de 300 W
Source de la pompe	Décharge électrique	Diode laser flashlampor	Diode laser	Recombinaison de l'excimère par décharge électrique
Mode de l'opération	CW & Impulsion	CW & Impulsion	CW & Impulsion	Impulsion
Durée de l'impulsion	"Hundreds ns-tens µs"	"Few ns – tens ms"	"Few ns – tens ms"	Tens ns
Facteur de qualité du faisceau (mm-mrad)	3 - 5	0.4 - 20	0.3 - 4	160 x 20 (Vertical x Horizontal)

\*Veuillez noter que ces spécifications peuvent varier légèrement d'un fournisseur à l'autre. [Source](#) : Lasers in AM : A review.

Si toutes ces spécifications vous semblent excessives, nous vous recommandons de garder à l'esprit les conseils de Kingsbury pour évaluer un bon laser :

« Pour commencer, il existe quelques paramètres de qualité simples que vous pouvez vérifier pour évaluer rapidement la qualité d'un laser. Le premier est le produit des paramètres du faisceau (BPP = beam parameter product). Le BPP vous donne des informations sur la capacité d'un faisceau à être focalisé sur une petite taille de spot. Ceci est important pour la FA car la taille du spot laser déterminera la largeur du bain de fusion.

Une autre bonne mesure de la qualité du faisceau pour

les faisceaux de forme gaussienne, c'est-à-dire la plupart des faisceaux laser utilisés dans la fabrication additive, est la **valeur M2**. Plus le chiffre est bas et proche de 1, meilleure est la qualité du faisceau et plus vous pouvez le contrôler.

Un équipementier qui construit des imprimantes 3D prendra également en compte d'autres facteurs liés au laser, tels que la quantité d'« overhead », c'est-à-dire la puissance de réserve, intégrée dans le laser.

Comme nous nous dirigeons de plus en plus vers des systèmes multi-laser, nous devons également tenir compte du degré de synchronisation de ces lasers. »

## L'impact des lasers sur le coût des imprimantes 3D

Même si l'accent a été mis sur les imprimantes 3D dans cet article, il convient de noter qu'en FA, il est possible d'utiliser des lasers CO2 pour polir les surfaces des pièces en polymère imprimées en 3D et les rendre plus lisses. Selon l'équipe d'experts de Novanta, il s'agit d'une procédure courante lors de l'impression de semelles de chaussures personnalisées.

Par ailleurs, ce n'est un secret pour personne que l'une des limitations qui ralentissent l'achat d'imprimantes 3D industrielles (en particulier les imprimantes 3D métal) est le coût élevé qu'il faut investir dans ces machines. Pour réduire ces coûts, plusieurs OEM sur le marché (comme [ONE Click Metal](#)) qui se targuent de fournir des imprimantes 3D métal abordables, concentrent le développement de leur machine sur l'une des parties les plus chères : les lasers.

Il est donc important de garder à l'esprit que même le prix de ces lasers varie d'une catégorie à l'autre.

Selon l'équipe d'experts de Novanta, « le type de laser (CO2 ou fibre) et la puissance de sortie auront un impact sur le coût total de l'imprimante. Par exemple, pour les lasers à fibre, il existe environ trois catégories :

1. Les lasers à fibre monomode à onde continue peu coûteux et refroidis par air, d'une puissance maximale de 500 watts.
2. Les lasers à fibre monomode à onde continue refroidis à l'eau, d'un coût moyen et d'une puissance supérieure à 500 watts.
3. Lasers à mode annulaire à onde continue refroidis à l'eau et d'un coût élevé.

Pour les lasers à CO2, il existe des catégories similaires :

1. Lasers CO2 à tube de verre bon marché d'une puissance de sortie inférieure à 100 W
2. Lasers CO2 scellés RF à prix moyen d'une puissance de sortie inférieure à 100 W

## Notes de la rédaction

Pour discuter de ce sujet, nous avons invité deux entreprises possédant une expertise clé dans le domaine des technologies laser.

**nLIGHT** est une société fondée en 2000 qui développe, conçoit et produit des technologies et des produits laser. Elle fournit à l'industrie de la FA des lasers à fibre industriels de haute puissance pour les systèmes L-PBF. Elle propose des lasers « standard » de forme gaussienne d'une puissance de 500 W à 1 kW, ainsi que des lasers « façonnés », les AFX, d'une puissance de 1 kW à 1,5 kW. Les lasers peuvent être mis en forme par l'intermédiaire de l'optique en espace libre, mais l'AFX est mis en forme dans la fibre, ce qui est unique à nLIGHT. La mise en forme du faisceau dans la fibre permet un contrôle précis du faisceau, et donc du bain de fusion. L'AFX dispose de six formes différentes de faisceau annulaire qui peuvent être sélectionnées, et chacune peut être plus appropriée que l'autre en fonction du matériau, de la géométrie et de la microstructure souhaitée. Selon le responsable du développement des marchés - AM de la société, grâce à une meilleure compréhension du lit de puissance, l'industrie de la FA des métaux a pu évoluer avec succès vers des puissances de laser de plus en plus élevées. La norme actuelle est de 1 kW. Toutefois, au-delà de 1 kW, le bain de fusion devient instable, ce qui entraîne une porosité excessive et des pièces de mauvaise qualité. Les lasers annulaires sont la seule forme de laser qui permet d'appliquer des puissances plus élevées au lit de poudre tout en conservant un bain de fusion stable. En outre, la largeur du bain de fusion peut atteindre 300 microns, ce qui permet d'atteindre de nouveaux niveaux de productivité dans les machines de FA des métaux.

Grâce à sa marque Synrad, **Novanta** propose des lasers CO2 haute performance de 10 W à plus de 200 W pour les machines d'impression 3D SLS de polymères. Novanta offre également aux OEM et aux architectes de systèmes une large gamme de systèmes de livraison de faisceaux laser de haute précision et de composants d'orientation de faisceaux pour les applications SLA, SLS et SLM. FIREFLY3D est la nouvelle génération de tête de scan 3 axes de Novanta conçue pour les machines de fusion laser à base de poudre (LPBF) dans les applications de fabrication additive. Le FIREFLY3D est une solution fermée et compacte conçue pour augmenter les performances de la ligne de produits grâce à la capacité de la machine à têtes multiples qui peut atteindre jusqu'à 100% de chevauchement. La conception intègre des caractéristiques qui simplifient l'installation et le fonctionnement, notamment l'étalonnage automatisé du champ de balayage et des fonctions avancées telles que la surveillance précise du processus de fabrication additive.



Tête de numérisation Firefly 3D. Solution compacte conçue pour accroître les performances de la ligne de produits grâce à la capacité de la machine à têtes multiples qui peut atteindre un chevauchement de 100 %. Crédit : Novanta

3. Lasers CO2 RF-scillés à haut coût avec une puissance de sortie supérieure à 100 W ».

À cela, l'expert de nLIGHT répond que « les lasers, ou le "moteur de lumière", c'est-à-dire l'ensemble du train optique, y compris le scanner, constituent le cœur même d'une imprimante 3D, et le moteur de lumière représente généralement une part raisonnable de la facture totale des matériaux d'une imprimante 3D. Les lasers CO2, comme mentionné ci-dessus, sont moins chers que les lasers à fibre, donc dans les cas où ils fonctionnent bien, c'est-à-dire pour les systèmes polymères, ils sont le laser de choix ». Toutefois, le choix du scanner est toujours possible.

Les techniques de fabrication additive faisant appel aux lasers sont utilisées dans plusieurs secteurs, notamment l'électronique, le médical, l'automobile et l'aérospatiale. Avec le besoin croissant d'applications industrielles, les lasers continueront à jouer un rôle crucial dans la poursuite des performances visées. Leur choix doit donc toujours tenir compte de leurs principes de fonctionnement, de leurs configurations optiques et de l'analyse comparative de leurs avantages et limites respectifs.

# Hybrid production thanks to preform technology



Maximize efficiency and save on material costs by printing directly on preform blanks, with precise geometry placement using our HMI and perfect alignment ensured by our advanced powder bed camera. Choose from sustainable reprocessing or high-volume series production to achieve high-quality results every time.



# OUR HIGHLIGHTS



SFM-AT350-E

With ultrasonic excitation

DFT

Carbon Footprint tracking

SPR-Pathfinder®

New features + **DISCOUNT OFFER %**

SFM-AT350/-E

With extended dimensions for EOS M 400 and Nikon SLM 500

up to 100 kg

400 x 400 x 400 mm

500 x 280 x 400 mm



» ON DISPLAY  
SFM-AT1000-S + SFM-AT350-E

rapid + tct  
June 25 - 27, 2024

» Booth  
2161



## LOGICIELS : L'IMPÉRATIF DE CYBERSÉCURITÉ DANS LA FABRICATION ADDITIVE

En raison de sa forte dépendance à l'égard des fichiers de données numériques et de la connectivité, la fabrication additive est par nature exposée à des risques de sécurité importants, allant des dysfonctionnements des produits au vol de propriété intellectuelle et au risque de marque, ainsi qu'à d'autres nouvelles menaces auxquelles les utilisateurs de processus de fabrication conventionnels ne sont généralement pas confrontés. Si la reconnaissance de cette réalité est un impératif pour les entreprises, il existe encore un fossé entre l'évaluation de l'impact potentiel des problèmes de cybersécurité spécifiques à la FA et les mesures à prendre pour y remédier.

L'année dernière, les analystes de Gartner ont prévu que 43 milliards d'appareils connectés à l'Internet des Objets (IdO) seraient utilisés dans le monde. Selon l'analyste indépendant Jannik Lindner, 47 % des fabricants de l'industrie manufacturière ont subi des cyberattaques sur leurs appareils de l'Internet industriel des objets (IIoT). S'agissant plus particulièrement de l'industrie de la FA, Lindner poursuit : environ « 54% des fabricants à travers le monde ne surveillent pas leurs systèmes pour détecter tout comportement suspect. » Pourtant, « 60 % des fabricants ont déclaré avoir subi une cyberattaque perturbatrice au cours des 24 derniers mois ».

Je suis convaincue que si ces statistiques du secteur de la fabrication additive sont alarmantes, c'est probablement parce que les entreprises qui déploient des technologies de fabrication additive considèrent que s'attaquer à ce problème est une tâche insurmontable.

### Différents scénarios dans lesquels des problèmes de cybersécurité spécifiques à la FA peuvent survenir

L'un des problèmes de cybersécurité les plus souvent évoqués dans le domaine de la fabrication additive est celui des fichiers de conception qui peuvent être volés. D'autres problèmes de cybersécurité spécifiques à la FA sont liés au fait que les fichiers de conception peuvent être modifiés pour créer des défauts dans les pièces, que la trajectoire de l'outil peut être modifiée pour déposer des matériaux de manière incorrecte, que des pièces ou des objets dangereux ou illégaux peuvent être imprimés, que des jumeaux numériques ou des fils numériques peuvent être piratés, compromettant ainsi la maintenance ou le contrôle de la qualité.

**Mark Yampolskiy**, professeur associé d'informatique et de

génie logiciel à l'[université d'Auburn](#), résume ces menaces en trois grandes catégories.

« La première est le **vol de données techniques** (TDT = **Technical Data Theft**), dont on parle généralement dans le contexte de la protection de la propriété intellectuelle (PI). Cependant, toutes les données dont le défenseur voudrait empêcher la perte ne sont pas ou ne peuvent pas être protégées en tant que propriété intellectuelle. En outre, il existe des types de données qu'un défenseur peut considérer comme négligeables, mais qui peuvent faire avancer les objectifs de l'attaquant.

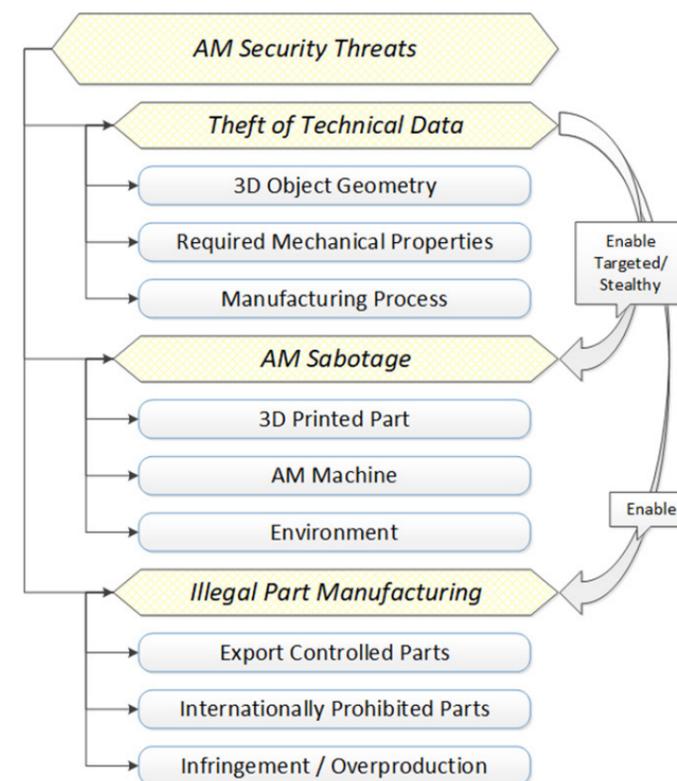
Le second est le **sabotage**, qui est parfois abordé dans le contexte de la violation de l'intégrité. Cependant, toutes les violations de l'intégrité ne conduisent pas au sabotage, et il existe des moyens de réaliser le sabotage sans violer l'intégrité classique des éléments cybernétiques, tels que les conceptions numériques. Dans la FA, le sabotage peut être dirigé immédiatement contre la pièce fabriquée ou la machine. Cependant, indirectement et surtout, il peut affecter le système dans lequel cette pièce est intégrée, ou l'environnement de la machine de FA.

La troisième menace est **l'utilisation de la FA pour la fabrication illégale ou non autorisée de pièces (Illegal or Unauthorised Part Manufacturing = IPM)**. Il s'agit d'une menace distincte des deux premières, car les machines de FA n'empêchent pas la fabrication de tout ce qui est physiquement possible. Il s'agit donc plutôt d'un problème juridique pour lequel une solution technique est recherchée.

Enfin, la sécurité de la fabrication additive étant une discipline encore jeune, il est probable que de nouvelles menaces apparaîtront. Par exemple, nous avons récemment découvert qu'il était possible d'intégrer des informations

supplémentaires dans le fichier de conception STL sans affecter la conception ou la pièce imprimée (en utilisant ce que l'on appelle des « canaux stéganographiques »). Cette menace ne vise pas la FA, mais l'utilise plutôt comme un « accessoire » pour poursuivre d'autres attaques.

Il existe également des « relations symbiotiques » entre les menaces. Par exemple, le vol de données techniques peut être le précurseur d'une attaque de sabotage ciblée (par exemple, pour concevoir un défaut pour une pièce spécifique qui dégradera ses caractéristiques fonctionnelles à un certain degré) ou d'une fabrication illégale ou non autorisée de pièces (par exemple, pour contrefaire des pièces en utilisant un modèle volé). Les canaux stéganographiques du STL (et probablement d'autres formats de fichiers numériques utilisés en FA) peuvent être utilisés pour exfiltrer les données volées en « piggybackant » des fichiers de conception d'apparence inoffensive envoyés à l'extérieur d'une entreprise ou d'une organisation ».



Credit: Mark Yampolskiy

Parmi les conséquences potentielles, on peut citer la fraude financière, l'atteinte à la réputation ou le vol de propriété intellectuelle, l'interruption des activités, la destruction d'infrastructures critiques, les menaces pour la sécurité ou même les infractions aux réglementations.

