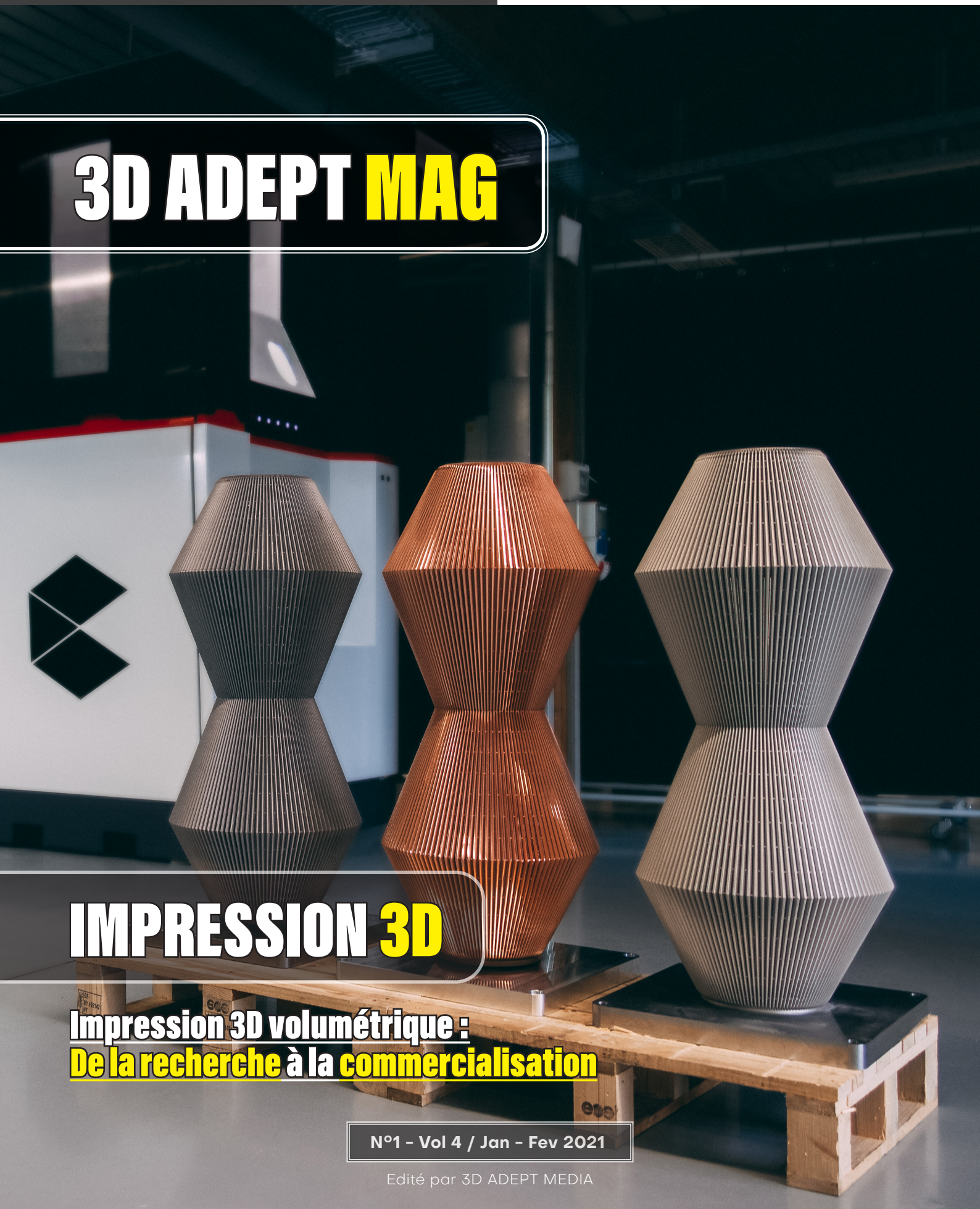
FABRICATION

additive

3D ADEPT MAG



IMPRESSION 3D

Impression 3D volumétrique : De la recherche à la commercialisation

N°1 - Vol 4 / Jan - Fev 2021

Edité par 3D ADEPT MEDIA

WWW.3DADEPT.COM

3D ADEPT MEDIA



All about Additive Manufacturing

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

3D Printing
AM solutions

Materials
Post-processing

Software
3D Scanner

News
Interviews

Research
Innovations

Case studies
Tests

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

3D ADEPT MEDIA
All about Additive Manufacturing



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
Téléphone : +32 (0) 4 89 82 46 19

Toute reproduction, même partielle, des articles et iconographies publiés dans 3D Adept Mag sans l'accord écrit de la société éditrice est interdite.

Crédit image de couverture: AMCM GmbH

Questions et feedback:
3D ADEPT SPRL (3DA)
VAT: BE0681.599.796
Belgium -Rue Borrens 51 - 1050 Brussels
Phone: +32 (0) 4 89 82 46 19
Email: contact@3dadept.com
Online: www.3dadept.com

SCAN ME

3D ADEPT MEDIA
All about Additive Manufacturing

Table de contenus

Editorial 04

Dossier 07

IMPRESSION 3D VOLUMÉTRIQUE : DE LA RECHERCHE À LA COMMERCIALISATION

FA Métal 13

À QUOI RESSEMBLE LA FABRICATION ADDITIVE « SUPERSONIQUE » ?

« Focus on you series » 19

Thermwood - IL EXISTE UN MARCHÉ POUR LES TRÈS GRANDES PIÈCES IMPRIMÉES EN 3D

Post-traitement 23

OPTIMISER LE FLUX DE LA FABRICATION ADDITIVE MÉTAL

Interview du Mois 27

AMCM GMBH – OSEZ

Applications 31

AVANCÉES ACTUELLES ET OBSTACLES EXISTANTS DANS LE DOMAINE DE L'IMPRESSION 3D DENTAIRE

Matériaux. 35

CES MATÉRIAUX D'IMPRESSION 3D INHABITUELS

Focus sur un pays 41

LES PAYS-BAS

Chronique de l'invité 47

INTÉGRATION DES TECHNOLOGIES DANS LA FA : COMMENT GAGNER EN EFFICACITÉ ET EN COMPÉTITIVITÉ

Bonjour & bienvenue

Une question de vitesse.

Cela fait déjà un mois que nous avons fait nos adieux à 2020 et que nous avons accueilli avec beaucoup d'espoir la nouvelle année.

Tout au long de la préparation de ce premier numéro de l'année, nous nous sommes rendu compte que les choses n'étaient pas nécessairement nouvelles. Dans certains aspects de la vie et à certains endroits, c'était comme si les choses n'avaient pas tant changé que ça, à part le retournement d'une nouvelle page du calendrier, mais un regard plus attentif à l'environnement montre que, ce n'est pas ce qui est nouveau en 2021 qu'il faut regarder, mais le rythme rapide auquel la situation évolue. Regardez la vitesse à laquelle les vaccins contre le covid-19 ont été mis sur le marché, regardez la vitesse à laquelle les gens se font vacciner... dans l'industrie manufacturière, la question de la vitesse n'a jamais été aussi importante qu'aujourd'hui. Si vous êtes une entreprise qui souhaite créer une chaîne de production efficace, les questions de rapidité, de coût et de qualité seront d'une importance capitale. Si vous êtes une entreprise spatiale qui fait ses premiers pas sur un nouveau marché – par exemple, le marché des satellites –, là encore, la vitesse jouera un rôle crucial.

En bref, ces quelques exemples nous font croire que la capacité d'agir rapidement pourrait être une clé pour se distinguer des autres de la même gamme. Que ce soit dans le dossier exclusif, le segment de la FA métal, l'Interview du mois ou le segment dédié aux utilisateurs de la FA, ce numéro de 3D ADEPT Mag explore la «vitesse» à travers différentes perspectives de fabrication.

Après tout, comme le dit le proverbe, « il n'y a pas de limites de vitesse sur la route du succès ».



Kety SINDZE
Editrice-en chef chez 3D ADEPT Media
ketys@3dadept.com

Edité par 3D ADEPT MEDIA

Editorial

The Leader in Additive Manufacturing

LSAM
Large Scale Additive Manufacturing



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

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

THERMWOOD

www.thermwood.com 800-533-6901

MADE IN USA



Figurine imprimée en 3D fabriquée avec la technologie d'impression 3D volumétrique de xolo – Crédit : xolo

IMPRESSION 3D VOLUMÉTRIQUE : DE LA RECHERCHE À LA COMMERCIALISATION

Il existe tellement de technologies de fabrication additive qui promettent beaucoup et offrent peu que parfois, il est difficile de percevoir leur rôle effectif dans la fabrication. Cependant, une technologie relativement nouvelle appelée impression 3D volumétrique gagne de plus en plus de l'ampleur pour une raison : non seulement elle intrigue par un procédé qui est bien différent des procédés bien établis couche par couche, mais elle promet beaucoup plus : la possibilité d'imprimer un objet entier en une seule fois et en quelques secondes. Ne serait-ce pas là un rêve devenu réalité ?

Pour nous faciliter la tâche, nous utilisons le terme «impression 3D volumétrique». Notez que cette nouvelle technologie a plus d'un nom fantaisiste : impression 3D tomographique, xolographie (nommée ainsi par XOLO), fabrication additive volumétrique – pour ceux qui voudraient souligner la perspective industrielle de la technologie – ou même «système et méthode pour un dispositif d'affichage optique à commutateur tridimensionnel (OSD)». Ce dernier est une invention de la Southern Methodist University de Dallas, qui a obtenu un brevet de l'Office américain des brevets pour ce système.

Cependant, une société qui commercialise une technologie holographique a souvent appelé l'impression volumétrique «Hologramme 2.0». L'impression 3D volumétrique n'est cependant pas produite de la même manière que les hologrammes, en ce sens qu'il n'y a pas de motif d'interférence généré ou utilisé dans l'impression volumétrique de base.

Quoi qu'il en soit, cela fait déjà cinq ans que l'impression volumétrique 3D est en phase de recherche, mais le processus a gagné en crédibilité l'année dernière lorsque certains experts du domaine ont annoncé la commercialisation de leur technologie.



Tout d'abord, découvrons ce qu'est l'impression 3D volumétrique

L'impression 3D volumétrique (abréviation ***V3DP*** tirée de l'anglais Volumetric 3D Printing) est assez complexe à définir. Dans ce procédé, un motif est projeté dans une cuve de photopolymère liquide transparent de manière répétée sous tous les angles. Cette technologie à base de résine est souvent comparée à l'impression SLA. Toutefois, ce qui la rend unique est le fait que, plutôt que de durcir la résine en projetant une image 2D de la couche actuelle dans le récipient, la V3DP utilise plusieurs lasers pour créer des points d'intersection dans le liquide. De plus, alors que les imprimantes 3D à base de résine ne peuvent pas résister à l'oxygène, ce dernier peut être utilisé comme additif dans le procédé V3DP car l'opérateur doit ralentir la solidification, les motifs lumineux devant traverser la résine librement sur une certaine distance.

Parmi les scientifiques qui ont réfléchi sur le sujet, trois groupes sont assez intéressants à suivre :

1- Brett E. Kelly, Indrasen Bhattacharya, Hossein Heidari, Maxim Shusteff, Christopher M. Spadaccini, Hayden K. Taylor, des chercheurs de l'Université de Berkeley ont présenté la technologie qu'ils ont développée par reconstruction tomographique. Leur rapport se lit comme suit :

« Nous avons développé une méthode, la lithographie axiale calculée (CAL = computed axial lithography), qui nous a permis de synthétiser des géométries arbitraires de manière volumétrique par photopolymérisation. L'approche CAL présente plusieurs avantages par rapport aux méthodes d'impression conventionnelles basées sur les couches. Notre méthode peut être utilisée pour contourner les structures de support, car elle peut imprimer dans des fluides à haute viscosité ou même dans des solides. L'impression 3D de structures autour de composants solides préexistants est également possible grâce à notre approche. CAL est extensible à des volumes d'impression plus importants et est plusieurs ordres de grandeur plus rapide, dans une plus large gamme de conditions, que les méthodes couche par couche ».

2- Les chercheurs de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne et fondateurs de **Readily3D**, Damien Loterie, Paul Delrot, et Christophe Moser. Ils expliquent comment le projet a débuté :

« Au cours de nos études de doctorat, nous avons discuté à de multiples reprises de nouveaux concepts de photopolymérisation qui impliquaient la mise en forme de faisceaux lumineux en 3D pour créer l'objet souhaité. Notre projet a vraiment pris son envol lorsqu'en 2017, nous avons décidé de tester expérimentalement si nous pouvions fabriquer un objet en 3D en éclairant une résine photosensible sous plusieurs angles, ce qui était la base de l'impression tomographique. Ces premières expériences ont été étonnamment réussies, et nous avons réalisé que nous étions sur la bonne voie ».

La technique de Readily3D est également basée sur les principes de la tomographie. Leur procédé fonctionne en envoyant un laser à travers un gel translucide – soit un gel biologique, soit un plastique liquide.

3- Et **xolo**. Fondée en janvier 2019, la majorité de l'équipe a travaillé sur la xolographie tout au long de l'année 2019. L'équipe a expliqué :

« La technologie de xolographie peut très bien être décrite comme un processus dans lequel une zone d'impression plane se déplace continuellement – et à grande vitesse – à travers un réservoir de photopolymère plutôt que le photopolymère se déplaçant lentement d'un réservoir à la zone d'impression – comme vue dans une imprimante SLA/DLP conventionnelle ».

Malgré le caractère unique de chacune de ces approches d'impression 3D volumétrique, nous pourrions être tentés de penser que cette approche n'est plus de l'impression 3D car elle ne répond pas au principe couche par couche. La vérité est que, bien que nous ne voyions pas fonctionner le fameux «axe Z», dans ces approches, le processus fonctionne simultanément en trois dimensions en même temps.

« La plupart des technologies d'impression 3D reposent sur un procédé additif couche par couche. L'impression volumétrique, en revanche, repose sur une cuve remplie de photopolymère dans laquelle chaque voxel (analogue 3D d'un pixel) peut être adressé de manière sélective pour le faire passer de l'état liquide (non durci) à l'état de matériau dur (durci) souhaité », explique l'équipe de xolo.

En outre, au niveau des matériaux, la résine visqueuse peut permettre l'intégration de **beaucoup plus d'additifs que ce que les imprimantes 3D courantes** à base de résine pourraient contenir, ce qui ouvre davantage de possibilités pour le développement de nouveaux matériaux.

Dans cet ordre d'idées, le processus qui est assez similaire à l'impression 3D SLA/DLP (et où il n'y a pas de couches) peut être considéré comme une nouvelle génération de technologies de fabrication additive car les pièces se solidifient instantanément en trois dimensions.

S'attaquer à un problème urgent dans le domaine de la fabrication

L'avantage le plus significatif du V3DP est la rapidité. Jusqu'à présent, les technologies de FA permettent de livrer une pièce entière en quelques jours ou quelques heures selon la technologie utilisée. Le V3DP promet la vitesse d'impression la plus rapide jamais vue dans l'industrie de la FA, car il peut imprimer un objet entier en quelques secondes ou minutes.

« L'aspect le plus spectaculaire de notre technologie est la vitesse : comme le volume entier est solidifié en même temps et non couche par couche, les objets peuvent être imprimés en quelques dizaines de secondes seulement. C'est une révolution car aucune autre méthode ne peut rivaliser avec elle à une échelle et une résolution similaires », l'équipe de Readily3D explique.

Xolo ne pourrait pas être plus d'accord avec Readily3D, la technologie V3DP est la base d'une vitesse et d'une liberté de conception sans précédent *« car les pièces imprimées n'ont plus besoin d'être attachées à une plateforme »*.

Et il y a aussi d'autres avantages :

« L'impression directement dans le volume de résine permet également de résoudre les problèmes supplémentaires des systèmes traditionnels de FA. Par exemple, nous n'avons pas besoin de supports temporaires pour imprimer des structures creuses ou des surplombs, car l'objet est maintenu en place par la résine pendant le temps d'impression relativement court. L'absence de contact mécanique entre l'imprimante et la résine signifie également que nous pouvons imprimer à l'intérieur de conteneurs scellés et stériles. Enfin, nous sommes en mesure d'imprimer des matériaux souples et déformables, ce qui est généralement difficile, voire impossible, à réaliser sur des systèmes de FA basés sur des opérations de dépôt ou de rechargement ».

« L'impression 3D volumétrique ne remettra en question l'état de la technique que lorsque les clients ne seront pas satisfaits des solutions existantes. Pensez aux applications sensibles au temps ou à l'enlèvement manuel des structures de support, à l'effet d'escalier, etc. Avec le lancement du xube, nous espérons inspirer les esprits créatifs pour des applications qui n'étaient pas réalisables auparavant. Nous voulons permettre la réalisation de produits qui étaient inimaginables auparavant », nous a expliqué l'équipe de xolo.

Les technologies d'impression 3D volumétrique et leurs spécifications

Le buzz autour du procédé V3DP est peut-être difficile à ignorer, mais la réalité montre que la liste des entreprises qui passent du laboratoire aux marchés est encore très courte.

Dans le domaine de la recherche, outre les chercheurs de l'université de Berkeley mentionnés ci-dessus, un groupe de chercheurs de l'université du Michigan s'est penché sur la question. Toujours dans le domaine de la recherche, Siemens Energy a déposé en 2018 un brevet pour «*Systems And Methods Of Volumetric 3D Printing*» qui décrit un procédé similaire à celui développé par T3DP, une start-up californienne qui développe une technologie d'impression 3D. Cette dernière repose sur une résine comprenant une *« molécule de commutation moléculaire optique, dans laquelle la molécule de commutation moléculaire optique a un état non fluorescent et un état fluorescent, dans laquelle, à une longueur d'onde d'excitation optique, la molécule a un premier état, et à un second état, la molécule de commutation moléculaire optique est fluorescente à une seconde longueur d'onde d'excitation ».*

De plus, pour des raisons qui sont actuellement inconnues, nous avons découvert que Disney détient également un brevet pour « l'impression quasi instantanée d'objets à l'aide d'un liquide photodurcissant. » Apparemment, il s'agirait d'une forme d'impression 3D volumétrique.

Pour l'instant, les entreprises qui font du procédé V3DP une réalité sur le terrain en commercialisant leur technologie sont xolo et Readily3D.

L'imprimante 3D volumétrique xube



La startup allemande xolo a dévoilé sa nouvelle imprimante 3D en fin 2020. Baptisée xube, elle est basée sur une technologie que xolo a baptisée Xolographie (évidemment !). L'imprimante 3D xube est capable de fabriquer de petites pièces en 20 secondes environ et de grandes pièces en 5 minutes.

« Le xube est spécialement conçu pour les chercheurs curieux : Bien que des protocoles standard soient disponibles pour l'impression d'acryliques, il est ouvert à l'individualisation, tous les paramètres d'impression peuvent être choisis librement et tout matériau fabriqué soi-même peut être utilisé. Le client charge l'imprimante avec une cuve en photopolymère dont les dimensions [ascendantes] vont de >50 mm à 10 mm, ainsi que les coordonnées spatiales. En quelques secondes à quelques minutes environ (selon la taille de l'impression), l'objet est solidifié avec une grande précision sur la base d'un fichier d'entrée STL standard », a déclaré xolo à 3D ADEPT Media.

Selon l'entreprise, une fois que la pièce imprimée – ou «l'objet solidifié» selon les termes de xolo – est retirée de la cuve, « la résine résiduelle est éliminée par lavage et, selon le matériau utilisé, les propriétés finales du matériau peuvent être obtenues par traitement photographique ou thermique ».

xolo met actuellement sa technologie à la disposition des organismes de recherche.

L'imprimante Tomolite de Readily3D

Le produit phare de Readily3D s'appelle Tomolite. Avec une unité compacte de 30cm x 40cm x 60cm et un volume de construction de 10mm de diamètre et 27,5mm de hauteur, l'imprimante marqué CE peut trouver sa place sur n'importe quel banc ou banc de laboratoire.

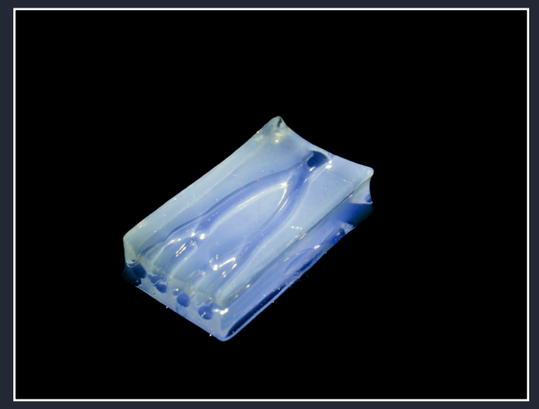
Décrit comme ultra rapide et convivial par ses inventeurs, l'appareil ne peut pas imprimer « un objet à l'échelle du centimètre, en matériaux souples et durs, en quelques dizaines de secondes avec une résolution optique de 40 um ».