### Alors, comment cartographier ces risques de cybersécurité tout au long du cycle de vie de FA ?

Comme nous l'avons vu plus haut, les menaces de cybersécurité peuvent se manifester à différents niveaux. Il est donc essentiel de comprendre comment les données sont transmises et traitées – et comment les informations sont communiquées tout au long du processus de FA, depuis la conception, la construction et le contrôle de l'assurance qualité jusqu'aux essais, à la livraison et à la distribution. Comprendre ce processus revient à établir le **fil numérique propre à votre organisation** et, surtout, à identifier la **partie prenante qui pourrait être la plus touchée**.

Cette partie prenante peut être le fabricant d'équipements de FA, le concepteur de pièces en 3D, le fournisseur de matériaux

ou le client final.

Définir la partie prenante la plus touchée par une menace de sécurité dans un processus de fabrication additive « dépend de la menace dont il est question », souligne **M. Yampolskiy** avant d'ajouter : « Les fabricants d'équipements d'origine (OEM) et les concepteurs de pièces en 3D sont probablement les plus touchés par le vol de données techniques. Leurs préoccupations peuvent toutefois être différentes. Les fabricants d'équipements d'origine se préoccupent probablement surtout de leur « sauce secrète », telle que la stratégie de numérisation et les paramètres de traitement pour un matériau spécifique. Les concepteurs de pièces en 3D sont probablement plus préoccupés par le vol et la contrefaçon de leur conception.

Les clients finaux sont plus concernés si l'on parle de sabotage de pièces. Cela dit, une attaque contre le fournisseur de matériaux peut être utilisée pour saboter la matière première afin de saboter les pièces fabriquées avec elle – un équivalent physique de ce que l'on appelle en cybersécurité une « attaque de la chaîne d'approvisionnement ».

### Quelles sont les mesures à prendre pour faire face aux menaces de cybersécurité liées à la FA ?

Tout d'abord, il est essentiel de garder à l'esprit que la cybersécurité n'est pas l'apanage du département informatique. Par conséquent, tous les membres de l'organisation doivent être conscients des risques et veiller à ce que les précautions de base soient prises pour donner la priorité à la sécurité.

S'il n'est pas possible de relever tous les défis de sécurité en même temps, définir l'obstacle le plus important peut s'avérer « un choix difficile car les différentes parties prenantes peuvent être plus ou moins exposées à des menaces différentes. Et cela peut changer avec le temps. Il y a deux ans à peine, je répondais à cette question en pointant du doigt le vol de données techniques. Toutefois, compte tenu de l'instabilité mondiale actuelle et du retour de la concurrence entre grandes puissances, je dirais que le sabotage devrait être notre principale préoccupation, du moins pour le moment », souligne le professeur associé.

Cela dit, il n'est jamais inutile de procéder d'abord à une évaluation approfondie des risques afin d'identifier les risques les plus pertinents dans le cadre d'un scénario de FA spécifique. Cela pourrait également aider à identifier les menaces supplémentaires potentielles qui pourraient entrer en jeu en ce qui concerne les applications de FA.

On peut également évaluer si les leçons tirées de cyber-attaques bien connues peuvent être appliquées à la FA. Selon un rapport de Deloitte sur « [3D opportunity and cyber risk management](#) », la stratégie « **test once, satisfy many** » peut permettre aux organisations d'examiner les réglementations applicables dans la même veine afin d'éviter la duplication des efforts, en particulier lorsqu'elle est utilisée de concert avec des approches de conception qui intègrent la sécurité directement dans la conception des produits. Elles peuvent ensuite créer un cadre complet de gestion des risques pour évaluer leur environnement réglementaire afin de répondre au mieux à leur empreinte spécifique en matière de cybersécurité. Étant donné que les processus de fabrication additive comprennent à la fois des composants numériques et physiques, une combinaison de stratégies axées à la fois sur les systèmes informatiques et les objets physiques peut

constituer l'approche initiale la plus complète.

En outre, étant donné que la chaîne du processus de fabrication commence par la conception et qu'il s'agit souvent du premier risque de cybersécurité pris en compte, une partie des précautions de base peut consister à protéger la conception dès le départ. **Moti Yung** (Google LLC, Columbia University), **Nikhil Gupta** (New York University) et **Hammond Pearce** (University of New South Wales), M. Yampolskiy a mis au point une « solution permettant d'intégrer un filigrane numérique robuste dans les fichiers de conception STL ».

Une autre étape pourrait consister à assurer la protection du processus d'impression. Les solutions de sécurité qui peuvent être mises en œuvre dépendent de nombreux facteurs, notamment du type de technologies de FA utilisées, ou même des normes que l'on peut se permettre de payer. Par exemple, les imprimantes Velo3D peuvent être configurées pour répondre aux exigences de sécurité rigoureuses du ministère de la défense des États-Unis (DoD). Pour ce faire, leurs utilisateurs doivent se conformer aux guides de mise en œuvre technique de la sécurité (STIG) élaborés par l'Agence des systèmes d'information de la défense (DISA). Selon l'équipementier Velo3D, « dans le domaine de la FA des métaux, l'application des STIG est particulièrement cruciale en raison des défis uniques et des vulnérabilités inhérentes à ce domaine. La technologie implique des processus complexes qui intègrent des conceptions numériques, des matériaux avancés et une ingénierie de précision. Chacun de ces éléments présente des risques de sécurité spécifiques que les STIG sont conçus pour atténuer. Par exemple, les fichiers de conception numérique utilisés dans la FA des métaux sont très sensibles. S'ils sont compromis, ils peuvent conduire à un vol important de la propriété intellectuelle et à des menaces pour la sécurité nationale. Les STIG fournissent des lignes directrices complètes pour sécuriser ces actifs numériques, en veillant à ce qu'ils soient stockés, transmis et consultés d'une manière qui minimise le risque d'accès non autorisé ou de falsification ».

D'autres pratiques sont observées dans le domaine du suivi et de la traçabilité. Elles comprennent l'utilisation d'étiquettes **RFID** pour suivre les produits fabriqués de manière additive tout au long de la chaîne d'approvisionnement. À propos d'une solution non invasive qui pourrait être utilisée pour détecter les attaques de sabotage, M. Yampolskiy explique qu'ils « utilisent ce que l'on appelle les "canaux latéraux", en se concentrant sur les canaux latéraux d'alimentation des actionneurs individuels. Cette approche présente plusieurs avantages par rapport aux solutions de cybersécurité pure. Pour n'en citer qu'un, cette approche permet de séparer le système de surveillance de l'imprimante 3D surveillée, ce qui accroît considérablement la difficulté de les compromettre simultanément. Le projet d'adoption de cette approche pour le procédé PBF est financé par le NIST. »

#### Conclusion?

L'amélioration de la cyberprotection donnera aux fabricants et à leurs clients la confiance nécessaire pour essayer de nouvelles pratiques et de nouveaux modèles commerciaux qu'ils ne peuvent pas envisager aujourd'hui. Le potentiel de nouvelles opportunités soutenues par la cybersécurité attirera des entreprises innovantes ayant une expertise en cybersécurité pour fournir des solutions aux utilisateurs de la fabrication additive et aux fournisseurs de technologies de fabrication additive. Même si nous sommes impatients de partager des solutions de cybersécurité appliquées à des modèles commerciaux tels que la fabrication à distance et/ou la production de pièces détachées à la demande, il convient de garder à l'esprit que les menaces de cybersécurité sont en fin de compte le moteur du changement et de la croissance - en particulier lorsqu'elles sont abordées de manière créative.



## ENCORE PLUS DE DOSSIERS

A travers chaque dossier, nous fournissons une analyse approfondie des questions qui sont au cœur de l'industrie de la fabrication additive (FA).

Pour ce faire, nous collaborons avec des spécialistes de l'industrie afin de produire un contenu qui vise à démystifier les complexités entourant les technologies de fabrication additive (FA) et à relever les défis auxquels sont confrontées les industries verticales qui adoptent ces technologies :

- ✓ Adoption de l'impression 3D
- ✓ Recherche et développement
- ✓ Réglementation
- ✓ Fabrication additive métal
- ✓ Post-traitement pour la FA
- ✓ Matériaux pour la FA / l'impression 3D
- ✓ Logiciels pour la FA
- ✓ Voix de l'industrie



WWW.3DADEPT.COM

## Additive Talks



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](mailto:info@additive-talks.com) and ask for our sponsorship deals.

# We talk additive



- » Bimonthly sessions
- » Key topics in AM and 3D printing
- » Expert speakers

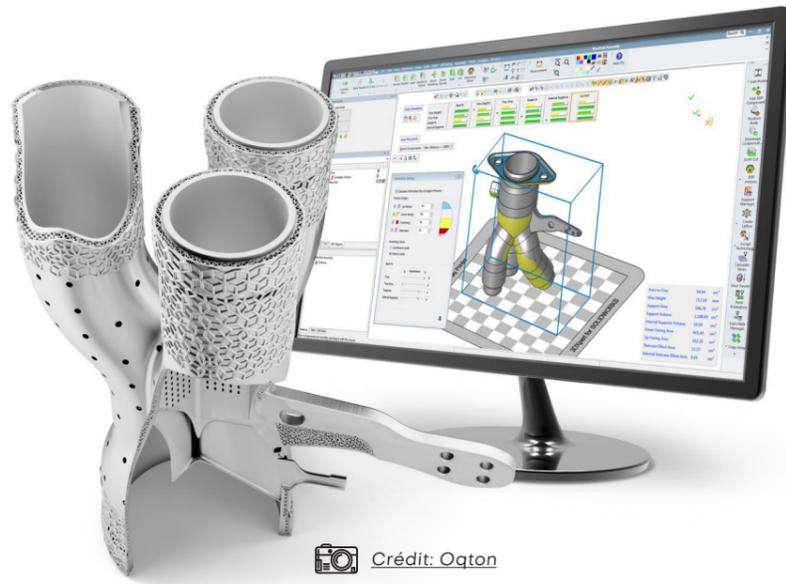
[www.additive-talks.com](http://www.additive-talks.com)

## LOGICIELS: APERÇU DES PRINCIPAUX FORMATS DE FICHIERS D'IMPRESSION 3D

J'ai toujours comparé un format de fichier d'impression 3D à une langue qu'une imprimante 3D peut comprendre. Tout comme il existe des langues que différentes populations peuvent parler, il existe des formats de fichiers d'impression 3D que certaines imprimantes 3D peuvent traiter même si elles sont alimentées par des technologies différentes, et il existe des formats de fichiers qui sont exclusifs à certaines imprimantes 3D. Comment faire la différence entre les formats de fichiers et quels sont les avantages et les inconvénients à connaître ? L'article ci-dessous donne un aperçu des principaux formats de fichiers d'impression 3D et de leur utilisation.

Il peut sembler trivial de discuter d'un tel sujet à ce niveau de maturité de la fabrication additive (FA). Pourtant, il ne faut pas oublier que le retour aux sources n'est pas seulement destiné aux débutants en FA, mais qu'il permet également aux utilisateurs avancés de réaliser les progrès accomplis au cours des premières étapes du processus d'impression 3D.

Pour les débutants en FA, il faut noter que la phase de préparation avant l'impression 3D passe par les étapes de modélisation 3D et de tranchage. La modélisation 3D consiste à utiliser un logiciel pour créer une représentation mathématique d'un modèle 3D. Le tranchage consiste à convertir un modèle 3D en une série de couches horizontales et à générer les instructions nécessaires pour une imprimante 3D.



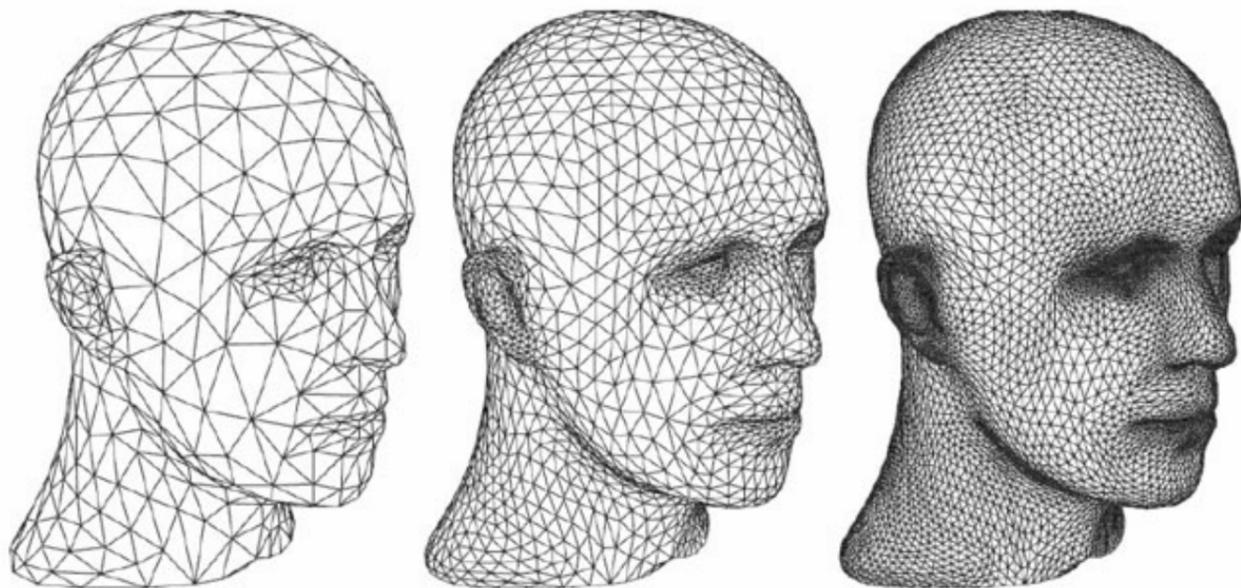
Crédit: Oqton

Cela dit, quel que soit le format du fichier d'impression 3D, la fonction reste la même : **transformer des matières premières en pièces solides.**

Jusqu'à présent, nous avons identifié environ **10 types différents de formats de fichiers d'impression 3D** : STL, OBJ, AMF, 3MF, Gcode, X3G, VRML/X3D, FBX, PLY, STEP et IGES. Parmi tous ces formats, les plus connus sont STL, OBJ, AMF et 3MF.

### Quelques mots sur les principaux formats de fichiers d'impression 3D

**STL (Standard Tessellation Language)** est probablement le premier format dont tout utilisateur de l'impression 3D entend parler. Il décompose un objet 3D en triangles ou en facettes, créant ainsi un maillage de la pièce à imprimer en 3D. Le maillage représente la surface de la pièce ; il permet d'imprimer ce fichier couche par couche jusqu'à l'obtention d'un objet solide. Les fichiers .STL contiennent simplement la géométrie de surface d'un objet 3D virtuel, sans aucune autre propriété. Ce format de fichier est universellement pris en charge par les logiciels de CAO 3D.



Les fichiers STL stockent les modèles 3D sous la forme d'un maillage de triangles (Source: Wikimedia Commons)

Le format **.OBJ** est issu du logiciel **Advanced Visualizer** de Wavefront Technologies. Même si la plupart des logiciels peuvent exporter en .OBJ, son utilisation est reconnue par les imprimantes 3D couleur. Normalement, tous les slicers acceptent les fichiers .OBJ en entrée. Les données 3D comportent une géométrie de haute qualité, des informations sur les textures et des couleurs complètes.