Contrairement à l'imprimante 3D xube qui peut nécessiter une étape de traitement photo/thermique supplémentaire, Readily3D affirme qu'aucun post-traitement n'est nécessaire au-delà du lavage.

En parlant du processus d'impression, la société explique : « la résine est d'abord versée dans un flacon cylindrique, qui est ensuite chargé à la main dans l'imprimante. Le fichier STL de l'objet à imprimer est généré par un programme de CAO. L'imprimante est livrée avec le logiciel Apparite, qui permet le chargement et la manipulation des fichiers STL, ainsi que la configuration des paramètres de dose et le contrôle de l'impression »

Pour donner un exemple d'application, les fondateurs ajoutent : « notre imprimante peut façonner des biorésines photosensibles en constructions vivantes complexes comportant des vascularisations, des pores et des cavités, ce qui ne peut être fait avec aucune autre imprimante du marché avec la même vitesse et la même résolution ».

L'imprimante 3D peut être achetée par les entreprises et les institutions publiques. En fait, certaines unités sont déjà installées dans plusieurs centres de recherche en Europe.



Principales applications de l'impression 3D volumétrique

Notre échange avec les experts révèle que les principales applications de l'impression 3D volumétrique se trouvent dans les domaines de l'optique, de la dentisterie, de l'audiologie, de la bio-ingénierie, de la microfluidique et du prototypage.

En bref, des secteurs d'activité qui nécessiteront des méthodes rapides et évolutives pour créer des constructions 3D chargées de cellules à l'échelle centimétrique.

Actuellement, Readily3D pense que le marché est déjà prêt pour les applications en dentisterie et en audiologie, car ces secteurs décentralisent de plus en plus la fabrication en personnalisant directement les produits dans les magasins ou dans le cabinet du praticien.

Bien qu'il n'en soit qu'à ses débuts, la promesse de l'impression 3D volumétrique est évidente. La commercialisation et les applications possibles partagées par Readily3D et xolo montrent que la technologie est prête à être mise en œuvre.



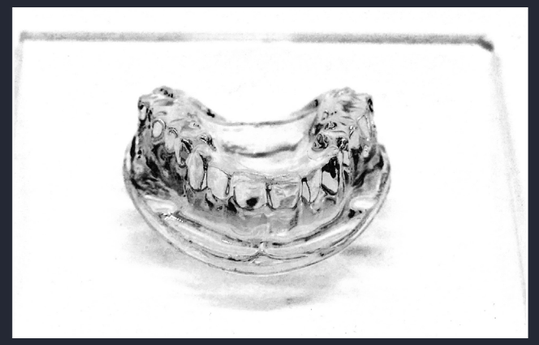


Image: Xolo – modèle dentaire

HIPER | 恒普

Full Series Debinding and Sintering Furnace

for Additive Manufacturing(AM)





- Debinding and sintering for Metal **Binder Jet** and **FDM**
- Heat treatment for Laser Printing
- Graphite hot zone and Moly hot zone available
- High vacuum acceptable









Hiper is the leading AM furnace manufacturer in the world

- Graphite/Metal hot zone debinding and sintering furnace
- Tailormade furnace acceptable

E : xiangwei.zou@hiper.cn/W: www.hiper.cn
NO.521,Haitong Road,Cixi City,Zhejiang,China

Kymera® INTERNATIONAL

Pioneers in Material Science™



Technology Leaders in Aluminum, Copper and Titanium for Additive Manufacturing

www.kymerainternational.com

ACuPowder · ecka granules Metal-Powder-Technologies · INNOBRAZE GmbH für Löt- und Verschleißtechnik · ReadingAlloys advanced engineered materials · SCM

À QUOI RESSEMBLE LA FABRICATION ADDITIVE « SUPERSONIQUE » ?

Dans un environnement de production où l'augmentation du retour sur investissement est souvent l'objectif ultime, les fabricants cherchent toujours des moyens d'accélérer la production de leurs produits. Mais cela comporte certains risques. En fin de compte, il y a toujours une chance que des changements dans la production puissent affecter la qualité du produit final. Comment pouvez-vous accélérer votre processus de production sans compromettre la qualité ?

Les entreprises qui veulent créer une chaîne de production efficace savent que les questions de rapidité, de coût et de qualité seront toujours sur la table. Plus le marché mondial devient compétitif, plus les réductions de coûts et la vitesse de production deviennent la solution numéro un pour augmenter les profits. Pour s'adapter à cette nouvelle réalité, les entreprises optent pour des procédés de fabrication modernes tels que la FA. En général, beaucoup semblent être d'accord avec la flexibilité de conception et l'efficacité des matériaux que la FA procure, mais malgré ces avantages indéniables, une chose que les fabricants de technologies FA ont du mal à améliorer de manière significative dans leur processus est la **vitesse**. Nous nous sommes rendu compte qu'il existe une technique de fabrication qui est particulièrement reconnue pour sa capacité à répondre aux exigences de vitesse de production de certaines industries : Le dépôt de particules supersoniques (SPD = **Supersonic Particle Deposition**, également appelé pulvérisation à froid ou Cold Spray en anglais).

Cette rubrique exclusive a pour but de présenter les méthodes, les défis et les applications de ce procédé et les raisons pour lesquelles il est particulièrement bien placé pour répondre aux exigences de certaines industries. Pour discuter de ces sujets, nous avons invité deux entreprises qui ont fait de cette technique leur activité principale : Titomic et SPEE3D. **Jeff Lang**, fondateur de Titomic Limited, directeur exécutif et directeur technique, ainsi que les co-fondateurs de SPEE3D, **Byron Kennedy** et **Steven Camilleri,** sont les principaux contributeurs de cette exclusivité.

La fabrication à double vitesse

D'un point de vue économique, la vitesse idéale de fabrication nécessite un équilibre parfait entre les processus physiques de production, le système plus large qui permet à ces processus de fonctionner, et la coordination d'une chaîne d'approvisionnement dans la poursuite de la satisfaction des besoins des clients.

Cependant, dans le domaine de la fabrication – et en particulier dans les processus de fabrication additive – les choses sont légèrement différentes. La vitesse commence à poser des problèmes lorsque les fabricants doivent faire face à des délais courts et lorsque l'objectif est la production à grande échelle. Dans cette perspective de fabrication, les opérateurs qui travaillent sur les machines de FA métal auront tendance à rechercher un procédé qui ouvre plus de possibilités en termes de matériaux et qui supporterait des températures de fusion très élevées pour aller très vite.

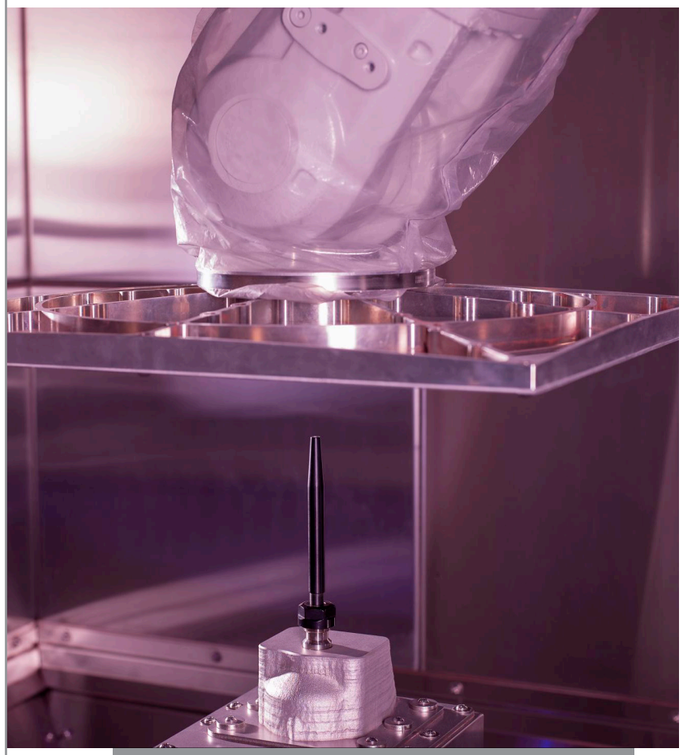
Seul petit bémol, selon les mots de **Jeff Lang**, « *le principal facteur que l'industrie de l'impression 3D métal a eu du mal à réaliser, est sa viabilité face à la vitesse de la fabrication traditionnelle de pièces métalliques à l'échelle industrielle, en particulier dans les industries aérospatiale et de la défense* ».

En effet, « *dans la FA traditionnelle, la poudre de métal est fondue par un laser – ce processus prend une poudre solide, la fait fondre en un liquide, puis la transforme en un solide. Ce processus prend du temps, basé sur la physique, et est facile à calculer. Afin d'accélérer ce processus pour plus d'efficacité, il fallait un procédé qui ne fasse pas fondre la poudre* », expliquent **Byron Kennedy** et **Steven Camilleri.**

Ces défis conduisent donc à l'intérêt croissant pour la technologie de fabrication additive (FA) par dépôt de ***particules supersoniques*** (également connue sous le nom de Cold-Spray).

Alors, qu'est-ce que le Cold Spray ?

Comme le note Jeff Lang de Titomic, le dépôt de particules supersoniques (Cold-Spray) est utilisé commercialement depuis plus de 30 ans, mais son application dans la fabrication additive est assez récente.



Légende : Buse de l'imprimante 3D « WarpSPEE3D »

La pulvérisation à froid est définie comme un processus de consolidation des matériaux par lequel des particules de taille micronique d'un métal, d'une céramique et/ou d'un polymère sont accélérées par un pistolet de pulvérisation équipé d'une buse de fusée ***De Laval*** à l'aide d'un gaz chauffé à haute pression (hélium ou azote). Dans ce processus, les particules sortent à des vitesses supersoniques et se consolident en heurtant une surface appropriée pour former un revêtement ou une pièce en forme de filet à l'aide d'un impact balistique.

La principale innovation de ce procédé serait l'utilisation d'une **«buse de Laval»**, une buse convergente-divergente qui permet à la poudre métallique d'atteindre des vitesses supersoniques. Selon les experts, le procédé a gagné en popularité dans la fabrication additive **grâce à sa capacité à appliquer des revêtements à composants multiples.**

En outre, contrairement aux autres technologies de dépôt de poudre, quatre avantages principaux caractérisent la SPD : **pas de zone affectée thermiquement, pas d'oxydes d'interface, génération de contraintes de compression en surface ainsi qu'aucune limitation d'épaisseur.**

Cela signifie que la liaison entre les matériaux et les particules ne nécessite généralement pas de source thermique. Il n'y a pas de cycle de fusion et de refroidissement car le processus est à l'état solide.

Considérations en termes de matériaux et de post-traitement

Comme il n'y a pas de chaleur, les opérateurs peuvent facilement explorer l'utilisation de matériaux réactifs tels que le titane, l'aluminium et le magnésium.

Selon les fondateurs de SPEE3D, « *chaque poudre a ce qu'on appelle une vitesse de dépôt. En accélérant une puissance si sa vitesse est trop lente, la poudre rebondit, trop vite, et la poudre va éroder le substrat. Entre les deux, il y a ce que nous appelons la «fenêtre de dépôt rapide. Par exemple, le cuivre peut être déposé à 450 mètres par seconde, l'aluminium à 600 mètres par seconde, et l'acier inoxydable à 700 mètres par seconde. Ce sont les vitesses idéales.* »

En ce qui concerne SPEE3D, les fondateurs expliquent qu'ils accélèrent « *la puissance jusqu'à une valeur comprise entre Mach 1,5 et Mach 2 selon le matériau utilisé (la vitesse supersonique est supérieure à Mach 1 ou à 343 mètres par seconde)* ».

Cependant, il convient de prêter attention à la ductilité du matériau pulvérisé. En effet, les poudres moins ductiles sont moins sujettes à la déformation. Dans ce cas, la pièce imprimée en 3D révèle une fragilité qu'on ne voit pas dans les pièces traitées thermiquement. Il est intéressant de noter qu'un post-traitement thermique tel que le pressage isostatique à chaud (HIP) peut supprimer ces effets. En revanche, les matériaux plus ductiles (par exemple, l'aluminium, le cuivre) ne présentent pas cette caractéristique et nécessitent donc moins de post-traitement.



Légende : Marteau en cuivre imprimé en 10 minutes avec la technologie de SPEE3D

Des routes différentes mènent à la «vitesse».

Au milieu de cet éventail de caractéristiques, la caractéristique la plus impressionnante de la pulvérisation à froid reste la vitesse. Il va sans dire que pour développer leur technologie, chaque fabricant a apporté quelque chose d'unique à son procédé.

Appelé **Titomic Kinetic Fusion (TKFTM)**, le procédé breveté de Titomic permet la fabrication additive à l'échelle industrielle de pièces en titane.

Lang se rappelle qu'en 2008, il a été contacté par le CSIRO, l'organisation scientifique nationale australienne, pour étudier la création d'une chaîne de valeur holistique autour du titane, dont l'Australie possède les plus grandes réserves minérales au monde.

« Pour débloquer cette chaîne de valeur, il a fallu mener une enquête approfondie sur les technologies de production pour la fabrication du titane dans le but de trouver le processus le plus viable avec la proposition de valeur la plus unique. Après avoir étudié diverses technologies de fabrication de pièces en titane, il est apparu que la vitesse et la taille des pièces étaient limitées par les procédés de fabrication par fusion. Comme je cherchais à utiliser de grandes quantités de poudre de titane, il me fallait trouver une technologie de FA adaptée qui soit commercialement viable par rapport aux méthodes traditionnelles de fabrication du titane », explique **Lang**.

Lang a réalisé qu'en raison de ses taux de dépôt élevés, le procédé de revêtement métallique haute performance était un grand pari pour produire des pièces de FA plus rapidement et « sans les contraintes de taille des imprimantes 3D à base de fonte ».

Aujourd'hui, le fabricant d'imprimantes 3D métal commercialise le **système TKF1000** qui permet des vitesses de fabrication de 6 à 10 kg par heure selon le type de matériau métallique utilisé et sa densité.



Jeff Lang

« Nos systèmes TKF personnalisés peuvent être configurés avec plusieurs têtes pour atteindre des vitesses de fabrication de 75 kg par heure. Comme pour tous les fournisseurs d'équipements de fabrication additive, certaines affirmations audacieuses concernant les vitesses de fabrication sont irréalistes, même si la machine peut être évaluée à ce maximum. Sur une seule tête du système TKF, nous pouvons fabriquer 30 à 45 kg par heure, mais il y aurait une porosité considérable à ces vitesses de fabrication, ce qui affecterait les propriétés mécaniques », ajoute l'expert.

Dans le cas de SPEE3D, c'est une voie différente qui a conduit au développement de leur technologie de FA de pulvérisation à froid.

Avec une décennie d'expérience dans le secteur manufacturier, SPEE3D n'est pas la première aventure entrepreneuriale de Kennedy et Camilleri. Dans la vie qu'ils menaient avant SPEE3D, ils ont réalisé le potentiel de l'impression 3D métal, mais ont également déploré ses limites.



Image: Titomic

« Le défi, cependant, était que la FA métal traditionnelle était trop chère et trop lente. Donc, en finissant avec l'entreprise de fabrication, nous avons décidé d'entrer dans l'espace de fabrication additive.

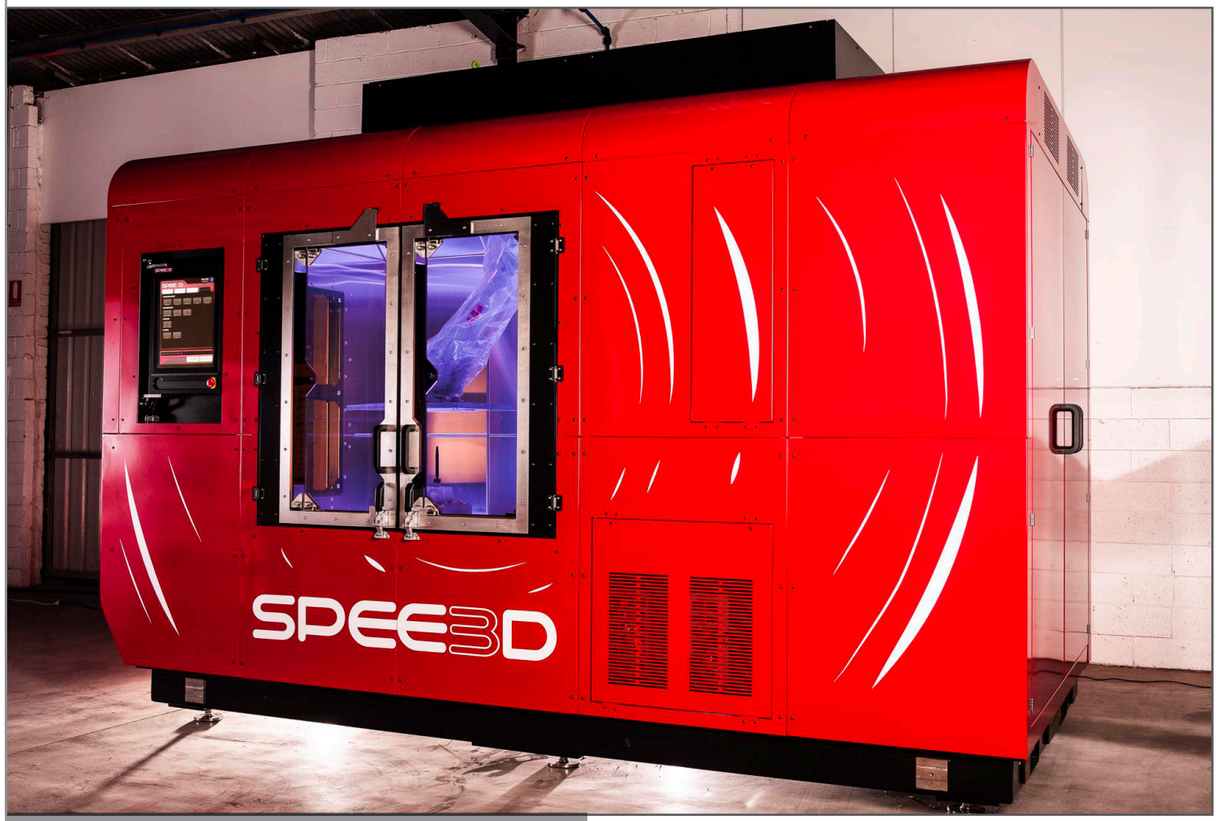
Nous avons commencé à chercher une technologie de FA adaptée à la fabrication – une technologie rapide et peu coûteuse. C'est alors que nous avons découvert le Cold Spray, qui à l'époque était principalement utilisé dans des applications de réparation militaire, et de manière «manuelle». Nous avons découvert que c'était quelque chose qui pouvait être amélioré. Donc, avec une formation en systèmes de contrôle et en robotique, nous avons pris un procédé manuel de projection à froid et l'avons transformé en une machine de projection métallique », soulignent les fondateurs.

Les deux fondateurs travaillent sur leurs objectifs à long terme: *« la limitation des imprimantes SPEE3D n'est pas la vitesse de dépôt, mais la robotique qui suit le Spray (projection à froid). Théoriquement, le processus pourrait être beaucoup plus rapide, ce qui rendrait le processus de FA encore plus facile, et c'est ce sur quoi SPEE3D travaille en permanence comme objectif à long terme ».*

Un examen approfondi de ces deux procédés d'impression 3D métal montre que les deux technologies permettent d'optimiser facilement la vitesse de construction pour obtenir les géométries et les propriétés mécaniques souhaitées – sans compter que le post-traitement (traitement thermique et/ou post-usinage) dépend beaucoup du choix initial du matériau.



Cofondateurs Byron Kennedy (CEO) et Steven Camilleri (CTO)



Imprimante 3D WarpSPEE3D

Applications et défis

Comme elle a été reconnue pour la première fois comme une technologie de réparation de pièces métalliques, les premières applications du SPD ont été vues dans la réparation des **boîtes de vitesses d'hélicoptères en magnésium**. Les fabricants soulignent les capacités technologiques de fabrication de pièces telles que les outils, les supports, les pompes, ainsi que de composants spécialisés. Selon les chercheurs, cet intérêt pour les applications militaires s'explique par la nécessité d'effectuer des réparations fréquentes sur le champ de bataille.