**AMF (pour Additive Manufacturing File)**. Ce format récemment créé peut fournir plus d'informations et une plus grande précision que la simple représentation de la surface du maillage. Développé dans le but de remédier à certaines des limites du .STL, l'AMF intègre la

couleur, les matériaux et même des textures multiples, sans compter qu'il gère bien la géométrie.

Si l'AMF est souvent considéré comme le successeur de STL, **3MF (« 3D Manufacturing Language »)** peut être considéré comme l'enfant de parents super-héros. En effet, il a bénéficié (et bénéficie toujours) d'un battage médiatique important grâce aux géants de la technologie (Microsoft, Autodesk, HP, Viaccess-Orca, etc.) qui ont décidé d'unir leurs forces pour le créer et l'améliorer. Il peut intégrer la géométrie du modèle, ainsi que des détails tels que la couleur, la texture et même les directions d'impression, le tout dans un seul fichier.

### Avantages et inconvénients à prendre en compte

Formats de fichiers d'impression 3D	Avantages	Limites
.STL	Facile à créer	N'inclut aucune information sur la couleur, la texture ou les propriétés de matériau Pourrait ne pas finir la précision requise pour les formes organiques ou courbées
.OBJ	Adapté pour les formes organiques/courbées	Peut être difficile à utiliser lors de la création de pièces très détaillées Similaire au format .STL en ce qu'il contient les informations sur la géométrie 3D (normales des sommets, sommets géométriques, faces polygonales et coordonnées de texture.)
AMF	Fournit beaucoup d'information Idéal pour les applications complexes	Pourrait ne pas être compatible avec toutes les imprimantes 3D Faible adoption (manque de stratégie marketing pour positionner le produit comme le successeur du .STL)
3MF	Fournit beaucoup d'information, bien connu et open source Capable d'utiliser un format ZIP compressé	Cela soulève des inquiétudes quant à la mesure dans laquelle il s'agira d'un format open source à l'avenir.

### Autres formats de fichiers d'impression 3D

Même si cet article se concentre sur les formats de fichiers les plus connus, il convient de garder à l'esprit qu'il est possible d'imprimer à partir de n'importe quel fichier 3D, même s'il n'a pas été conçu à l'origine pour l'impression 3D.

**G-code**, abréviation de « geometric code », est le résultat final du logiciel de découpage qui convertit les objets de CAO et de Réalité Virtuelle en instructions de mouvement qu'une imprimante 3D peut interpréter.

**FBX** : ce format de fichier propriétaire appartenant à Autodesk est idéal pour l'interopérabilité entre les logiciels Autodesk. Tout comme VRML et son successeur X3D, il est destiné aux effets de rendu.

**PLY (Polygon File Format)** : Conçu pour stocker des données géométriques générées par des scans 3D. Outre ses éléments géométriques, il peut contenir des éléments tels que la couleur, les cartes de texture et la transparence. Pour l'impression 3D, il est possible de convertir un fichier PLY dans le format accepté par l'imprimante 3D.

**STEP** et **IGES** restent les normes CAO pour les



applications d'ingénierie. Plutôt que des polygones, ces formats de fichiers utilisent des **représentations NURBS complexes** pour la précision. Leur utilisation dans l'impression 3D est souvent sujette à débat, car les imprimantes 3D ont souvent besoin de données plus simples.

## Éléments clés à prendre en compte pour sélectionner un format de fichier d'impression 3D

Les formats de fichiers d'impression 3D peuvent être divisés en deux catégories : Les fichiers de modélisation 3D qui contiennent toutes les informations de conception et les fichiers en tranches qui contiennent les instructions pour l'imprimante 3D basées sur les fichiers de modélisation 3D.

Cela peut sembler redondant dans le monde de la FA, mais le choix d'un format de fichier dépend de plusieurs facteurs, notamment de l'objectif que l'utilisateur cherche à atteindre. Répondre à quelques questions peut s'avérer utile.

Quelles sont les exigences du projet ? La pièce doit-elle être très détaillée, présenter des textures et des couleurs ? Dans ce cas, il est préférable d'opter pour les formats OBJ ou 3MF, par exemple.

Quelle est la compatibilité avec les imprimantes 3D ? Certaines imprimantes 3D ont des formats de fichiers propriétaires (comme MakerBot et son format de fichier .X3G) ; d'autres fonctionnent mieux avec certains formats, alors demandez à l'équipementier avant d'acheter la machine.

Le format de fichier est-il influencé par certains outils logiciels ? Il est essentiel de s'assurer que le format de fichier, l'imprimante et le logiciel fonctionnent parfaitement ensemble. Imaginez un orchestre bien réglé : si l'un des instruments n'est pas au diapason, c'est toute la symphonie qui s'en trouve affectée. Tout dépend de ce qui améliore le mieux le projet.

### Commentaires des entreprises fondatrices sur les formats de fichiers AMF et 3MF

Étant donné la comparaison constante entre les formats AMF et 3MF, nous avons demandé à deux entreprises ayant contribué au développement des formats AMF et 3MF de nous faire part de leurs réflexions sur la manière dont chacun de ces formats devrait être utilisé.

#### Q&R avec Bob Zollo, président d'Avante Technology, LLC

Les sociétés de logiciels [Avante Technology](#) et [Mind in a Box](#) ont récemment développé un code source gratuit pour un convertisseur de fichiers AMF. Baptisé [AMFSample](#) et désormais accessible au public, ce logiciel permet de convertir des fichiers .STL au format AMF conforme à la norme ISO.

#### 1. Quels sont les facteurs clés qui influencent le choix d'un format de fichier pour l'impression 3D ?

Les facteurs peuvent être différents en fonction de l'application et de l'industrie visées. Par exemple, les formats STL ou OBJ peuvent convenir pour des prototypes simples et de faible précision. Ces formats sont utilisables sans droits d'auteur et sont pris en charge par la grande majorité des applications logicielles et des systèmes d'impression 3D. Les ingénieurs et les amateurs connaissent bien le .STL, de sorte qu'il n'y a



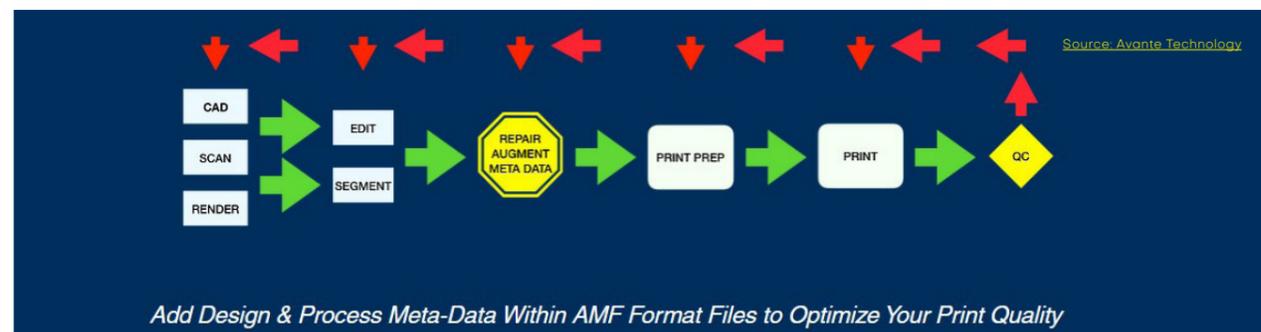
pas d'obstacle économique ou de licence de propriété intellectuelle à l'utilisation de ce format. La fonctionnalité et la précision peuvent être limitées, mais l'adoption est facile avec un investissement minimal.

Tout fabricant cherchant à adopter et à tirer parti d'une véritable fabrication additive (« FA ») pour fabriquer des pièces et des assemblages de qualité à usage commercial, médical ou militaire prendra en considération un large éventail de facteurs, notamment : les aspects juridiques et réglementaires, le coût de l'adoption, le coût de la migration à partir des formats historiques (le cas échéant), la maintenabilité, la compatibilité avec les applications logicielles et les systèmes utilisés dans le flux de travail du fabricant, la durée de vie prévue de l'utilité du format pour l'application envisagée et l'adaptabilité à l'utilisation prévue et future.

Dans certains secteurs, notamment ceux de la médecine, de l'aérospatiale et de la défense, des exigences réglementaires entrent en ligne de compte dans la décision. La FDA et les autorités médicales de l'UE ont récemment publié des exigences relatives à la fabrication des dispositifs médicaux, qui requièrent la validation de l'exactitude, de la précision et de la qualité globale, ainsi que la vérification de ces attributs par des auditeurs tiers autorisés.

La possibilité d'inclure dans le fichier toutes les métadonnées liées à la conception et au flux de travail nécessaires pour vérifier que le dispositif imprimé est conforme à l'exactitude, à la précision et à la qualité prévues, offre une méthode fiable pour valider et vérifier la qualité de manière programmatique. Une telle approche intégrée peut réduire de manière significative la responsabilité juridique potentielle des fabricants de dispositifs médicaux imprimés 3D tout en réduisant les coûts d'assurance qualité. Les agences de défense et les organismes de réglementation de l'aérospatiale ont des exigences similaires, ainsi que des politiques visant à inclure ou à lier la documentation des formats existants au fichier 3D. La norme **ISO/ASTM 52818** fournit des conseils techniques plus détaillés sur ce sujet.

Enfin, certaines agences gouvernementales et entreprises commerciales ont des politiques favorisant les produits fabriqués à l'aide de technologies basées sur des normes internationales. **L'ISO et l'ASTM** sont les deux principales organisations mondiales de normalisation qui publient des normes spécifiques à la FA, telles que l'ISO/ASTM 52915, qui définit la spécification du format AMF (« additive manufacturing format »).



Add Design & Process Meta-Data Within AMF Format Files to Optimize Your Print Quality

## 2. Selon vous, le format .STL reste-t-il l'un des formats les plus utilisés parce qu'il est largement connu ?

De mon point de vue, le .STL reste largement utilisé en raison de sa facilité d'adoption, de son coût minime, de la perception d'un faible risque juridique et de son large soutien par les logiciels et les systèmes d'impression conventionnels. Il existe également une grande inertie dans l'industrie et, franchement, un manque de compréhension des avantages liés à l'adoption de formats plus avancés.

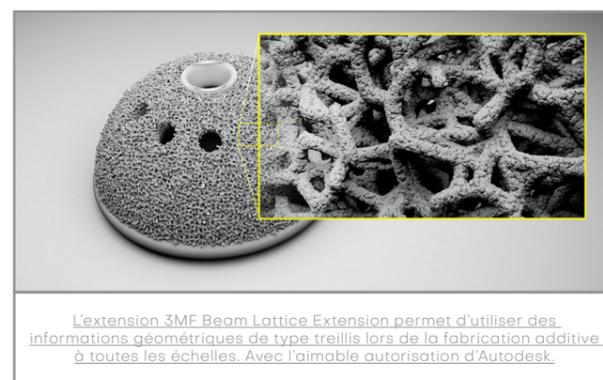
Le sentiment général est que le risque et le coût de la mise à niveau vers un format avancé comme AMF ou 3MF ne sont peut-être pas justifiés. Il est nécessaire d'informer l'industrie sur les avantages techniques, juridiques, de qualité et d'efficacité qu'offrent ces formats. Même si je pense que le .STL continuera à être largement utilisé pendant de nombreuses années, un nombre croissant de fabricants seront contraints de passer à l'AMF ou au 3MF à mesure que les exigences réglementaires augmenteront les avantages économiques et de gestion des risques de la mise à niveau. À long terme, la qualité supérieure et l'efficacité du flux de travail résultant de l'utilisation de formats avancés inciteront davantage de fabricants à migrer vers l'un ou l'autre de ces formats, voire les deux.

## 3. Quels sont les principaux avantages et limites de l'AMF et du 3MF ?

Les deux formats sont des formats robustes et avancés basés sur .XML qui contiennent une myriade de fonctions utiles qui font défaut au .STL. Ils sont tous deux extensibles. La version 1.0 de la norme ISO/ASTM pour l'AMF a été initialement publiée en 2014 et a été mise à jour à deux reprises. Il s'agit du premier format standard international de fabrication additive. Quelques années plus tard, le Consortium 3MF a été formé pour publier et maintenir la spécification développée par Microsoft. La structure et les capacités de ces formats se recoupent largement. Voici quelques différences significatives :

a. L'AMF est une norme internationale publiée conjointement par l'ISO et l'ASTM et approuvée par la quasi-totalité des pays membres. Le 3MF est une spécification publiée par le Consortium 3MF et contrôlée par un petit nombre de grandes entreprises. Les spécifications

de la norme ISO offrent un avantage dans certaines industries réglementées par les pouvoirs publics, telles que le secteur médical, la défense et l'aérospatiale.



L'extension 3MF Beam Lattice Extension permet d'utiliser des informations géométriques de type treillis lors de la fabrication additive à toutes les échelles. Avec l'aimable autorisation d'Autodesk.

b. Le consortium 3MF a fait un travail efficace en promouvant activement son format et en éduquant les principaux fabricants et entreprises de systèmes de FA.

Les politiques de l'ISO et de l'ASTM les empêchent de faire beaucoup d'évangélisation. Elles comptent sur les entreprises individuelles pour financer et mettre en œuvre l'éducation et le soutien du marché, de sorte que la sensibilisation à la norme AMF et à ses avantages n'est pas aussi bien connue.

c. La version 1.2 de la spécification .AMF comprend une gamme plus large de balises de métadonnées définies, ainsi que des balises de métadonnées personnalisées facultatives qui fournissent un moyen puissant d'incorporer des informations sur la qualité, la propriété intellectuelle, la confidentialité et la documentation existante dans le fichier. La spécification .3MF comporte une gamme plus restreinte de balises de métadonnées définies, mais elle inclut des fonctions utiles telles que des vignettes 2D et des signatures numériques pour valider l'authenticité du fichier.

d. Le 3MF et l'AMF spécifient tous deux l'utilisation de maillages 3D pour définir les surfaces des objets. L'AMF autorise d'autres méthodes pour définir les objets, telles que la géométrie solide constructive.

e. Les deux formats prennent en charge les assemblages, mais le support de l'AMF est plus large. Sa prise en charge des « constellations » permet d'obtenir un nombre quelconque d'objets discrets orientés selon des relations et une orientation spécifiques les uns par rapport aux autres.

f. Les deux formats prennent en charge le modèle de couleurs sRGB au niveau du triangle jusqu'aux objets, mais l'AMF autorise des modèles de couleurs optionnels. Il prévoit également des dégradés de couleurs au niveau des triangles

jusqu'aux objets.

g. Les deux formats prennent en charge la spécification des matériaux par objet, mais l'AMF permet de spécifier des matériaux composites et des mélanges de matériaux en dégradé par objet ou par volume de composant.

h. Le format 3MF définit un « paquet » qui comprend les vignettes, les propriétés principales, les signatures numériques, la pièce personnalisée, le modèle 3D avec les vignettes des objets associés (le cas échéant), les textures 3D (le cas échéant) et les tickets d'impression. L'AMF prévoit l'inclusion de fichiers supplémentaires intégrés au fichier de maillage dans un fichier zip. L'AMF inclut la balise de métadonnées « .url » qui permet aux utilisateurs d'indiquer une adresse web spécifique à laquelle il est possible d'accéder à des informations propriétaires ou confidentielles supplémentaires par le biais d'une authentification initiée par l'utilisateur. Cette fonctionnalité peut s'avérer particulièrement utile pour protéger les droits d'auteur et les informations sensibles, telles que les ensembles de données techniques militaires au contenu confidentiel.

i. L'ISO et l'ASTM prévoient un examen par les pairs et un processus de vote démocratique pour l'approbation des nouvelles révisions de la norme. Avec des centaines d'organisations membres dans le monde entier, y compris des universités, des instituts de recherche, des agences gouvernementales et des entreprises commerciales, un projet de révision est examiné et critiqué par un nombre important et diversifié de professionnels et de parties prenantes avant d'être approuvé pour publication. Je crois savoir que le consortium 3MF permet à tous ses membres de contribuer aux projets de révision et de les critiquer, mais que seules les entreprises membres à part entière (18 entreprises

commerciales) votent.

j. Le consortium 3MF a publié quelques compléments optionnels à la spécification de base. Ils offrent un support avancé pour les treillis. L'AMF n'a pas encore de modules optionnels, mais le comité mixte ISO TC261 pour la fabrication additive a publié un certain nombre de documents d'orientation technique, notamment la norme ISO 52918 sur les applications médicales de l'AM. Plusieurs autres normes ISO font référence à l'AMF dans le cadre de leurs spécifications spécifiques à l'AM, et des orientations plus spécifiques à l'industrie pour l'univers de l'AM sont en cours d'élaboration en vue d'une publication future.