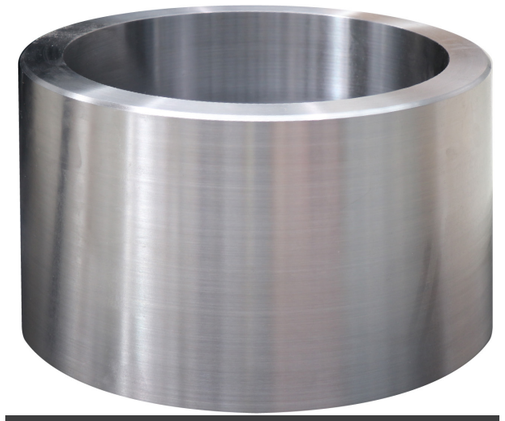
En parlant des boîtes de vitesses d'hélicoptères, **Danielle Cote**, professeur adjoint en science et ingénierie des matériaux et directrice du Centre de données sur le traitement des matériaux du WPI, note *« Si vous devez remplacer une pièce de ce type, cela peut prendre des mois, voire des années, et le coût est important – en supposant que la pièce soit disponible ou même encore en cours de fabrication. Pour réparer une boîte de vitesses par projection à froid, il faut des alliages à haute résistance, ténacité et ductilité. Notre méthodologie nous permettra de mettre au point des poudres qui pourront être utilisées pour réparer efficacement, voire fabriquer des pièces de ce type et remettre rapidement les hélicoptères en vol. L'armée est particulièrement intéressée par les systèmes portables de projection à froid, mais la technologie peut également être utilisée à plus grande échelle – dans l'industrie, par exemple – et il sera passionnant de voir comment les robots peuvent contribuer à étendre l'utilisation de ce procédé et d'autres procédés de fabrication additive ».*

Outre les applications militaires et de défense, nous avons également vu des applications de pulvérisation à froid de FA dans **l'industrie spatiale** et certains **produits de consommation de luxe**.

La FA Cold Spray semble cependant très prometteuse pour les entreprises de taille moyenne. Nous ne pouvons pas nier que la technologie est prête à répondre aux exigences de certaines industries, mais sa capacité à répondre aux besoins de production à grande échelle reste à démontrer.



Légende : Outil Invar 36 produit par TKF / Industrie : Aérospatiale
Taille : 800mm-L x 500mm-L x 450mm-H / Poids : 83Kg
L'industrie de l'outillage aérospatial a longtemps été confrontée à des coûts élevés et à de longs délais de livraison, ce qui est généralement associé à des processus de fabrication laborieux et à un gaspillage important de matériaux.
La fabrication de plaques frontales d'outils de forme quasi nette réduit la nécessité de souder les pièces entre elles, ce qui réduit le temps d'usinage et le coût global. Le procédé TKF permet également de réparer et de réutiliser les outils en ajoutant plus de matière sur les outils existants pour créer de nouvelles géométries de faces de formage.



Légende : Pièce en acier à haute résistance à la traction produite avec la technologie TKF
Matériau : 4340 Acier à haute résistance
Industrie : Défense
Taille : 450mm-P x 400mm-H x 50mm-WT
Poids : 131Kg
L'imprimante 3D TKF9000 de Titomic peut produire des pièces métalliques jusqu'à 9m de long, 3m de large et 1,5m de haut.

En outre, les chercheurs encouragent vivement les fabricants à examiner de près **la sélection des matériaux ainsi que la microstructure et les propriétés mécaniques des dépôts qui peuvent dépendre de différents paramètres de processus**. Dans cet ordre d'idées, le **contrôle géométrique** peut souvent être une question assez dérangeante. *« Le faible contrôle géométrique est attribué à une série de problèmes clés qui limitent l'application des technologies de fabrication additive, tels que la nécessité d'un post-usinage, la difficulté de fabriquer des formes complexes, les variations de propriétés induites par la géométrie et la qualité incohérente des pièces fabriquées. Par conséquent, relever le défi du contrôle géométrique est sans aucun doute d'une grande importance pour la FA Cold Spray ainsi que pour d'autres technologies de fabrication additive à grande vitesse »*, peut-on lire dans une étude.

Notes de conclusion

La pulvérisation à froid en FA a ouvert une nouvelle niche dans l'industrie de fabrication additive grâce à sa capacité à fabriquer des pièces de forme presque nette dans une variété de métaux. L'industrie militaire est l'un des principaux domaines qui voient un potentiel dans cette technologie. Néanmoins, l'adoption de la technologie pourrait être étendue à des secteurs d'activité qui cherchent à réduire considérablement le temps d'usinage et le gaspillage de matériaux et à produire des pièces dans des endroits éloignés.

BLT
Stock Code: 688333 | STAR Market in China |
BRIGHT LASER TECHNOLOGIES
Metal 3D Printing Specialist
BLT can provide a integrated technical solution of metal additive manufacturing and repairing for customers, including customized products, equipment, raw materials, software and technical service.
BIGGER THAN BIGGER
BLT-S500: 400X400X1500mm (Forming Size)
BLT-S600: 600X600X600mm (Forming Size)
Irregular Shaped Tube 1100mm
Fan Blade Bordure 1200mm
Wheel ϕ485X210mm
BLT Brand Metal AM Equipment
Supporting Materials:
Titanium Alloy, Aluminum Alloy, Copper Alloy,Superalloy, Stainless Steel, High-strength Steel, Die Steel, Tungsten Alloy
Powder Production:
BLT-TA1, BLT-TA15, BLT-TC4
No.1000 Shanglinyuan Seven Road, Hi-tech Zone, Xi'an City, Shannxi Province, P.R. China
+86 029-88485673 sales@xa-blt.com/marketing@xa-blt.com e.xa-blt.com

IL EXISTE UN MARCHÉ POUR LES TRÈS GRANDES PIÈCES IMPRIMÉES EN 3D



Il existe deux types d'entreprises de fabrication additive : celles qui construisent leur expertise et leur expérience à partir de zéro et celles qui s'appuient sur une expertise beaucoup plus solide. L'expérience a montré que les entreprises du second groupe apportent souvent un certain cachet qui les rend inévitablement crédibles pour le défi qu'elles relèvent.

Nous avons réalisé que, dans le domaine de la « *fabrication additive grand format* », Thermwood répond à ce critère unique et un échange avec Dennis Palmer, vice-président des ventes, confirme pourquoi.

CETTE SOLIDE EXPERTISE

Dans l'industrie de la FA, Thermwood est connue comme l'une des trois entreprises fournissant du matériel et des services d'impression 3D de très grand format avec des matériaux composites en granulés de polymère renforcé de fibres (FPR – Fiber Reinforced Polymer) découpés, mais un rapide retour aux années 1970 montre que ce n'est pas anodin.

L'activité initiale de Thermwood consistait à extruder des pièces en plastique. « *Pour diverses raisons, le produit a changé et de nouveaux marchés ont exigé que les pièces thermoformées en trois dimensions soient découpées. Il n'y avait rien sur le marché pour répondre à nos besoins pour cette application, c'est pourquoi Thermwood a conçu et construit la toute première défonceuse CNC. Nous fabriquons notre propre système de commande de machine et avons également développé un logiciel de conception d'armoires de troisième génération pour l'industrie du bois* », souligne **Palmer**.

Au cours des 50 dernières années, le fabricant de machines basé aux États-Unis n'a pas seulement acquis des connaissances, il s'est également positionné de manière unique en tant qu'entreprise capable de répondre aux exigences de ce domaine spécifique de la fabrication.



Son siège social se trouve dans la ville de Dale, dans l'Indiana, une région connue comme la « capitale mondiale du bois » pour les nombreuses entreprises de transformation du bois et de fabrication de meubles qui y sont implantées.

Toutefois, l'accent mis sur la fabrication à grande échelle de composites dans l'industrie de la fabrication de matériaux composites est plus logique si l'on sait que les défonceuses CNC (machines à trois et cinq axes) sont principalement utilisées dans les industries aérospatiale, maritime, automobile, plastique et militaire/défense ; en d'autres termes, les industries qui améliorent leur portefeuille de fabrication avec de nouvelles technologies.

Sans oublier qu'au niveau technologique, la LSAM (prononcé L-Sam pour Large Scale Additive Manufacturing) de Thermwood est une technologie hybride qui requiert les capacités de l'impression 3D et des machines CNC pour fournir la pièce souhaitée.

Quoi qu'il en soit, nous avons découvert aujourd'hui une entreprise qui fournit des machines, des pièces et des services à diverses branches du gouvernement américain ainsi qu'à des entrepreneurs de la défense américaine. Selon les mots de Palmer, 2020 a vu une équipe occupée à fournir « des machines aux entreprises qui fabriquaient des produits de protection individuelle contre la COVID-19, ainsi qu'aux industries qui fournissent des articles dans le besoin à ceux qui ont choisi de rester chez eux et de ne pas dépenser leur argent en vacances » ; des industries qui fournissaient des articles tels que des camping-cars, des produits marins et des véhicules tout-terrain. En outre, comme la FA a reçu un battage médiatique positif en 2020, cela a également aidé la société à maintenir « un important arriéré de commandes pour [ses] systèmes de fabrication additive à grande échelle (LSAM) ».



LSAM_1040

APPLICATIONS EXISTANTES ET ÉMERGENTES

Bien qu'elle est d'abord considérée comme un processus de modélisation de concepts et de prototypage rapide, la FA en général s'est rapidement étendue pour inclure des applications dans de nombreux secteurs d'activité. Malgré leur potentiel, il convient de noter que toutes les technologies de fabrication additive ne progressent pas au même rythme.

En ce qui concerne le processus de « *fabrication additive à grande échelle* » (LSAM), notre expert indique qu'il s'agit encore d'un **marché émergent.**

« *La machine a fait ses preuves sur nos marchés cibles actuels, mais seul le temps nous dira quels secteurs du marché futur pourront utiliser les capacités d'impression de formes quasi nettes* », confirme le **vice-président des ventes**. Les marchés actuels qui adoptent déjà la LSAM sont notamment **l'aérospatiale, l'automobile, la marine et la fonderie**. En fait, plusieurs machines de Thermwood sont actuellement installées dans plusieurs installations à travers ces industries.

Parmi les nombreuses applications qui ont été réalisées grâce au LSAM de Thermwood, la plus grande partie que la machine a imprimée en 3D à ce jour était un écran. Le représentant de l'entreprise explique qu'elle « a été conçue en utilisant 225 blocs imprimés qui ont été assemblés pour créer une structure de 93' de haut avec une base d'environ 30' de diamètre ». (Cela se traduit par une structure de 28 m de haut et de 9 m de diamètre).