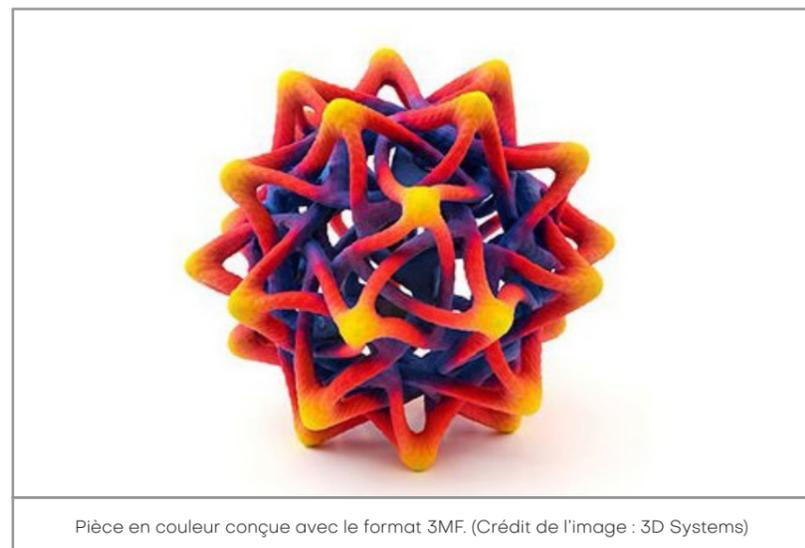
En résumé, les deux formats présentent des caractéristiques précieuses et avancées qui permettent aux fabricants de concevoir et de fabriquer plus efficacement des pièces plus sophistiquées en utilisant la fabrication additive. Les deux formats seront utilisés par un nombre croissant de fabricants au fur et à mesure que l'utilisation de la technologie AM s'étendra à un plus grand nombre de pièces et d'assemblages dans le monde.

#### 4. Un dernier mot à ajouter ?

J'encourage les lecteurs à se renseigner sur les deux formats et à en évaluer les avantages pour leurs applications spécifiques et leur secteur d'activité.

Tout compte fait, nous pensons que le choix prudent d'un grand nombre d'entreprises consistera à considérer la valeur stratégique de l'utilisation des spécifications de FA normalisées ISO, y compris l'AMF, dans leurs programmes de conception, de production, de contrôle de la qualité et d'assurance qualité. Avec 28 normes publiées sur les matériaux, les processus, la conception, les essais de qualité et les sujets connexes, et 31 nouveaux projets de normes en cours d'élaboration, la plupart des fabricants trouveront avantage à utiliser ces normes intégrées pour améliorer la qualité et l'efficacité de leurs activités de FA. Avec 30 autres produits normatifs en cours de développement, les normes ISO et les orientations techniques couvrent l'ensemble du flux de travail, de la conception à l'impression, du post-traitement à l'assurance qualité (voir le tableau ISO/ASTM ci-joint).

Actuellement, le groupe de travail



Pièce en couleur conçue avec le format 3MF. (Crédit de l'image : 3D Systems)

technique J64 de l'ISO TC261 sur les formats de fichiers recherche les contributions des parties prenantes de l'industrie pour créer des orientations techniques spécifiques à l'industrie et aux applications, y compris des champs de métadonnées supplémentaires pour améliorer l'efficacité du flux de travail. Les parties intéressées peuvent contacter: [bozb@avante-technology.com](mailto:bozb@avante-technology.com)

#### Pérez Pelage, responsable du département Emerging Business - Industry chez Viaccess-Orca, sur le format 3MF :

**Viaccess-Orca**, Viaccess-Orca, membre fondateur du consortium 3MF, a contribué à la spécification de la sécurité de ce format de fichier en fournissant une solution pour protéger la propriété intellectuelle des fabricants, en garantissant ainsi l'intégrité des modèles 3D et en contrôlant le nombre de pièces produites.

« À ce jour, l'impression 3D est une technologie émergente, ce qui signifie que tout n'est pas standardisé dans la chaîne d'approvisionnement de la production : Chaque machine d'impression 3D aura son propre processus, son propre format de données, ses propres matériaux, etc.

Pour réduire cette fragmentation de la chaîne d'approvisionnement de la production, nous devons adopter des normes telles que le 3MF (3D Manufacturing Format) associé au format de fichier qui succède au STL.

Le format 3MF comble les lacunes et la complexité des formats de fichiers existants, en rendant les différents processus fiables, reproductibles et évolutifs, du prototypage à la

production.

Il inclut des informations sur les matériaux, les couleurs et d'autres informations qui ne peuvent pas être représentées dans le format STL, largement utilisé depuis plus de 30 ans.

Contrairement à la norme AMF, qui n'a pas été largement adoptée par les fabricants et dont la spécification est plus ancienne, le nouveau format de fichier 3MF (ainsi que d'autres solutions destinées à protéger la propriété intellectuelle des fabricants), peut garantir l'intégrité des modèles 3D et contrôler le nombre de pièces produites, ce qui permet de déployer une fabrication distribuée sécurisée et à la demande.

Pour faciliter la montée en puissance de la fabrication additive avec le 3MF, les acteurs de la chaîne de production devront certifier l'écosystème de production et plus particulièrement les imprimantes 3D ».

Les parties intéressées peuvent trouver de plus amples informations, y compris des conseils techniques, des exemples d'applications, du code source ouvert et des forums de développeurs sur les sites web suivants :

- [www.iso.org/committee/629086/x/catalogue/](http://www.iso.org/committee/629086/x/catalogue/)
- [www.committee.iso.org/home/tc261](http://www.committee.iso.org/home/tc261)
- [www.AMFtools.org](http://www.AMFtools.org)
- [Avante-technology.com](http://Avante-technology.com)
- [www.astm.org/committee-f42](http://www.astm.org/committee-f42)
- [www.3mf.io](http://www.3mf.io)
- [www.viaccess-orca.com/](http://www.viaccess-orca.com/)

- Reusable up to 100%
- Reduced CO<sub>2</sub> emissions by 74%\*
- Renewable feedstock as of 100%

\* Compared with the castor oil-based polyamides of Evonik's own Terra range.

New product

## Designed for circularity

INFINAM®  eCO PA

Evonik presents the world's first PA12 powder material for 3D printing that substitutes 100% fossil feedstock with bio-circular raw material from waste cooking oil.

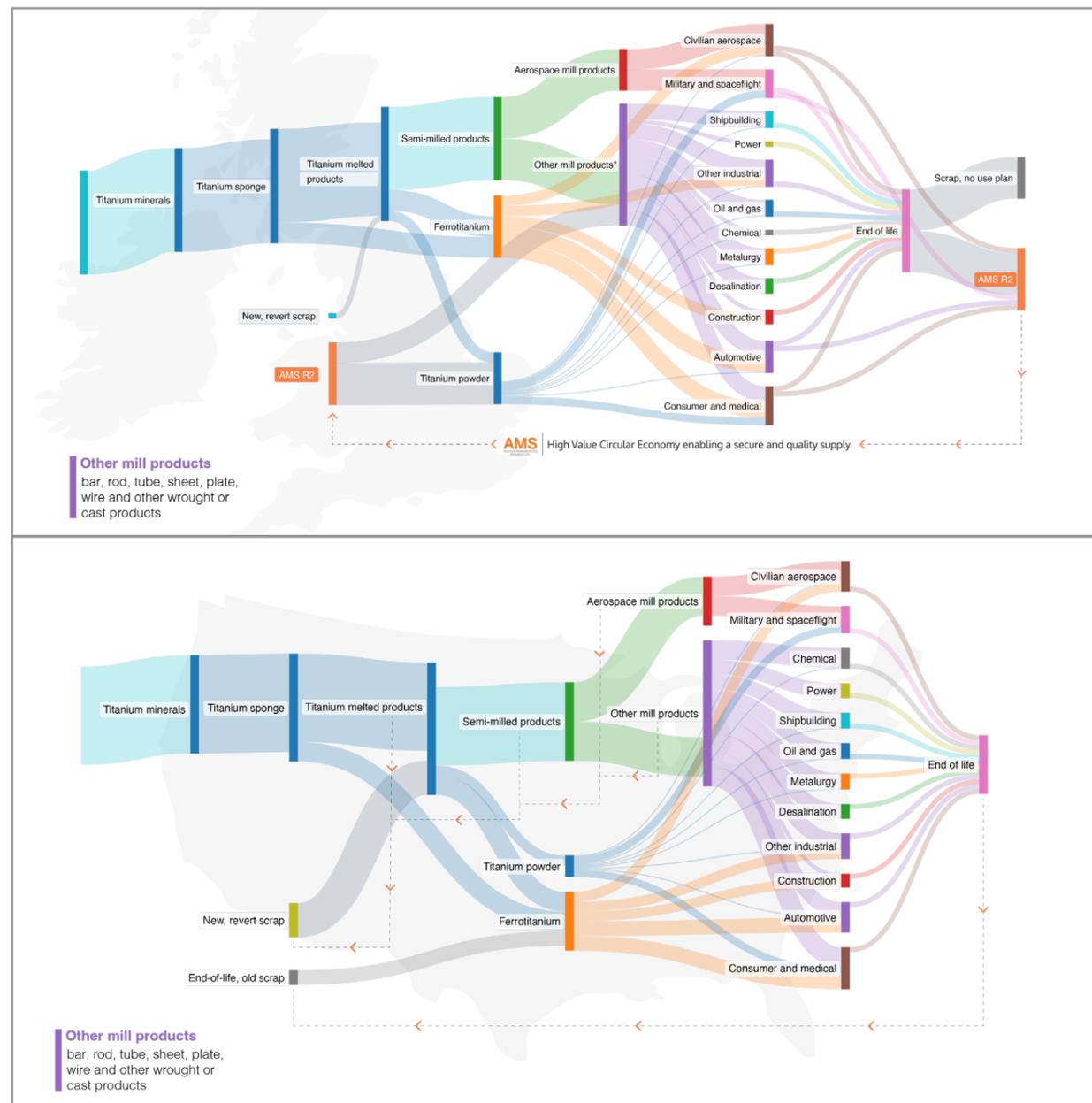
# ADDITIVE MANUFACTURING SOLUTIONS LTD. CRÉE UN APPROVISIONNEMENT DURABLE ET SÛR EN TITANE

Le titane et ses alliages ont été utilisés avec succès dans de nombreuses industries, mais c'est le secteur aérospatial qui en a tiré les principaux avantages. Le titane a une très grande résistance et une faible masse, ce qui lui confère le rapport résistance/poids tant convoité, ainsi qu'une résistance chimique et à la corrosion et une capacité à travailler dans des environnements à haute température. Le titane a été et continue d'être un alliage important pour l'aviation civile et militaire.

Dans un monde post-Brexit, Covid et au milieu du conflit en Ukraine, ainsi que des tensions croissantes dans le Pacifique Sud, il existe une situation géopolitique

dans laquelle les besoins futurs en titane dans le secteur aérospatial sont mis en danger pour l'approvisionnement. La Russie et l'Ukraine contribuent depuis longtemps au marché de l'approvisionnement en titane et, dans toute l'Europe de l'Ouest, il n'y a pas une seule capacité capable de traiter le titane sous sa forme la plus brute, l'éponge. Aux États-Unis, le ministère de la défense a répondu à des préoccupations similaires en finançant de manière significative des opérations visant à produire ce minéral essentiel sur le territoire. Le monde occidental ressent les mêmes difficultés.

Le graphique ci-dessous montre le flux standard de titane, de la source à la fin de vie :



Les États-Unis utilisent déjà beaucoup mieux le titane provenant de la fin de vie et de la ferraille à terre que le Royaume-Uni et l'Irlande. C'est bien sûr une excellente chose, mais cela ne répond pas vraiment au besoin de sécurité de l'approvisionnement pour la fabrication à haute valeur ajoutée et ne permet pas de minimiser l'impact que les conflits peuvent avoir sur l'accès et le coût.

En nous concentrant sur le Royaume-Uni et l'Irlande, nous pouvons voir les quantités relatives de titane et le flux qu'elles empruntent à travers les voies verticales de traitement et d'industrie. Que la fin de vie soit à court ou à long terme, il n'existe pas de capacité de recyclage significative. Jusqu'aujourd'hui.

La société Additive Manufacturing Solutions Ltd (AMS), basée dans le Lancashire, au Royaume-Uni, a mis au point une solution aux problèmes d'approvisionnement en titane auxquels est confrontée la fourniture de poudres métalliques pour la fabrication additive.

AMS est un expert en fabrication additive métallique grâce à son académie de formation, l'AMA, et à l'excellence de ses processus. Le dernier élément à prendre en compte est sa capacité de développement de matériaux. AMS dispose de procédés de fabrication additive à base de poudres métalliques dans lesquels la source d'énergie, faisceau d'électrons ou laser, fait fondre la poudre dans ces zones définies de manière sélective.

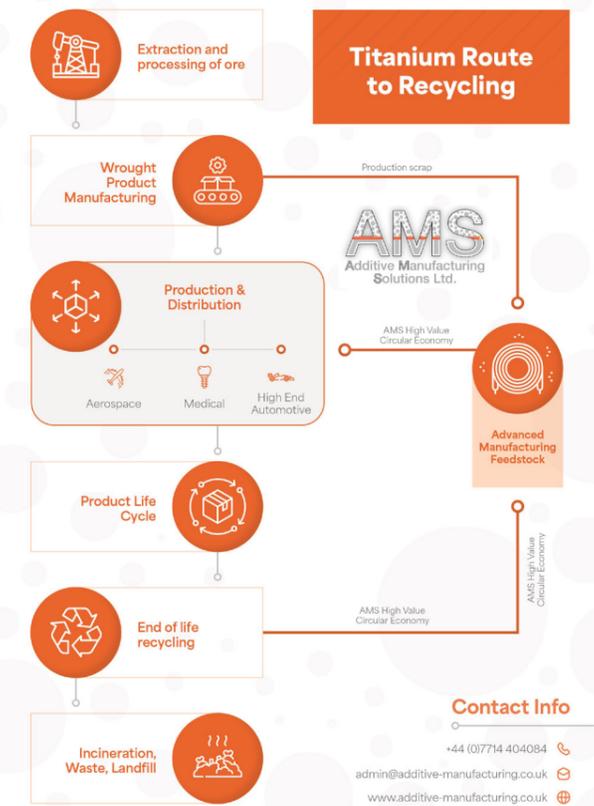
Le marché mondial de la poudre de titane ne représente qu'une fraction du marché mondial du titane et les fluctuations de l'offre induites par les conflits ont un impact plus important sur le marché de la poudre de titane. Au cours des derniers mois, la disponibilité de la poudre de titane et les prix ont oscillé entre **150 et 275 dollars par kilogramme**, avec des délais d'approvisionnement pouvant aller **jusqu'à cinq mois dans certains cas**. Avec le programme mondial d'avions de combat (GCAP), l'alliance **AUKUS** pour la fourniture de sous-marins et un marché dynamique au Royaume-Uni et aux États-Unis pour la fabrication de produits spatiaux, le besoin de titane et l'opportunité de la FA sont importants, mais le risque d'approvisionnement est également élevé.