De plus, parmi les nombreuses applications qui ont été rendues publiques, les applications marines ont suscité un intérêt croissant dans le domaine de la fabrication.

Exemple d'applications marines réalisées avec la LSAM de Thermwood

Que cela soit dû ou non à **l'augmentation des ventes pendant la pandémie**, les entreprises cherchent de plus en plus à améliorer les performances des bateaux. Si la fibre de carbone continue à susciter l'intérêt, la phase de fabrication met de plus en plus l'accent sur le recyclage et la combinaison de fibres composites et d'impression 3D.

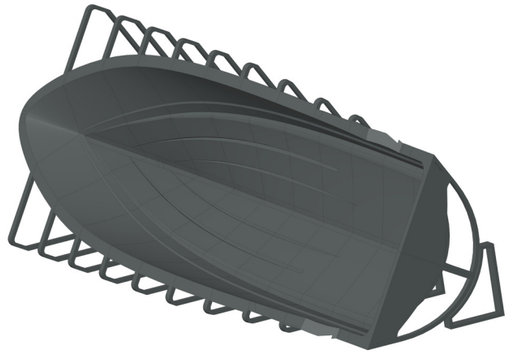
Le dernier exemple en date, partagé par le fabricant d'Indiana, met en évidence une nouvelle approche de **l'impression 3D du moule d'une coque de yacht.**

Dans le but de démontrer qu'un seul moule peut être nécessaire pour la fabrication de navires plus grands, Thermwood a imprimé en 3D différentes sections d'un yacht de 15 mètres de long. Pour la fabrication d'une section de 10 pieds à partir d'un moule de coque de yacht de 51 pieds de long (ce qui signifie une section de 304 cm à partir d'un moule de coque de yacht de 1554 cm de long), une conception de moule a été spécifiquement développée en tenant compte des exigences de la FA.

Ce qui est fascinant, c'est que lors de la phase de conception, chaque section de moule était associée à une bascule moulée.

La section a nécessité l'impression 3D de diverses pièces, chacune d'une hauteur d'environ cinq pieds (152 cm) avant d'être assemblée à l'aide de câbles en polymère haute résistance.

L'entreprise a expliqué que lorsque le moule est entièrement assemblé, il repose sur le sol sur ces bascules. À ce stade, le moule peut être retourné pour s'incliner d'environ 45 degrés de chaque côté, un peu comme un rocking chair géant. Cela permet



un accès plus facile pendant le processus de mise en place. Un ensemble de cales moulées est fixé sur les bascules pour maintenir le moule dans la position souhaitée. Une fois que la coque a été mise en place et complètement durcie, le moule est roulé à niveau et les coins imprimés sont fixés des deux côtés, les maintenant ainsi à niveau. Ensuite, les deux côtés du moule peuvent être dévissés et glissés l'un sur l'autre pour libérer la coque du bateau fini.



Scott and the Yacht piece

Fabriquée et ajustée sur la LSAM MT de 10×10 pieds de la société – la plus petite machine du fabricant – l'équipe a utilisé comme matériau l'ABS renforcé de fibres de carbone, car il est très abordable par rapport aux autres thermoplastiques renforcés.

Cette application de démonstration réussie peut montrer les capacités de la LSAM de Thermwood, mais ce qui la rend plus intéressante, c'est qu'elle est marche en pratique – et ce, au-delà de la construction navale.

Comme le souligne Palmer, *« le LSAM peut traiter des pièces à partir de pratiquement n'importe quel matériau composite thermoplastique utilisé, y compris les matériaux haute température qui sont idéaux pour les moules et les outils qui doivent fonctionner à des températures élevées. Les capacités d'impression uniques de la LSAM permettent de produire des pièces qui sont entièrement fusionnées, étanches au vide et pratiquement exemptes de vides ».*

Les défis existants et à long terme à relever

En général, nous entendons souvent dire que la FA des matériaux composites pose trois défis principaux : le problème de la répartition homogène du matériau de renforcement dans la matrice, la disponibilité de la matière première sous une forme appropriée et ses imperfections tout en examinant les variations chimiques des matériaux de base ainsi que la sélection des paramètres de processus idéaux pour fabriquer ces matériaux composites.

On ne peut pas légitimement attribuer ces défis à tous les fabricants spécialisés dans ce domaine, encore moins lorsque ces fabricants développent des technologies hybrides et des technologies de FA grand format – apportant ainsi le meilleur des deux mondes aux industriels.

Dans le cas de Thermwood, l'un des principaux problèmes auxquels l'entreprise s'attaque actuellement est la réduction de la nécessité pour l'opérateur de surveiller les températures pendant le processus d'impression.

« Actuellement, une caméra à imagerie thermique est utilisée, mais cela nécessite toujours que l'opérateur modifie manuellement les paramètres pendant le processus d'impression. Même si des modifications sont rarement nécessaires, un opérateur doit être en place lorsque les paramètres de contrôle doivent être modifiés. Nous prévoyons que la participation de l'opérateur sera considérablement réduite par les capacités de contrôle de la LSAM », explique le vice-président des ventes.

La réalité montre que la production de grandes pièces nécessite généralement des heures, voire des jours, d'impression et de découpage. C'est pourquoi l'application Thermwood Mobile a été développée pour permettre aux opérateurs de surveiller plus facilement les processus de la machine, l'avancement du programme, tout message d'erreur ou tout événement impromptu pouvant survenir au cours du processus d'impression.

ET MAINTENANT ?

L'activité de longue date de Thermwood a démontré que l'entreprise possède « l'expérience, l'ingéniosité et les éléments de base pour aborder la fabrication additive à grande échelle ». De la M400 – la plus grande machine qu'elle ait jamais construite pour augmenter la production de LSAM – à la LSAM MT ou même aux imprimantes 3D LSAM 1010, la société est prête à répondre à la demande croissante de production d'entreprises ayant des objectifs de fabrication très audacieux.

Ce contenu a été écrit en collaboration avec ***Thermwood****.*



SEGMENT DE POST-TRAITEMENT : OPTIMISER LE FLUX DE LA FABRICATION ADDITIVE MÉTAL

Un regard sur les solutions de post-traitement de GF Machining et les applications médicales

Le grand monde de la fabrication exige en permanence des entreprises qu'elles adoptent de nouvelles façons de penser, de nouveaux processus et de nouvelles machines. Fort de plusieurs siècles d'expérience dans le secteur manufacturier, **Georg Fischer** (alias GF) a consacré son activité principale à relever les défis de cet univers. Par le biais de ses trois divisions **GF Piping Systems, GF Casting Solutions** et **GF Machining Solutions**, la société suisse fournit ses services dans 33 pays, avec 140 entreprises, dont 57 sites de production. Cependant, c'est la division GF Machining Solutions qui attire notre attention aujourd'hui. Forte de son expertise en matière d'EDM (electrical discharge machining = usinage par électroérosion), de machines de texturation laser, de fraisage et d'unité de fabrication avancée, la société fonctionne en mode furtif depuis ses débuts sur le segment de la fabrication additive.

Bien que sa vaste expérience en matière d'usinage ait contribué à renforcer sa présence dans le domaine de la fabrication additive, comme d'autres sociétés du même milieu, GF Machining Solutions a également compté sur des collaborations avec d'autres sociétés de FA, la plus importante étant celle avec 3D Systems.

Dans cette quête permanente de répondre aux besoins uniques des entreprises qui se battent pour adopter la FA dans leur environnement de production, l'unité de fabrication avancée procède en permanence à des ajustements et à des améliorations des environnements matériels et logiciels ; des améliorations en bref qui simplifieront la voie vers un flux de production continu et efficace.

Ces ajustements nécessitent également de se concentrer sur *« les produits d'automatisation que sont l'outillage et la robotique – ainsi que la transformation numérique qui est tout à fait transversale à toutes les technologies »*, a déclaré **Romain Dubreuil**, responsable des technologies additives, à 3D ADEPT Media dans une interview.

De plus, bien que l'entreprise en parle généralement dans le cadre de ses *« solutions de fabrication intégrées »* et rarement comme une solution individuelle, notre conversation avec Dubreuil nous éclaire sur le matériel spécifique qui a été développé pour l'étape de post-traitement très demandée.

« Cette étape du processus de fabrication peut se faire soit par dépoudrage, soit par finition des pièces imprimées 3D par des opérations d'usinage.

En ce qui concerne la finition, nous pouvons compléter l'impression de la pièce avec l'une des machines de fabrication conventionnelles de notre gamme. Il peut s'agir d'une fraiseuse standard ou d'une machine d'électroérosion à fil standard. Dans de nombreux cas, elles peuvent convenir à de nombreux opérateurs après l'étape d'impression, en usinant la pièce, il est possible d'améliorer la finition dans un certain domaine par exemple », souligne Dubreuil.

Comme nous le découvrirons plus tard, dans les lignes ci-dessous, la FA offre tellement de possibilités pour les implants et les produits biomédicaux complexes que les pièces imprimées en 3D nécessitent parfois un usinage et une finition supplémentaires. À ce niveau, des dispositifs de fixation de la pièce sont souvent utilisés pour traiter la pièce et faciliter les processus ultérieurs.

« Nous avons également développé une solution spécifique qui peut couvrir les besoins spécifiques de la FA à cet égard », souligne M. Dubreuil.

Baptisée **CUT AM 500,** cette machine de post-traitement est conçue pour répondre aux besoins spécifiques de la FA et s'appuie sur l'expertise de la société en matière d'usinage par électroérosion. Décrit comme une alternative automatisée à l'EDM standard, le procédé ressemble à une scie à ruban qui sépare les pièces fabriquées de manière additive de la plaque de construction. **La CUT AM 500 est un bon complément aux imprimantes 3D métal à fusion laser sur lit de poudre (LPBF).**



CUT AM 500 – Image: GF Machining Solutions

CUT AM 500

« Bien qu'elle ait été développée en tenant compte de la LPBF, cela ne signifie pas nécessairement que notre gamme ne peut pas être utilisée pour d'autres technologies de fabrication telles que la fusion par faisceau d'électrons ou simplement des applications métalliques en général », note le responsable des technologies additives.

D'une taille de 510 x 510 x 510 mm, le système permet de retirer proprement et sans effort de coupe des produits sur des plaques de grande taille dont le poids peut atteindre 500 kg. Selon le fabricant, le procédé garantirait l'intégrité des pièces grâce à la table basculante, au procédé d'électroérosion à fil horizontal et aux paniers personnalisables. De plus, contrairement aux autres systèmes de post-traitement, celui-ci permet l'intégration d'un système de serrage pour faciliter le serrage et le référencement ainsi que la préparation à l'automatisation.