AMS a donc mis au point une solution appelée **R<sup>2</sup>**. AMS a reçu un financement d'**Innovate UK** pour renforcer la faisabilité technique de son approche théorique de la transformation des pièces d'avion en poudre. Ce projet a été couronné de succès et le processus a été optimisé. Le premier grand client d'AMS a été le **ministère de la défense (MoD)**. En raison de la disponibilité de pièces d'avion en titane comme source d'approvisionnement potentielle, le MoD souhaite et peut jouer un rôle clé dans l'approvisionnement futur du produit à haute valeur ajoutée de l'économie circulaire d'AMS, une poudre de titane recyclée. Utilisé à **100 % ou en mélange recyclé** (comme de nombreux emballages alimentaires), AMS peut contribuer à l'atténuation des risques de la chaîne d'approvisionnement pour le Royaume-Uni et ses alliés, mais il est peut-être plus important encore qu'il joue un rôle clé dans la construction d'un avenir plus durable.

La FA est souvent présentée comme un processus de fabrication durable en raison de sa capacité à produire un minimum de déchets.

Même si on peut faire valoir que l'énergie utilisée pour créer de la poudre par rapport au gaspillage d'énergie dans la production de déchets d'un processus d'usinage, par exemple, en fait un processus très similaire.

L'opportunité unique de refaire des poudres et de créer une opportunité entièrement circulaire offre un potentiel d'économie d'énergie significatif. La matière première du



Legend: AMS' process to recycle titanium

processus **R<sup>2</sup>** n'a pas besoin d'être extraite, épongeée, coulée, forgée et déplacée sur des milliers de kilomètres, de sorte que l'empreinte laissée par le matériau est considérablement réduite. AMS estime que le processus **R<sup>2</sup>** ne crée que 3 % du carbone incorporé d'une poudre produite à l'état vierge.

**La sécurité de la chaîne d'approvisionnement, la minimisation de l'impact environnemental, l'augmentation de la résilience et le développement d'un approvisionnement en matières premières** au Royaume-Uni sont autant d'éléments développés au Royaume-Uni. AMS a entrepris des développements futurs pour d'autres métaux critiques et d'autres formes, comme le fil et la tige. L'étiquette d'AMS, à savoir des solutions innovantes pour un avenir durable, semble tout à fait appropriée. AMS développe également une variante déployable de cette capacité, permettant une capacité au point de besoin.

Avec un approvisionnement en minerais critiques au cœur de son activité et à l'abri des turbulences géopolitiques du monde dans lequel nous vivons, AMS pense que sa technologie a un brillant avenir. **Robert Higham**, fondateur et CEO d'AMS, déclare : « AMS a été créée pour apporter son expertise en matière de développement de matériaux et de FA afin de soutenir la croissance de notre industrie. Pour ce faire, la nécessité d'un approvisionnement contrôlé en matières premières est devenue notre mission. Nous avons maintenant prouvé ce qu'il est possible de faire pour les entreprises innovantes et soucieuses du développement durable. N'hésitez pas à nous contacter si vous souhaitez travailler avec nous dans le domaine de l'approvisionnement en matériaux ou de la FA. Ensemble, changeons le monde de la fabrication avancée ».

Pour plus d'informations: [admin@additive-manufacturing.co.uk](mailto:admin@additive-manufacturing.co.uk) [www.additive-manufacturing.co.uk](http://www.additive-manufacturing.co.uk)

## INTERVIEW DU MOIS : COMMENT LA FABRICATION ADDITIVE ET L'USINAGE (CNC) SONT LIÉS



Vous êtes-vous déjà rendu compte que ceux qui ont acquis une grande expérience des processus de fabrication conventionnels pensent que le succès de la fabrication additive (FA) doit être obtenu grâce à un "élément" de fabrication conventionnel ? En ce qui concerne l'usinage (CNC), il convient de noter qu'en théorie, ces professionnels n'ont pas tort. Il suffit d'une solide expérience pour identifier les différentes façons dont la fabrication additive et l'usinage s'influencent mutuellement et pour savoir comment en tirer le meilleur parti.

Chaque fois qu'une comparaison doit être faite entre la fabrication additive et un « processus de fabrication traditionnel », il y a de fortes chances que ce processus de fabrication traditionnel soit l'usinage, et plus précisément l'usinage CNC (CNC étant l'abréviation de Computerized Numerical Control).

Si vous êtes nouveau dans le monde de la fabrication, sachez que les machines à commande numérique sont des machines automatisées fonctionnant à l'aide d'ordinateurs qui exécutent des séquences préprogrammées de commandes contrôlées. Idéales pour les volumes de pièces faibles à moyens, ces machines peuvent créer des pièces avec une très bonne précision en enlevant de la matière plutôt qu'en ajoutant.

Selon Patrick Herzig, CEO de [M&H CNC Technik GmbH](#), l'usinage CNC est « particulièrement crucial dans les industries qui exigent des tolérances strictes et une qualité constante, telles que l'aérospatiale, l'automobile et le médical ».

L'usinage CNC est un outil essentiel dans l'environnement de production du fabricant de pièces, car cette technologie permet à l'équipe de réaliser des géométries complexes avec une grande précision.

« La répétabilité qu'offrent les machines CNC nous permet de nous adapter efficacement et d'optimiser les coûts de production tout en maintenant la qualité du produit. Associée aux technologies modernes d'impression 3D, la CNC prend tout son sens en nous



Patrick Herzig, CEO de M&H CNC Technik GmbH

permettant de tirer parti des deux processus de fabrication pour développer des produits innovants et complexes plus rapidement et de manière plus rentable ». Pour M&H CNC Technik GmbH, « l'utilisation des technologies CNC n'est pas seulement une question d'efficacité de fabrication, mais aussi un avantage stratégique qui nous permet de répondre avec souplesse à l'évolution rapide des demandes du marché et d'offrir des solutions personnalisées à nos clients », ajoute le CEO.

### Quelques domaines dans lesquels les technologies de FA et l'usinage (CNC) se renforcent mutuellement

Tout d'abord, l'usinage.

Il est intéressant de noter que les utilisateurs de FA qui ont recours à l'usinage (CNC) peuvent exploiter les atouts de cette technologie pour produire des pièces métalliques imprimées en 3D. Prenons l'exemple de la **fusion laser sur lit de poudre** (en anglais laser powder bed fusion - LPBF), l'un des processus de FA métal les plus répandus.

En général, l'usinage peut être utilisé de plusieurs façons pour soutenir ce processus : pour séparer la pièce de la plaque de construction dans une machine LPBF, on peut utiliser une machine d'électroérosion à fil. Il est également possible de refaire la surface des plaques de construction pour les réutiliser en les fraisant sur un centre d'usinage vertical ou même d'assurer la partie finition du processus de FA par usinage.

En outre, dans certaines applications, la



conception pour la FA est, dans une certaine mesure, une conception pour l'usinage. Les pièces métalliques de production peuvent avoir des formes compliquées et complexes - et pour respecter leurs tolérances finales, il est souvent essentiel de les usiner. Pour ce faire, l'ingénieur doit donc anticiper la manière dont la pièce sera maintenue dans la machine-outil. Dans de tels cas, les connaissances en matière d'usinage sont importantes pour concevoir et réaliser efficacement la fabrication additive.

« L'association des deux technologies de fabrication ouvre de nouvelles possibilités de production. D'une part, la fabrication additive permet de créer rapidement des géométries complexes qu'il serait impossible ou très coûteux de produire avec des méthodes traditionnelles. D'autre part, l'usinage CNC offre la précision et la qualité de surface nécessaires pour que ces pièces répondent aux spécifications attendues par nos clients, même en post-traitement. En combinant ces technologies, nous pouvons non seulement réduire les temps de développement, mais aussi augmenter la fonctionnalité et la qualité des produits finis », souligne Herzig.

Le présent article étant consacré à l'usinage CNC, il convient de noter que cette technologie pourrait s'avérer cruciale pour soutenir les travaux du procédé LPBF. Comme vous le savez peut-être, une défaillance de construction peut survenir à tout moment au cours du processus de fabrication. Pour l'éviter (et réduire les coûts), il est possible de surspécifier les structures de soutien et d'ajouter du stock autour des éléments imprimés en 3D. De cette façon, le stock supplémentaire protège la valeur de la pièce sans ajouter de coûts ou d'efforts substantiels plus tard dans le processus.

Par ailleurs, il est plus facile d'atteindre la précision lorsque la pièce imprimée en 3D est petite. Avec des pièces plus grandes, il est important de contrôler le dépôt de matériau. Même si les pièces imprimées en 3D sont généralement proches de la forme nette, les pièces plus grandes s'écartent davantage de cet idéal en raison de l'augmentation de la hauteur ou de l'épaisseur des couches de matériau utilisées pour accélérer le processus de fabrication. Par conséquent, un pourcentage plus élevé de matière doit être enlevé pour finaliser les pièces imprimées en 3D de grande taille. Dans ce cas, le temps d'usinage représente une part plus importante du processus pour les pièces

imprimées en 3D de grande taille.

Comme vous pouvez le constater, « l'usinage CNC ne peut pas seulement être utilisé pour améliorer l'impression 3D de métaux », souligne Herzig.

Cette technologie polyvalente peut être utilisée dans une variété d'applications au-delà de la fabrication additive. « Les machines CNC peuvent traiter une large gamme de matériaux. En outre, l'usinage CNC joue un rôle essentiel dans la production d'outils et de moules nécessaires à d'autres processus de fabrication. La capacité à réaliser des coupes précises et répétables les rend indispensables à la création d'outils de haute précision et personnalisés », explique-t-il.

### Quelques domaines dans lesquels l'usinage CNC constitue une limite à la FA

Même si l'objectif de cet article n'est pas de discréditer l'usinage CNC, nous ne pouvons pas nous empêcher de remarquer qu'il existe des scénarios dans lesquels la FA l'emporte toujours.

Lorsque les spécifications et les conceptions exigent des pièces et des outils personnalisés, lorsque la conception de la pièce est très complexe ou même lorsque des étiquettes de pièces sont nécessaires, la FA sera toujours la voie à suivre.

Le CEO de M&H CNC Technik GmbH souligne ces mêmes limites :

« L'usinage CNC, même si elle est une technologie clé dans de nombreux aspects de la fabrication, peut avoir certaines limites lorsqu'il interagit avec la fabrication additive, en particulier lorsque la fabrication additive montre ses forces dans la réalisation de structures et de conceptions complexes. L'usinage CNC peut être un obstacle en raison de sa nature mécanique et des limites d'accessibilité de l'outil. Ces limitations affectent particulièrement la réalisation de géométries extrêmement complexes, qui sont possibles grâce aux processus additifs sans les limitations mécaniques des outils CNC ».



## M&H CNC Technik GmbH : l'utilisation des deux procédés de fabrication

L'approche de M&H CNC Technik GmbH couvre l'ensemble du cycle de production - du conseil et de l'ingénierie à l'impression 3D et à la finition. Pour fournir des pièces à divers secteurs, l'entreprise s'appuie sur des machines modernes, notamment une machine à mesurer **Renishaw Agility** dotée de la technologie **REVO-2** pour la fabrication de précision. Cet équipement aide également l'équipe à minimiser les erreurs de mesure dynamiques et à effectuer des mesures précises.

Cet équipement aide également l'équipe à minimiser les erreurs de mesure dynamique et à effectuer des mesures précises.

L'environnement de production de l'entreprise comprend également un système **SLM 800** qui permet d'imprimer des objets métalliques de grand format avec un espace d'installation de 500 x 280 x 850 mm et un système automatisé d'élimination des poudres de Solukon.

À propos des industries où l'usinage CNC et la FA s'entremêlent, Herzig note : « Nous sommes fiers de notre expertise dans le domaine de l'usinage CNC et de la FA qui nous permet d'accompagner les industries telles que la course automobile, en particulier la Formule 1, ainsi que les secteurs de l'hydroélectricité et de l'énergie renouvelable.

Dans le domaine de la course automobile, et de la Formule 1 en particulier, la capacité à développer

et à produire rapidement des composants légers et très résistants est essentielle à la performance et à l'efficacité des véhicules. Notre expertise en matière d'optimisation topologique et de réduction du poids joue un rôle central en permettant aux équipes d'améliorer et d'adapter en permanence leurs voitures, ce qui fait souvent la différence entre la victoire et la défaite.

Dans le domaine de l'hydroélectricité et d'autres formes d'énergie renouvelable, notre technologie soutient le développement et la production de composants critiques qui doivent résister à des conditions extrêmes. La capacité de créer des formes complexes grâce à l'impression 3D, ce qui ne serait pas possible avec des méthodes conventionnelles, nous permet d'offrir des solutions plus efficaces et plus durables ».



## IBUSINESSI QUAND LA THÉORIE RENCONTRE LA PRATIQUE DÉFIS JURIDIQUES DE LA FABRICATION ADDITIVE DANS LE MARCHÉ DE L'APRÈS-VENTE



Les entreprises voient un potentiel croissant dans la fabrication additive (FA), en particulier sur les marchés de l'après-vente qui sont confrontés à des défis tels qu'une demande imprévisible et des problèmes de stockage des pièces de rechange. La fabrication additive répond à ces défis en permettant la production à la demande de pièces complexes. L'amélioration de la qualité de la fabrication additive ouvre la voie à divers cas d'entreprise, envisageant un avenir de production urbaine décentralisée semblable aux Fab Cities, où le partage collaboratif d'informations sur les produits et les méthodes de fabrication favorise la durabilité. Toutefois, des obstacles juridiques entravent l'adoption généralisée de la FA. Cet article aborde ces questions, en proposant une évaluation juridique aux praticiens et en comblant le fossé entre le potentiel théorique et la mise en œuvre pratique de la FA dans les entreprises.

Sur la base d'entretiens avec des responsables de diverses entreprises de fabrication (OEM) qui se sont lancées dans la mise en œuvre de la FA, nous avons identifié des questions juridiques cruciales concernant l'utilisation de la FA sur le marché de l'après-vente et élaboré trois scénarios :

- (1) Contrôle de la qualité et responsabilité dans les transactions B2C ;
- (2) Production décentralisée de pièces détachées et ;
- (3) Le droit à la réparation pour les entreprises et la violation de la propriété intellectuelle.

### Scénarios et évaluation juridique

#### Scénario 1 : Contrôle de la qualité et responsabilité dans les transactions B2C

Le premier scénario aborde les questions de contrôle de la qualité et de responsabilité dans les transactions B2C utilisant la FA pour la production de pièces détachées. L'absence de certifications pour les pièces imprimées en 3D suscite des inquiétudes quant au respect des normes de qualité et à la responsabilité potentielle en cas de défaillance des pièces de rechange.

**Exemple :** L'entreprise A produit des machines à laver. La poignée de porte en plastique de l'une de ses machines est une pièce de rechange fréquemment utilisée. Afin de réduire les coûts, l'entreprise A souhaite utiliser la FA pour produire ces poignées à la demande. Lorsque le client actionne la poignée remplacée, celle-ci se brise. Des morceaux de plastique tranchants coupent la main du client et la machine à laver est endommagée au point de ne plus pouvoir se fermer.

**Analyse :** D'un point de vue juridique, le scénario mentionné est susceptible de revêtir une importance particulière pour les entreprises qui vendent des produits de consommation. Récemment, la **Commission**



#### Européenne a présenté une proposition de règles communes visant à promouvoir la réparation de certains biens

, tels que les machines à laver et les téléviseurs. Par conséquent, dans un avenir proche, les producteurs de biens de consommation pourraient être confrontés à des obligations légales de fournir des services de réparation pour ces biens, à la fois dans le cadre de la garantie légale et au-delà. En outre, les producteurs devront veiller à ce que les réparateurs indépendants aient accès aux pièces détachées ainsi qu'aux informations et aux outils nécessaires à la réparation. En conséquence, les entreprises seront probablement obligées de divulguer le processus de réparation de leurs biens. Cela pourrait conduire à un risque de divulgation de secrets commerciaux concernant la production de ces biens si la production et la

réparation sont étroitement liées.

En ce qui concerne la question des normes de qualité, des efforts ont été déployés ces dernières années pour élaborer des normes industrielles uniformes dans le domaine de la FA. Jusqu'à présent, en Allemagne, ces efforts ont abouti à la norme **DIN SPEC 17071**, qui a été publiée en 2019. La DIN SPEC 17071 n'est pas une norme industrielle en soi ; **elle sert plutôt de ligne directrice pour la mise en œuvre de processus dont la qualité est assurée.** Elle représente une étape importante car elle établit pour la première fois des exigences normalisées pour la FA. Cette directive devrait constituer un bon point de départ pour les entreprises qui souhaitent développer leurs propres normes de qualité.

Le respect de directives telles que la norme DIN SPEC 17071 n'est pas seulement important pour l'assurance qualité, mais peut également l'être pour la sécurité et la responsabilité des produits. En général, les normes

## RESTEZ CONNECTÉ POUR TOUTES LES INFOS SUR L'IMPRESSION 3D MÉDICALE

Préparez-vous à découvrir des informations importantes dans le domaine de l'impression 3D médicale. Les experts de ce domaine font la distinction entre les soins médicaux et les soins de santé. Alors que les soins médicaux sont un service, les soins de santé sont une industrie ou un système plus large, dont les soins médicaux ne sont qu'une partie. Dans cette section, les deux termes sont souvent utilisés de manière interchangeable pour discuter de l'influence des technologies de fabrication additive.

Si des questions subsistent quant à la vulgarisation de la fabrication additive dans les soins de santé, aux politiques de remboursement des dispositifs médicaux imprimés en 3D ou aux réglementations, nous ne pouvons passer sous silence le nombre croissant d'applications réalisées dans ce domaine. En fin de compte, plus il y a d'applications, plus il y a de chances de parvenir à un consensus sur l'utilisation réglementée de la technologie.

Découvrez les dernières technologies d'impression 3D conçues pour ce domaine ainsi que les applications clés qui favorisent la croissance de la FA dans le secteur des soins de santé et de la médecine.

WWW.3DADEPT.COM



techniques n'ont pas force de loi. Cela signifie que les entreprises ne peuvent pas s'appuyer uniquement sur le respect des normes techniques existantes en ce qui concerne la sécurité des produits et, en particulier, la responsabilité pour les défauts des produits. Les normes techniques peuvent toutefois fournir des indications sur l'état de l'art dans leur domaine d'application respectif.

En effet, cela implique que les normes techniques, telles que celles décrites dans la norme DIN SPEC 17071, peuvent être prises en compte lors de l'évaluation de la sûreté et de la sécurité des produits. Jusqu'à présent, ces principes ne s'appliquent qu'aux véritables normes techniques et non aux lignes directrices telles que la norme DIN SPEC 17071. Étant donné que les exigences relatives à ces directives sont relativement simples par rapport aux véritables normes techniques, des doutes subsistent quant à la comparabilité, par exemple, des

normes DIN et des DIN SPEC.

En ce qui concerne les questions de responsabilité, il est important de noter qu'à l'heure actuelle, **il n'existe pas d'exigences distinctes ciblant uniquement la FA par rapport à d'autres méthodes de fabrication.** La loi ne se concentre pas sur une technologie particulière. Au contraire, elle est neutre sur le plan technologique. D'une manière générale, les entreprises utilisant la FA seront toujours tenues de développer, de tester et de superviser avec diligence la production de pièces détachées au mieux de leurs capacités, en adhérant aux pratiques de pointe actuelles, tout comme elles le feraient avec des processus de fabrication traditionnels. En d'autres termes : Les entreprises qui utilisent la FA sont responsables de la même manière que si elles produisaient des pièces détachées avec une technologie de fabrication conventionnelle.



## Scénario 2 : Production décentralisée de pièces détachées

Le deuxième scénario concerne la production décentralisée de pièces détachées avec l'aide de sous-entrepreneurs. Dans ce scénario, des questions de responsabilité pour le comportement de tiers et de gestion de la propriété intellectuelle peuvent se poser.

**Exemple :** L'entreprise B souhaite externaliser la production de poignées de porte de rechange pour ses machines à laver ainsi que les services de réparation correspondants, par exemple auprès d'un prestataire de services de FA locale. L'entreprise B craint maintenant que le prestataire de services utilise les données relatives aux pièces pour produire et vendre des pièces qui ne répondent pas aux normes de qualité et qui se cassent. Le prestataire de services craint d'enfreindre les droits de propriété intellectuelle d'autrui en utilisant les données.

**Analyse :** Dans ce scénario, les questions de responsabilité et de gestion de la propriété intellectuelle sont particulièrement importantes. La question est la suivante : **comment le fabricant d'origine (entreprise B) peut-il garantir la qualité des services de réparation effectués**

**par un prestataire de services de FA et dans quelle mesure l'entreprise B est-elle responsable si le prestataire de services n'est pas en mesure de le faire ?** Trouver un équilibre entre le maintien des normes de qualité, la protection de la propriété intellectuelle et la responsabilité des services de réparation devient donc un défi crucial pour le fabricant d'origine. En outre, des problèmes de protection de la propriété intellectuelle peuvent se poser si le fabricant doit divulguer des informations sensibles ou protégées par la propriété intellectuelle au sous-entrepreneur pour lui permettre d'effectuer des réparations par ses propres moyens.

En ce qui concerne la question de la responsabilité, la loi reste générale et n'est pas spécifiquement adaptée à la technologie. Par conséquent, les principes juridiques habituels en matière de responsabilité s'appliquent. Cela signifie qu'une entreprise qui sous-traite la production de pièces détachées reste responsable de toutes les fautes qui découlent de sa sphère d'influence. Par exemple, si l'entreprise fournit des instructions, des plans ou d'autres informations essentielles inadéquats ou incorrects à la tierce partie, ce

qui entraîne un préjudice causé par une pièce détachée défectueuse, l'entreprise peut toujours être tenue responsable des dommages qui en résultent. En substance, l'externalisation de la production de pièces détachées n'exonère pas l'entreprise de sa responsabilité ; elle est toujours tenue de garantir la qualité et la sécurité du produit final. Cela s'applique également à l'utilisation de la FA ou de toute autre technologie de fabrication.

En ce qui concerne la gestion et la protection de la propriété intellectuelle, les entreprises devraient disposer de licences permettant aux sous-entrepreneurs d'utiliser leur propriété intellectuelle protégée. Les droits de propriété intellectuelle étant exclusifs à leur propriétaire respectif, **le sous-entrepreneur a besoin de cette licence pour être autorisé à utiliser la propriété intellectuelle correspondante.** En ce qui concerne les secrets commerciaux, les entreprises doivent réfléchir soigneusement aux informations à divulguer. En effet, les secrets d'affaires perdent leur protection lorsque leur propriétaire ne prend pas de mesures raisonnables pour les garder secrets et qu'il n'en a plus le contrôle.

## Scénario 3 : Droit à la réparation pour les entreprises et violation de la propriété intellectuelle

Le troisième scénario concerne le défi que représente la réparation de biens protégés par la propriété intellectuelle qu'une entreprise a reçus de ses fournisseurs. Dans ce cas, la question est de savoir si les brevets ou les dessins et modèles peuvent empêcher les entreprises de réparer elles-mêmes, par exemple, des machines de production.

**Exemple :** Une certaine pièce d'usure d'un découpeur laser doit être remplacée. L'entreprise C sait que l'ensemble de la machine est protégé par des brevets et devrait normalement acheter une pièce de rechange auprès de l'équipementier, mais elle souhaiterait remplacer la pièce défectueuse de manière économique et rapide en l'imprimant sur place à l'aide d'une imprimante 3D.

**Analyse :** La question de savoir si la réparation ou le remplacement d'une pièce détachée porte atteinte à la propriété intellectuelle ne peut être évaluée qu'au cas par cas. En principe, il convient toutefois de garder à l'esprit certaines différences importantes entre les pièces détachées protégées par un brevet et celles protégées par un dessin ou modèle.

En droit des brevets, la contrefaçon dépend de la question de savoir si le remplacement de la pièce détachée fait partie de l'utilisation prévue des produits ou s'il s'agit d'une refabrication. En général, le droit exclusif découlant d'un brevet est épuisé en ce qui concerne les copies du produit breveté



qui ont été mises sur le marché par le titulaire du brevet ou avec son consentement. Cela inclut l'utilisation prévue de ce produit, en particulier le remplacement des pièces d'usure, par exemple.

Toutefois, il est important de noter qu'il ne faut pas confondre «réparation» et «refabrication». Le droit des brevets n'autorise généralement pas la réparation d'un produit d'une manière qui équivaut à une «refabrication». En effet, autoriser la «refabrication» reviendrait à contourner les intérêts économiques de l'équipementier protégé par le brevet correspondant. Par conséquent, les tribunaux tranchent cette question en mettant en balance, au cas par cas, les intérêts du titulaire du brevet et ceux de l'utilisateur du produit. En règle générale, la réparation de produits brevetés peut être autorisée si les pièces concernées ne contiennent pas l'invention brevetée.

Contrairement au droit des brevets,

**le droit allemand des dessins et modèles prévoit une exception particulière à la protection des dessins et modèles pour les pièces détachées utilisées exclusivement pour réparer des produits complexes.** Outre le seul but de la réparation, pour que l'exception s'applique, les pièces détachées ne peuvent être utilisées que pour restaurer l'apparence originale du produit. Cette règle n'ayant été introduite qu'en 2020, de nombreuses incertitudes subsistent quant à son champ d'application. À ce jour, il n'existe pas de consensus définitif sur la manière dont les tribunaux interpréteront strictement le concept de restauration de l'«apparence d'origine».

En conclusion, en ce qui concerne le droit de réparer pour les entreprises, le paysage actuel est plein d'incertitudes juridiques. Les entreprises ont donc tout intérêt à suivre de près les décisions de justice et l'évolution de la situation.

### Notes de l'éditeur

Cet article a été rédigé par :

**Flüchter, Fabian\* ; Kabelitz-Bock, Robin\*\* ; Tann, Felix\***

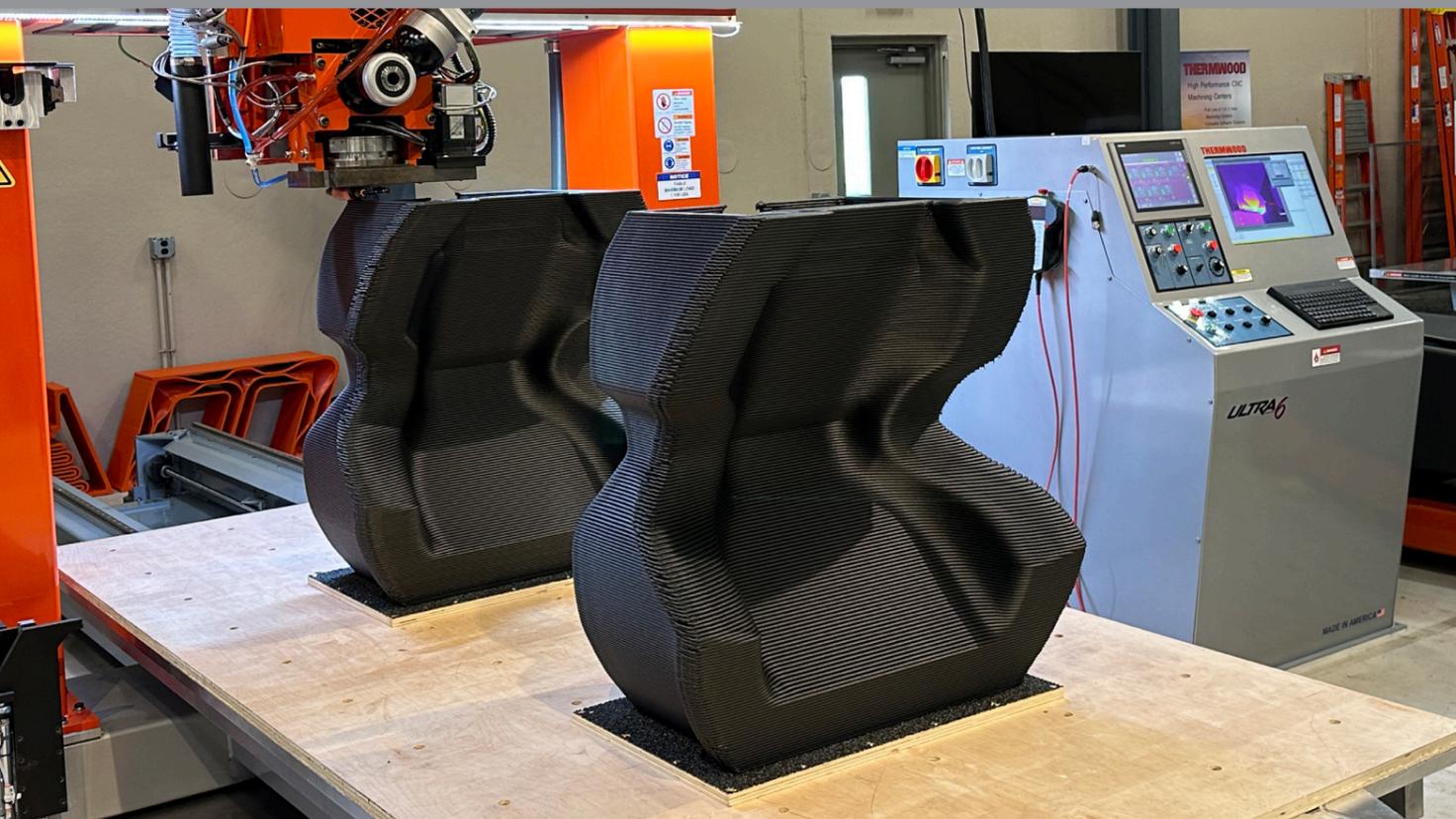
Faculté de droit Bucerius, Hambourg, Allemagne

Université de logistique Kühne, Hambourg, Allemagne

L'évaluation juridique de ces scénarios dépend des circonstances individuelles, ce qui met en évidence l'incertitude entourant la FA sur les marchés de l'après-vente. Dans l'attente d'interprétations juridiques plus claires, les entreprises peuvent utiliser les **normes DIN SPEC** pour réduire leur responsabilité et doivent faire preuve de prudence lorsqu'elles divulguent des informations protégées par la propriété intellectuelle. En ce qui concerne la réparation d'articles protégés par la propriété intellectuelle, les principes d'épuisement des brevets et les exceptions relatives aux pièces détachées peuvent être mis à profit. Toutefois, les réglementations actuelles manquent de spécificité pour la FA, ce qui oblige à adhérer aux règles de fabrication conventionnelles. Le paysage juridique peine à s'adapter aux complexités de la FA, aggravées par la diversité des régimes juridiques. Les décisions de justice et les changements législatifs à venir joueront un rôle essentiel dans l'élaboration du cadre juridique de ce secteur en pleine évolution.