Choix de fabrication

Passer de l'idée à la conception de l'impression 3D nécessite à la fois de l'expérience et les technologies appropriées. Bien que nous ne nous concentrions ici que sur le post-traitement, rappelons que le processus idéal d'AM inclut l'écosystème entier, des processus de contrôle de la qualité de la poudre entrante aux logiciels, au post-traitement et aux contrôles des processus sur les produits finis. Nous ne le soulignerons jamais assez, mais chacun de ces éléments est crucial pour une production réussie dans des secteurs très réglementés.

« En général, nous nous concentrons davantage sur les applications de production. Nous sommes très actifs dans différents segments : les moules et matrices, l'énergie et l'aérospatiale, bref, les industries où la FA peut apporter des avantages pour augmenter les performances et le poids, et améliorer la précision des pièces. Cela étant dit, nous nous concentrons également sur l'industrie médicale. L'une des principales applications dans ce domaine reste les implants rachidiens qui nécessitent des technologies répondant aux exigences de la FA », déclare Dubreuil.

Un bref aperçu de la fabrication d'un implant dentaire.

Comme les applications restent une bonne preuve de concept du fonctionnement de la technologie, le responsable des technologies additives et son collègue **Dogan Basic** nous donnent quelques détails sur la production d'un implant dentaire ainsi que sur plusieurs tâches de post-traitement qui peuvent être réalisées avant d'obtenir la pièce finie souhaitée.

Bien que nous ne sachions pas à quelle fin l'implant a été produit (que ce soit à des fins de recherche ou de commercialisation), l'équipe de fabrication a utilisé la célèbre **DMP Flex 350**, une imprimante industrielle 3D métal basée sur la fusion sur lit de poudre qui a fait peau neuve la dernière fois que nous l'avons vue à Emo Hannover 2019. Pendant le processus d'impression, le système garantit non seulement un environnement à faible teneur en oxygène mais aussi une très haute densité. Nous savons par le fabricant que la pièce a été produite en utilisant le **matériau LaserForm® CoCrF7** et a été imprimée avec une épaisseur de couche de 30um.

Cependant, ce qui nous intéresse le plus, c'est à la fois la précision en termes de temps de fabrication et d'opérations de post-traitement.

« Il faut 34 minutes pour imprimer une pièce, mais il est évident que vous imprimerez plusieurs pièces en même temps. (9 heures pour imprimer 20 pièces). Nous les imprimons sur nos petites plaques System 3R afin de faciliter les opérations de post-traitement. Il faut environ 23 minutes pour fraiser chaque pièce et seulement quelques-unes pour les séparer avec la CUT AM 500 », explique **Dogan Basic** de GF Machining.



Comme mentionné précédemment, les implants complexes nécessitent parfois un usinage supplémentaire. Pour résoudre ce problème, les opérateurs peuvent utiliser cet équipement appelé «System 3R» disponible dans une gamme de tailles de palettes. À l'aide d'un tour conventionnel, ils peuvent couper chaque palette directement de la pile, ce qui permet d'utiliser les ***BuildPals*** séparés pour d'autres travaux de fabrication additive pendant que le post-traitement se poursuit.

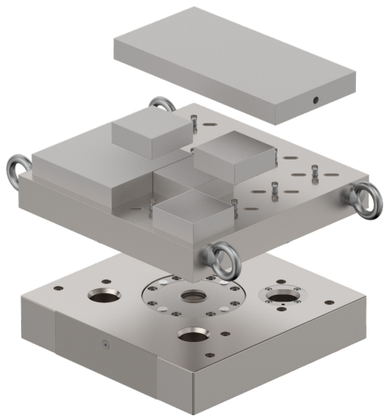


Image GF Machining Solutions

Dans ce cas précis, Dogan explique qu'avant l'opération de fraisage, la pièce passe traditionnellement par une opération de traitement thermique et ensuite, par une opération de fraisage 5 axes pour s'assurer que les «raccords» sont fraisés pour les vis.

Par la suite, *« vous aurez éventuellement une finition manuelle pour enlever les éventuels supports résiduels et une opération de nettoyage ».*

Ce n'est qu'après ces tâches que l'implant peut être facilement fixé dans la mâchoire.

Réflexions finales

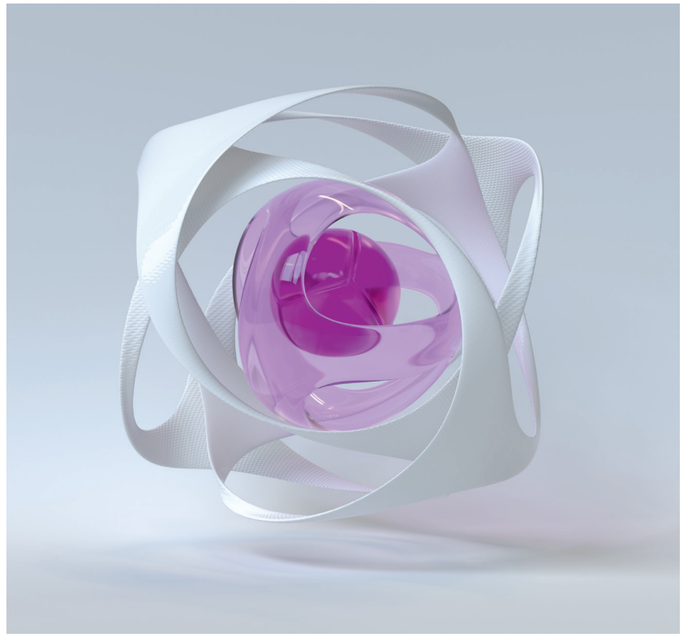
La fabrication additive est certainement l'une des industries où il y aura toujours quelque chose de nouveau à apprendre et la perspective de GF Machining dans ce segment de post-traitement montre qu'il n'y a pas de *« solution plug-and-play »*. C'est pourquoi se lancer dans la FA est une chose, et prendre les bonnes mesures pour intégrer toute sa chaîne de processus en est une autre, mais si cela est bien fait, les récompenses que l'on peut obtenir ne peuvent être qu'avantageux.

Infinity meets reality.

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

www.evonik.com/infinam

INFINAM®



EVONIK
Leading Beyond Chemistry

Edité par 3D ADEPT MEDIA



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

COMMUNIQUÉ DE PRESSE

ÉTUDES DE CAS

PROMOTIONS

3D ADEPT MEDIA
All about Additive Manufacturing

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

OSEZ

La plupart du temps, la personnalisation est mise en avant comme l'un des principaux avantages de l'impression 3D lors de la fabrication d'objets imprimés en 3D. Dans ce cas, le processus d'impression 3D ne change pas vraiment. En fait, la clé pour obtenir le produit final réside souvent dans le choix aléatoire de certains éléments par le client. Cependant, l'accent mis sur le processus de fabrication montre que la personnalisation peut être beaucoup plus complexe qu'elle n'y paraît. Une conversation avec ***Martin Bullemer*** *et* ***Felix Bauer****, AMCM GmbH, explique pourquoi.*



Créer un modèle commercial qui fonctionne.

Bullemer et Bauer se sont rencontrés chez EOS Gmbh. Avec des racines dans le traitement industriel, Bullemer a plus de 15 ans d'expérience chez EOS où il a soutenu le développement du marché de la fabrication additive aux États-Unis et dans l'industrie médicale. Bauer, quant à lui, est un ingénieur industriel qui a rejoint EOS GmbH il y a six ans avec l'ambition de soutenir la croissance de la FA dans l'industrie aérospatiale.

À l'époque, EOS recevait de nombreuses demandes qui avaient presque toutes la même ambition : la nécessité pour les entreprises de devenir plus matures tout en suivant la voie de l'industrialisation. D'un autre côté, les entreprises ayant des demandes plus spécifiques ont souvent eu tendance à être laissées de côté.

« Ces demandes incluent par exemple, mais sans s'y limiter, le besoin de différentes formes, de différents types d'enveloppes de bâtiments, la nécessité de traiter le cuivre – un matériau très complexe –, la personnalisation du chauffage par le haut ou par le bas, et même le besoin de lasers plus puissants », déclare Bauer.

Plutôt que de se contenter d'être un expert dans le développement d'un nouveau segment géographique pour EOS ou d'une industrie verticale spécifique adoptant la FA, Bullemer y a vu une opportunité d'apporter une expertise supplémentaire, une opportunité d'exploiter de nouveaux marchés, de créer de nouvelles sources de revenus et d'élargir l'offre de produits.

Bien que l'idée fut brillante, elle soulevait également plusieurs questions et incertitudes. « Ces demandes qui ont souvent été laissées de côté nécessitaient pour la plupart une personnalisation supplémentaire. Bien que nous voulions relever leurs défis, nous ne savions pas quelle était l'ampleur du marché. De plus, quand vous êtes une grande entreprise, vous ne pouvez pas développer une nouvelle société avec la même flexibilité qu'une start-up ; vous ne pouvez pas commencer le développement d'une nouvelle technologie juste pour commercialiser dix systèmes, vous ne pouvez pas commencer le développement d'une machine quand vous n'êtes pas sûr que quelqu'un va la payer », souligne Bullemer.

Toutes ces «hypothèses» étaient sensées. Bien qu'on reconnaît les capacités de mise sur le marché des principales entreprises, il était tout simplement trop risqué de se permettre de répondre à chaque demande unique avec une nouvelle imprimante 3D. C'est pourquoi l'année 2017 a vu la création d'AMCM GmbH, qui signifie Additive Manufacturing Customized Machines. Comme son nom l'indique, la société est née dans le but de fournir aux industries des machines LPBF (Laser Beam Powder Bed Fusion) personnalisées d'EOS.

Au moment où nous écrivons ces lignes, Bullemer est directeur général d'AMCM GmbH et Bauer est actuellement directeur régional EMEA | DACH/NL chez EOS et en phase de transition pour rejoindre AMCM Gmbh à plein temps.

L'innovation et l'esprit d'entreprise peuvent prendre de nombreuses formes et dimensions.