Cette recherche est financée par dtec.bw - Centre de recherche sur la numérisation et la technologie de la Bundeswehr. dtec.bw est financé par l'Union européenne - NextGenerationEU.

# FOCUS.



## LA TECHNOLOGIE LSAM DE THERMWOOD: QUELS SONT LES FACTEURS CLÉS DE SUCCÈS ?

La demande croissante de pièces imprimées en 3D de grande taille implique que les utilisateurs de la fabrication additive doivent avoir des attentes réalistes lorsqu'ils tentent d'étendre leurs opérations. Si la comparaison constante entre la fabrication additive grand format (LFAM = Large Format Additive Manufacturing) et les processus d'impression 3D de bureau est souvent inévitable, il faut également garder à l'esprit que la **LFAM se présente sous de nombreuses formes** et que chacune de ces approches a sa propre recette pour réussir. Une conversation avec Scott Vaal, de Thermwood, nous aide à comprendre certains des éléments clés du succès de la technologie LSAM.

Reconnue pour ses technologies de routeur CNC, Thermwood est l'une de ces entreprises qui n'a plus besoin d'être présentées dans le monde de la fabrication additive. L'entreprise s'est fait un nom dans le domaine de la fabrication additive à grande échelle (LFAM) - avec sa technologie LSAM (Large Scale Additive) - et continue d'intriguer avec le lancement récent **d'un processus de fabrication additive qui n'imprime pas en 3D**. À mesure que la FA gagne en maturité, il est essentiel de comprendre les défis inhérents à chaque technologie et les solutions qui peuvent être explorées pour les relever. En effet, malgré les obstacles communs à certaines technologies, je suis convaincue que la façon dont chaque

équipementier aborde le problème rend sa technologie plus attrayante ou non.

Cet article vise donc à comprendre certains des obstacles techniques liés au **procédé LSAM** et les solutions mises en place par Thermwood pour les surmonter. Pour ce faire, nous nous concentrerons sur les problèmes techniques qui peuvent survenir au niveau de la conception et des matériaux, ainsi qu'au cours du processus de fabrication.

Par ses réponses, **Scott Vaal**, chef de produit LSAM, nous a fait comprendre que chaque élément de la chaîne de valeur de la fabrication est d'une manière ou d'une autre lié à un autre - par conséquent, ils ne nécessitent pas nécessairement des solutions/approches individuelles.

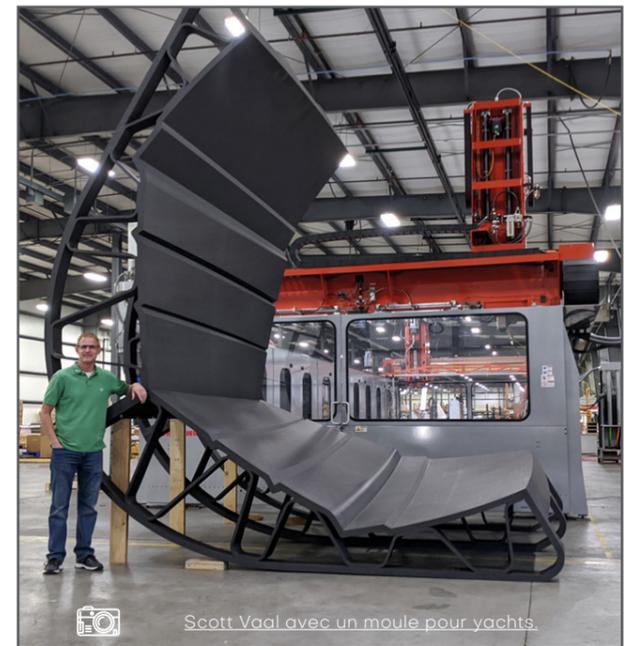
Lorsque des problèmes techniques au niveau de la conception affectent le processus de fabrication

Le procédé LFAM peut élargir l'enveloppe de conception grâce à sa capacité à imprimer plusieurs grandes pièces en une seule opération. Par rapport à la FA à petite échelle, la consolidation des pièces et la réduction du temps de fabrication sont d'autres facteurs qui jouent en faveur du LFAM.

L'année dernière, lorsque nous avons discuté d'une stratégie visant à augmenter l'échelle de l'impression 3D avec le procédé LFAM, **cinq points essentiels avaient été identifiés** pour aider le concepteur à faire la différence entre la conception pour le LFAM et la conception pour un « processus de FA standard » : **la machine elle-même, la réduction de la taille de la pièce pendant ou après l'impression, la dépendance de la force par rapport à la direction de l'impression, la division en sections planaires séparées** ainsi que la **nécessité d'insérer des matériaux non-imprimés**.

Vaal attire tout d'abord notre attention sur le fait que chaque pièce est différente et qu'il convient d'examiner la meilleure méthode à utiliser. Cela signifie que **la taille de la pièce ne rend pas nécessairement la conception plus difficile**. En effet, il note que dans certains cas, « il est possible de réduire considérablement la main-d'œuvre en incorporant autant de pièces que possible dans une seule impression, mais il n'est pas toujours pratique d'imprimer de cette manière. De même, dans certains cas, il est plus rapide d'imprimer la pièce en plusieurs sections plutôt qu'en une seule pièce. En effet, il faut au moins laisser le temps à une couche de refroidir à la température idéale avant de commencer la suivante. Cela signifie que vous pouvez avoir une vitesse d'avance réduite pour imprimer la pièce en un seul morceau, mais que vous avez la vitesse et la capacité de sortie nécessaires pour imprimer 4 morceaux en même temps, ce qui réduit le temps d'impression d'un quart. Bien sûr, cela peut signifier que vous devrez coller ou attacher les pièces les unes aux autres, ce qui prend également du temps ».

Cela dit, pour le chef de produit, on utilise le **processus de forme quasi nette** où l'on imprime généralement des billes beaucoup plus grandes qui créent des cuspidés



Scott Vaal avec un moule pour yachts.

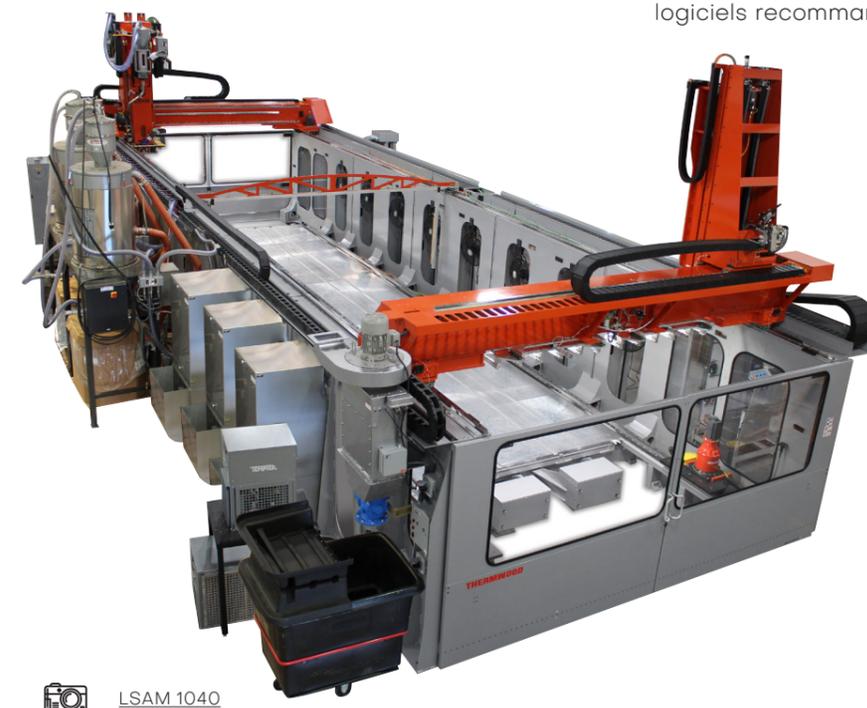
plus importantes entre les couches imprimées.

« En général, on imprime des billes légèrement surdimensionnées dans le but de post-usiner les surfaces qui doivent être lisses et précises, telles que les surfaces frontales d'un moule ou d'un outil de formage. La plupart du temps, vous évitez les stratégies de remplissage lourd ou complet et utilisez une méthode plus creuse avec des renforts spécifiques et précis là où c'est nécessaire. Cela permet de réduire le poids et de mieux contrôler les grandes différences de chaleur à l'intérieur de la pièce, ce qui est particulièrement important lors de l'utilisation de matériaux à haute température adaptés à l'outillage d'autoclave », ajoute-t-il.

Outre ces points essentiels, il convient de garder à l'esprit que **les éléments tels que les parois minces et les petites caractéristiques doivent être évités autant que possible**. En effet, la taille importante des billes et la difficulté des démarrages et des arrêts rendent ces caractéristiques propices aux erreurs. Pour résoudre ce problème, certains équipementiers ou fournisseurs de logiciels recommandent de s'assurer que l'épaisseur

est au moins deux fois supérieure à la largeur du cordon lors de la conception de sections à parois minces.

Grâce au logiciel de tranchage du fabricant, **LSAM Print 3D**, les utilisateurs de la technologie LSAM peuvent créer des programmes d'impression de qualité destinés au LSAM et à la FA à grande échelle. Toutefois, Vaal prévient qu'il est parfois difficile, voire impossible, de créer des modèles d'impression présentant les épaisseurs de paroi adéquates requises pour la méthode de tranchage planaire à grande échelle, en particulier lorsque les surfaces d'écoulement sont ondulées et courbes complexes ». Le logiciel LSAM Print 3D peut créer automatiquement les épaisseurs de paroi du chemin d'impression en fonction des dimensions des cordons d'impression que vous utilisez, ce



LSAM 1040

qui permet d'obtenir des chevauchements cohérents entre les passages des cordons. Il appliquera également automatiquement le stock de découpe nécessaire pour que vous n'ayez pas à modifier la géométrie de la pièce juste pour obtenir un stock d'impression supplémentaire pour l'usinage. Grâce à son véritable environnement CAO, vous avez la liberté d'orienter vos pièces comme vous le souhaitez et de choisir la méthode d'impression qui vous convient le mieux. Le logiciel LSAM Print 3D dispose des outils et des techniques nécessaires pour ajouter facilement des renforts ponctuels et d'autres supports à l'impression. Il vous donne également la liberté d'avoir des paramètres uniques pour différentes zones de l'impression, de sorte que vous n'êtes pas limité à un seul ensemble de paramètres pour essayer d'imprimer la totalité de la pièce. Et peut-être le meilleur de tous, il crée les programmes de découpage et d'impression directement à partir de formats CAO réels tels que les solides, les surfaces et les corps de feuilles, de sorte qu'il n'est pas nécessaire de créer un fichier .stl de qualité déjà réduite juste pour créer un programme d'impression. »

#### Autres difficultés au cours de la phase de fabrication

Le **warping**, le **contrôle de la température** et l'**adhésion des couches** sont quelques-unes des difficultés que l'on rencontre souvent au cours du processus de fabrication. Si vous êtes un lecteur régulier de 3D ADEPT Media, vous savez probablement déjà que Thermwood a développé une [solution pour le contrôle de la température](#).

Il est intéressant de noter que la clé pour minimiser le gauchissement et l'adhérence des couches réside souvent dans le choix des matériaux utilisés au cours du processus de fabrication. Les principaux facteurs influençant l'adhésion entre les couches sont les propriétés des matériaux, la température de recouvrement, les forces de gauchissement et toute forme de compactage ou de laminage de la couche après l'extrusion. Pour certaines applications, les matériaux à faible taux de

#### La constance, « l'une des meilleures caractéristiques de la technologie LSAM ».

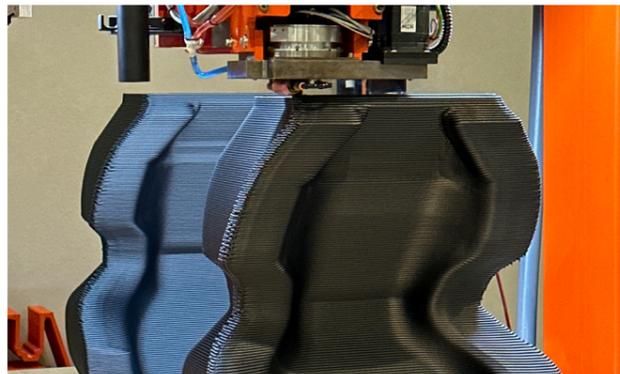
Alors que l'incohérence des propriétés des matériaux est souvent l'un des principaux problèmes à résoudre dans un processus de FA « standard », les utilisateurs du procédé LSAM de Thermwood ne devraient pas rencontrer de difficultés à cet égard.

« Notre **système breveté Melt Core** fournit le matériau le plus précis et le plus cohérent possible et, grâce à la **roue de suivi de la compression brevetée**, vous obtenez les dimensions de billes les plus précises et la cohérence des microstructures composites imprimées. La cohérence est particulièrement importante lors de l'impression d'outillage pour autoclave à haute température, où nous devons compenser avec précision l'anisotropie de l'ECT et d'autres changements de forme. Cela signifie également que nous devons avoir des fournisseurs de matériaux capables d'assurer la cohérence entre de nombreux matériaux. Heureusement, nous avons plusieurs fournisseurs en qui nous pouvons

avoir confiance », affirme Vaal.

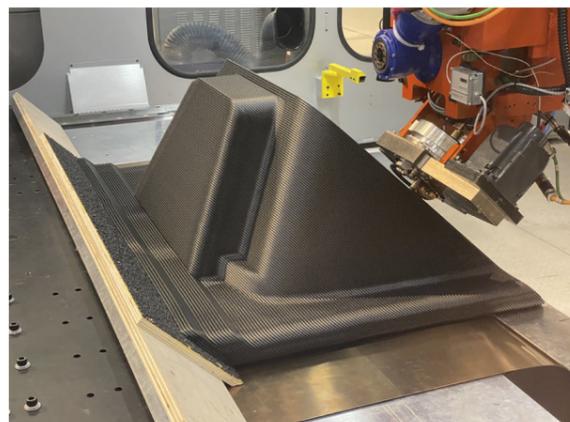
Si cet article aborde quelques-uns des problèmes les plus fréquemment rencontrés au cours d'un processus de fabrication impliquant le procédé LFAM, il est juste de dire que cette liste n'est pas exhaustive. Nous sommes convaincus que plus les utilisateurs de FA évalueront le procédé LSAM de Thermwood, plus nous mettrons en évidence les spécifications et tirerons des leçons qui pourraient contribuer à la réussite du développement de chaque produit.

Comme le souligne Vaal : « Thermwood cherche toujours à améliorer ses produits, ses processus et ses logiciels. Nous ne restons jamais inactifs, et il est donc difficile



rétrécissement et ceux remplis de fibres à brins courts pourraient constituer de bonnes options.

En ce qui concerne le gauchissement, l'expert de Thermwood explique que « cela commence en fait avec le substrat d'impression breveté du LSAM qui fournit une forte adhérence initiale, puis la surface spéciale flotte avec la pièce pendant qu'elle refroidit et se rétracte. Une fois les premières couches refroidies, la surface reste solide tout au long du processus d'impression, évitant ainsi les déformations et les tensions qui se produisent sur d'autres substrats. En outre, l'obtention et le maintien de températures optimales tout au long du processus d'impression sont importants pour contrôler la déformation, mais peut-être plus encore pour assurer une bonne adhérence des couches. Comme [indiqué ci-dessus], Thermwood résout ce problème grâce à sa fonction brevetée de contrôle de la durée de la couche intégrée au système de contrôle LSAM, qui contrôle et maintient dynamiquement les conditions de température appropriées. Tout aussi important pour l'adhérence de la couche est le compactage actif que vous obtenez grâce à la roue de suivi de la compression brevetée de la LSAM, qui améliore considérablement la liaison entre les couches et fournit les meilleurs résultats en termes de solidité latérale d'un cordon à l'autre ».



de savoir ce que nous réserve l'avenir en matière d'innovations LSAM. Nous travaillons constamment en interne, avec nos clients et avec des centres de recherche pour trouver des solutions et des améliorations innovantes. »

Ce contenu a été produit en collaboration avec Thermwood. Toutes les images sont utilisées avec l'autorisation de Thermwood.

# Significant Cost Savings on Additive Tool

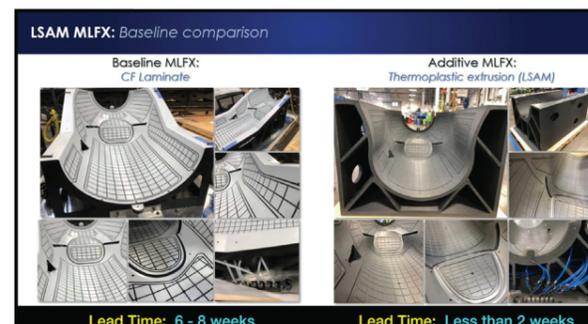
Partnership between Thermwood and General Atomics

## 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



**FOUNDRY LAB : "MAMAN AVAIT TORT. IL FAUT METTRE DU MÉTAL DANS LE MICRO-ONDES, ÇA N'EXPLOSER PAS !"**

« Fabrication de pièces à l'aide de moules imprimés en 3D ».

C'est probablement très culturel, mais j'ai grandi dans un environnement où on m'a appris que nos parents ont toujours raison – surtout les mères. Ils savent tout simplement ce qu'il y a de mieux. Imaginez ma surprise lorsque, à Formnext 2023, je suis tombée sur Foundry Lab, une entreprise suffisamment audacieuse pour affirmer haut et fort que « maman avait tort ». Bien sûr, je devais m'arrêter à leur stand pour leur dire qu'ils avaient tort d'affirmer une telle chose – quelle que soit leur raison – mais j'avais besoin de comprendre d'abord ce qui avait conduit à une déclaration aussi audacieuse. Cela m'a pris quelques mois et une conversation récente avec le fondateur et CEO **David Moodie**.

Nous avons peut-être découvert Foundry Lab l'année dernière, lorsqu'elle a fait ses débuts sur la scène européenne, mais l'entreprise a été fondée en 2018. Il s'est avéré que Moodie dirigeait un cabinet de conseil en design avant de fonder son entreprise et qu'il était frustré par leur capacité à prototyper uniquement des pièces en plastique et non des pièces moulées en métal.

« Mes clients se heurtaient à cette énorme lacune dans la fabrication – les pièces moulées sous pression sont impossibles à prototyper. J'étais frustré par l'impossibilité de tester nos conceptions dans le matériau de production – j'ai donc décidé de résoudre le problème moi-même », a-t-il déclaré.

Cela semble simple, mais ça ne l'est vraiment pas. Si j'ai été séduit par leur tactique de marketing, plus j'ai lu sur eux, plus j'ai trouvé matière à débat.

#### Que fait Foundry Lab ?

Pour faire simple, l'entreprise basée en Nouvelle-Zélande exploite les atouts du moulage traditionnel et les associe à la fabrication additive et à la technologie des micro-ondes pour produire des pièces métalliques.

Si j'ai bien compris, la réflexion stratégique de l'entreprise repose sur une dure réalité : il est difficile, voire impossible, d'imprimer en 3D une pièce de fonderie. Et surtout, il ne faut pas confondre cette dernière avec une pièce métallique, car il s'agit de deux choses différentes.

Pour combler le fossé entre le moulage et l'impression 3D, l'équipe a mis au point une solution appelée

#### «Digital Metal Casting»

Moodie explique le fonctionnement de cette solution : « Nous abordons le moulage de manière un peu différente : nous imprimons des moules en 3D dans une poudre de céramique, nous insérons un morceau de métal dans le moule, puis nous chauffons le moule. La pièce fond et remplit la cavité. Le résultat est un moulage avec le même alliage et la même géométrie que votre moulage de production ».

La controverse pourrait survenir lorsque Foundry Lab a déclaré « Arrêtez d'imprimer des prototypes ». Un point que le fondateur clarifie : « Nous disions essentiellement que si vos pièces sont destinées à être coulées en production, elles devraient être coulées en prototype. Les pièces métalliques imprimées ont la même couleur qu'une pièce moulée, mais c'est à peu près tout. Vous ne pouvez pas obtenir les données dont vous avez besoin à partir d'une impression ».



Des moulages. Crédit : Foundry Lab.

#### Comment cela fonctionne-t-il ?

La première explication que m'a donnée **Hester Tingey** (responsable marketing de la société) à Formnext révèle un processus en quatre étapes qui comprend : une imprimante 3D basée sur la projection de liant, une station de dépoudrage et un four à micro-ondes – le tout fonctionnant avec une solution logicielle dédiée ; tous ces éléments sont fournis par Foundry Lab.

L'imprimante 3D fabrique un outil dans une céramique exclusive en utilisant un agent liant exclusif. Cette pièce subit un processus de durcissement par micro-ondes avant d'être dépoussiérée.

Le processus de moulage des métaux est réalisé sans qu'il soit nécessaire de verser du métal en fusion. Le métal solide, sous la forme d'un médaillon en forme de disque de Foundry Lab ou de toute autre pièce solide, est placé dans le moule, qui dispose d'un réservoir pour contenir cette matière première. Le four à micro-ondes ne fait pas fondre directement le métal, mais chauffe le moule en céramique à une température qui fait fondre le métal. Le métal en fusion s'écoule dans le moule, se solidifie en une pièce moulée et nécessite ensuite l'élimination de l'excès de matière, comme la bavure, comme pour tout autre moulage.

L'ensemble du processus présente cinq avantages principaux que Moodie énumère ci-dessous :

#### - Des pièces moulées de qualité sans aucune connaissance en matière de moulage.

Nous avons constaté que le marché de la fonderie aux États-Unis et dans l'Union européenne est en plein essor, mais que les fonderies continuent de fermer. Le problème est que nous avons perdu la main-d'œuvre possédant les connaissances techniques nécessaires pour travailler dans la fonderie. L'objectif de Foundry Lab est de numériser la fonderie, afin de permettre à un opérateur non formé de réaliser des pièces de qualité.

- **Sécurité** : Le moule entre dans le four à froid et en ressort à froid. Il s'agit d'un moulage sans intervention. Il s'agit d'un changement de paradigme : on passe d'une fonderie sombre, avec du feu et de la fumée, à un environnement de salle blanche.

- **Toute géométrie** : En numérisant la fabrication du moule (impression 3D), nous disposons d'une liberté



Crédit de l'image : Eaton & Foundry Lab

géométrique totale. La façon dont nous coulons permet également d'obtenir des parois minces – nous pouvons donc réaliser tout ce que la coulée sous pression aurait pu faire – sans la pression, les moules en acier ou les experts en coulée.

- **Rapidité** : le système peut produire une pièce en moins de 24 heures. Les pièces sont coulées dès le lendemain. (par rapport aux 6 à 18 mois dont dispose actuellement l'industrie).

- **Coût** : Il s'agit d'une question complexe – ce système est beaucoup moins cher que le moulage pour les petites séries. Il y a une corrélation lorsque les quantités sont plus importantes. Mais le coût initial de l'outillage est ce qui empêche les prototypes et les petites séries d'être coulés. En ce qui concerne les domaines susceptibles d'être améliorés dans ce processus, le fondateur mentionne des tailles plus grandes et des alliages à plus haute température – deux éléments que l'entreprise est en train d'améliorer.

#### Applications clés

« Nous avons déjà des pièces sur des voitures, sur la route ! La raison en est que les pièces sont fonctionnellement équivalentes aux pièces moulées de production. Les applications que nous voyons actuellement sont la R&D en fonderie, la production de pièces anciennes sans requalification (résilience de la chaîne d'approvisionnement) et les courts tirages/passerelles entre les essais et la production de masse », a déclaré Moodie à 3D ADEPT Media lorsqu'il a été interrogé sur les applications clés qui démontrent le potentiel de leur technologie.

En outre, le développement d'applications est favorisé par les collaborations industrielles et le développement de Foundry Lab ne fait pas exception à cette règle. L'un des efforts de développement qui mérite d'être mentionné est celui de la société mondiale de gestion de l'énergie Eaton, qui s'appuie sur le système numérique de coulée des métaux pour couler des pièces en aluminium en quelques semaines plutôt qu'en quelques mois.

Ces pièces comprennent des broches en acier inoxydable et sont décrites comme « une avancée technologique qui n'est pas possible avec l'impression 3D traditionnelle ».



Crédit de l'image : Eaton & Foundry Lab

« Eaton est souvent confronté au défi de l'application de la fabrication assistée par ordinateur à des applications existantes parce que le changement de processus et/ou de matériau constitue un obstacle technique trop important », déclare **Cameron Peahl**, responsable de la fabrication additive au centre d'excellence de fabrication additive d'Eaton. « Dans cet exemple, la technologie de Foundry Lab nous permet de tirer parti de la vitesse

et de la souplesse de la fabrication additive tout en conservant la méthode et le matériau de coulée conventionnels, y compris la goupille en acier coulée sur place. Il s'agit d'une avancée considérable dans notre parcours en matière de FA. » Conscient que l'objectif de la plupart des utilisateurs est de parvenir à une production en série et en masse, Moodie confirme qu'ils « ne veulent pas rester bloqués là où l'impression 3D se trouve actuellement ». « Nous

nous concentrons sur la production – c'est ce qui est nécessaire pour combler le déficit de capacité dans l'industrie aujourd'hui. »

Toutefois, dans l'intervalle, les étapes à court terme de l'entreprise consistent à achever la numérisation de l'ensemble du processus de coulée et à qualifier tous les alliages de coulée clés pour permettre au système de s'intégrer parfaitement dans la fabrication.

# Événements de l'industrie

## 2024



mesago

formnext

19 – 22.11.2024  
FRANKFURT / GERMANY

Restez au courant des derniers événements, conférences, expositions et séminaires de l'industrie de la fabrication additive.

ALLEMAGNE	USA
<p><b>FORMNEXT</b> 19-22 NOVEMBER 2024 FRANKFURT <a href="http://www.formnext.com">www.formnext.com</a></p>	<p><b>RAPID + TCT</b> JUNE 25, 2024 TO JUNE 27, 2024 LOS ANGELES CONVENTION CENTER, LOS ANGELES, UNITED STATES <a href="http://www.rapid3devent.com">www.rapid3devent.com</a></p>
<p><b>HANNOVER MESSE</b> 22-26 APRIL 2024 HANNOVER <a href="http://www.hannovermesse.de">www.hannovermesse.de</a></p>	<p><b>SPACE TECH EXPO US</b> 14-15 MAY, 2024 LONG BEACH, CA <a href="http://www.spacetecheexpo.com">www.spacetecheexpo.com</a></p>
<p><b>RAPID.TECH 3D</b> MAY 14, 2024 TO MAY 16, 2024 ERFURT TRADE FAIR, ERFURT, GERMANY <a href="http://www.rapidtech-3d.com">www.rapidtech-3d.com</a></p>	<p><b>SUEDE</b></p>
<p><b>SPACE TECH EXPO EUROPE</b> 14 – 16 NOVEMBER, BREMEN <a href="http://www.spacetecheexpo-europe.com">www.spacetecheexpo-europe.com</a></p>	<p><b>EURO PM2024 CONGRESS &amp; EXHIBITION</b> SEPTEMBER 29, 2024 TO OCTOBER 2, 2024 MalmöMässan Exhibition &amp; Congress Center, Malmö <a href="http://europm2024.com">europm2024.com</a></p>
ESPAGNE	CANADA
<p><b>ADDIT3D 2024</b> 4-7 JUNE, 2024</p>	<p><b>FABTECH CANADA 2024</b> JUNE 11, 2024 TO JUNE 13, 2024 The Toronto Congress Centre (South Building), Toronto, United States <a href="http://canada.fabtechexpo.com">canada.fabtechexpo.com</a></p>
<p><b>METAL MADRID 2024</b> 20-21 NOVEMBER, 2024</p>	<p><b>D'AUTRES ÉVÉNEMENTS SERONT AJOUTÉS ULTÉRIEUREMENT !</b></p>
ROYAUME-UNI	
<p><b>TCT 3Sixty</b> JUNE 5, 2024 TO JUNE 6, 2024 NEC, NATIONAL EXHIBITION CENTRE, BIRMINGHAM <a href="http://www.tct3sixty.com">www.tct3sixty.com</a></p>	

## Shape the future of manufacturing

Demand for more complex, customized parts is rising fast. Product cycles are shortening, traditional supply chains are evolving, and the importance of sustainability continues to grow.

Additive Manufacturing offers you the solutions to meet these challenges and inspire your customers.

**Stay ahead of the competition! Visit Formnext, the international expo and convention for Additive Manufacturing in Frankfurt am Main.**

**Where ideas take shape.**

Early bird discount  
until 22 October 2024

Secure tickets!  
[formnext.com/tickets](http://formnext.com/tickets)

Honorary sponsor



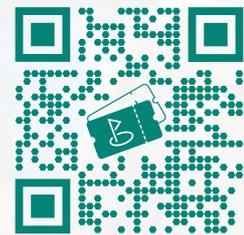
Working Group  
Additive Manufacturing

Stuttgart, Germany 2024

# MedtecLIVE

LEADING EUROPEAN EXHIBITION  
FOR MEDICAL TECHNOLOGY

18 – 20  
JUNE  
2024



Learn more  
and secure  
your ticket!

## WE SPEAK MEDICAL TECHNOLOGY!

Immerse yourself in the world of the medical device supply sector at MedtecLIVE 2024. We speak your language! Meet specialists who understand your challenges and offer tailored solutions. Discover trends, find alternative suppliers and ensure a stable supply chain. Attend presentations and discussions to learn how companies are tackling today's challenges and stay up to date with new manufacturing technologies and market trends.

Automation, digitalization and the circular economy will be in the spotlight, as will the EU MDR (Medical Device Regulation). Meetings can be held efficiently thanks to short walking distances in Messe Stuttgart's largest hall. Use our digital tools to prepare and network to ensure your visit is a success.

**Join the in-depth discussions – BE PART OF IT**

[medteclive.com](https://medteclive.com)

Honorary sponsors



SWISS MEDTECH

NÜRNBERG MESSE