Contrairement aux imprimantes 3D industrielles des autres fabricants de machines, nous ne pouvons pas légitimement décrire toutes les caractéristiques développées dans une imprimante 3D industrielle d'AMCM GmbH – avec raison : *« nous nous concentrons sur les applications. Un client vient nous voir avec une demande spécifique et nous travaillons sur une solution qui pourrait répondre à un besoin spécifique. Évidemment, avec le temps, nous nous sommes rendu compte que certains besoins pouvaient être plus faciles à satisfaire que d'autres. Par exemple, nous avons reçu de nombreuses demandes de machines avec des dimensions personnalisées. Ce sont des cas d'utilisation relativement faciles car ils nécessitent un réglage mécanique, sans parler du fait qu'il n'est pas nécessaire de modifier l'ensemble du processus »*, explique le directeur général.

« Chaque fabricant de machines a son portefeuille standard, qui peut s'adapter ou non à l'application du client – au moins dans une certaine mesure. Chez AMCM, nous examinons de très près cette application et nous faisons en sorte que la machine s'y adapte. Bien sûr, parfois, la solution standard est assez bonne pour le client, mais pour ceux qui ont besoin de ce «plus» qui fera la différence dans leurs projets, pour eux, AMCM entre en jeu », complète le directeur régional.

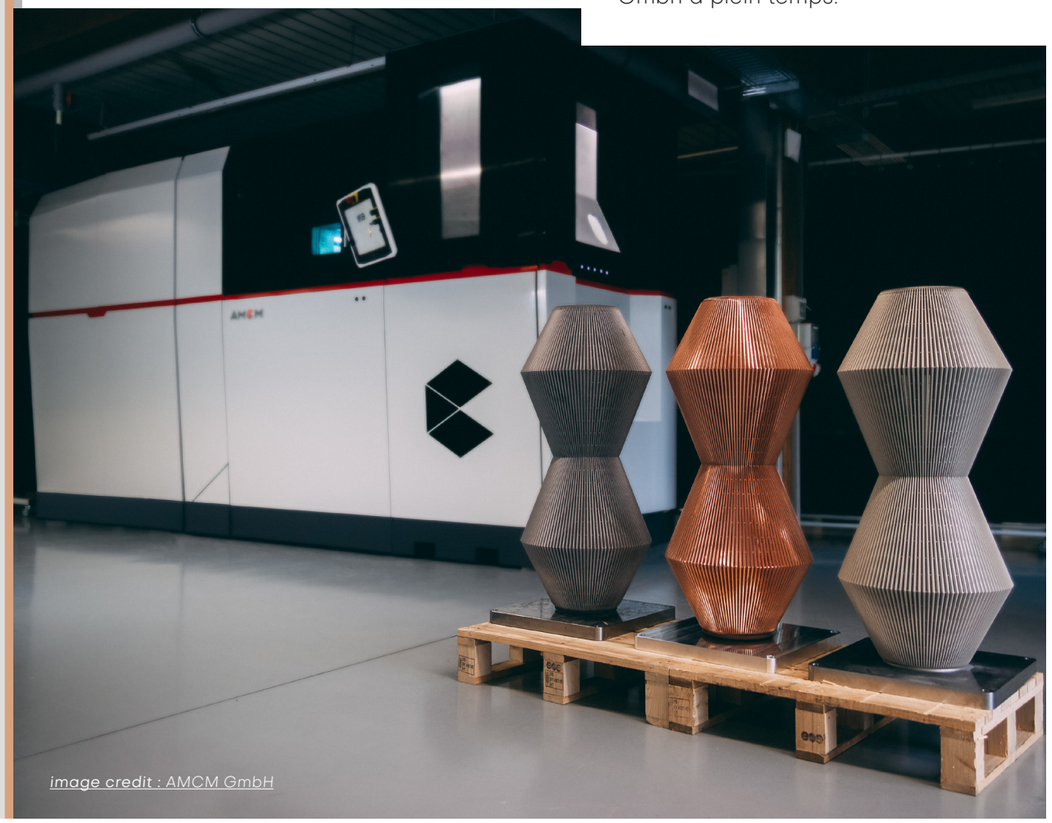


image credit : AMCM GmbH


Martin Bullemer

En discutant des demandes qu'ils reçoivent souvent de leurs clients, nous nous sommes rendus compte que la question n'est pas de savoir le nombre ou le type de demandes qu'ils sont capables de gérer, mais surtout ce qui les rend exceptionnels. Trivial mais crucial.

Des exigences du système, de la conception des pièces au développement des matériaux et au-delà, les systèmes de fabrication additive exigent beaucoup à traiter, mais certaines fonctionnalités sont tout simplement plus essentielles que d'autres. C'est le cas, par exemple, des fonctionnalités laser et optiques qui nécessitent des connaissances approfondies pour le développement d'une machine. Chez AMCM, la moitié de l'équipe vient de l'industrie du laser. *« Nous avons certainement une expertise dans le réglage des lasers – différentes lentilles de poids, différents types de laser – et dans la sélection de la bonne configuration optique, qui est un élément clé dans toute machine de fabrication additive »*, note Bullemer.

De plus, même si demande d'AMCM puisse mener au développement d'une solution de d'enlèvement de poudre dédiée, comme nous l'avons vu avec la machine SFM-AT1000 de Solukon, il faut noter que chaque imprimante 3D de la société ne nécessite pas nécessairement un équipement de post-traitement dédié. En fait, en fin de compte, c'est au client de décider quelle solution d'enlèvement de poudres ou de traitement de la poudre il choisira.

Ensuite, vient la question du prix. D'innombrables exemples dans l'industrie automobile montrent que les véhicules de luxe offrent des niveaux de confort, d'équipement, de commodités, de qualité, de performance et de statut supérieurs à ceux des voitures ordinaires pour un prix plus élevé. Le terme «luxe» est peut-être assez subjectif, mais il n'en reste pas moins que les constructeurs automobiles qui développent des véhicules d'un niveau de performance inhabituel ont créé une marque distincte pour eux et commercialisent ces véhicules à un prix qui n'est pas toujours le même sur le marché standard.

Dans un certain sens, cette théorie très compréhensible peut être appliquée à l'industrie manufacturière. Selon les termes de Bullemer, *« les machines dédiées aux clients ne sont pas souvent commercialisées de la même manière que les machines de FA conventionnelles, donc, contrairement à leurs collègues fabricants de machines, les machines customisées ne bénéficient pas souvent des avantages d'une chaîne d'approvisionnement très bien établie. En effet, moins vous construisez, plus vous avez de coûts. En outre, chaque modification nécessite un effort d'ingénierie qui doit être équilibré. Dans la même veine, un client peut venir avec une idée folle et unique en tête. Une fois que nous avons développé une solution pour cette idée, les chances sont très élevées pour que nous ne vendions plus la même machine à un autre client. En principe, ces machines sont toujours un peu plus chères que les autres, mais nous rendons les choses possibles et nos clients n'achètent que si le cas d'application fonctionne ».*



Chambre de combustion – Image: AMCM

Efficacité, mesure du débit ?

« ... n'achetez que si votre cas d'application fonctionne. » La déclaration de Bullemer souligne que le prix n'est qu'une partie de l'histoire. Plus important encore, elle présente l' **« *efficacité* »** comme une mesure du rendement et **recentre le débat sur les applications.**

La course à l'espace, par exemple, a connu un boom avec les applications satellitaires. Bien que cette industrie soit très conservatrice, les dernières années ont vu des applications qui ont été rendues possible grâce à la combinaison d'un large éventail de technologies, et pas seulement la fabrication additive. Selon Bauer, *« les jeunes ingénieurs ne travaillent plus sur base de ce qui a été fait auparavant, ils ont un choix beaucoup plus large en matière de production et il existe une certaine demande sur le marché pour de tels besoins. De plus, un examen attentif du marché montre que c'est l'espace privé qui est en fait le moteur de l'industrie ».*



Felix Bauer

Dans le domaine de l'espace privé, les motivations commerciales exigent de se concentrer sur les meilleures performances au moindre coût. Et une façon de rapprocher cette formule gagnante utopique de sa réalité est d'y faire entrer la FA métal.

« Les fusées sont le parfait exemple de ces cas, car elles exigent une efficacité inégalée pour les livraisons commerciales dans l'espace », souligne Bauer. Si vous êtes ingénieur aérospatial, vous savez que le propulseur est souvent la partie la plus lourde de la masse d'un lanceur (jusqu'à 90% de la masse d'un véhicule de lancement). Par conséquent, la réduction de l'utilisation du propulseur offre d'autres possibilités de réduire la masse du véhicule, donc d'augmenter la charge utile et les performances pour une même taille de fusée. Mais ce n'est là qu'une partie du processus de fabrication. Le fait est que ces « pièces de fusée sont très complexes à fabriquer. [Si la légèreté et la robustesse sont deux facteurs essentiels qui peuvent être améliorés grâce à la FA,] il faut noter que ces pièces doivent toujours être réalisées dans des délais très courts. Plus important encore, elles nécessitent une machine qui peut facilement permettre l'itération, la réinvention, la reproductibilité et un processus sans heurts jusqu'à l'étape suivante de la fabrication. En fin de compte, c'est le plus important », poursuit Bauer.

Un exemple qui illustre cet argument est la récente réalisation de la startup Launcher basée à New-York. Au cours du dernier trimestre 2020, la société spatiale a commencé à tester **son moteur-fusée à liquide E-2 grandeur nature**, un progrès technologique qui ouvre la voie à des solutions plus abordables et plus performantes pour les petits lanceurs spatiaux.

« Launcher a influencé la conception de nos machines. Le défi consistait à démontrer que nous pouvions imprimer une chambre de combustion d'un mètre de haut en une seule pièce en alliage de cuivre, un domaine dans lequel les entreprises n'ont pas beaucoup d'expertise. C'est un énorme défi car le risque d'échec est élevé quand on essaie la première fois. Une telle production nécessite un bon savoir-faire en matière de FA et la startup spatiale venait de commencer à concevoir pour la FA. Elle avait donc besoin d'un bon savoir-faire pour donner vie à ses idées. La prochaine étape consiste à obtenir des fonds pour accélérer le développement de ce moteur E-2 », souligne le directeur général.

Nous avons appris que ces pièces ont généralement des dimensions de 450 x 450 x 1000 mm, qu'elles sont fabriquées en CuCrZr et qu'elles sont dotées de canaux internes complexes de refroidissement régénératif, d'où la nécessité d'un système spécialisé capable de traiter ce type de matériau. Pour ce faire, la société a finalement utilisé son imprimante 3D **AMCM M4K** et a testé les pièces au centre spatial Stennis de la NASA.

« C'est ça la beauté d'être une startup », ajoute Bullemer. Sans oublier que *« vous avez un groupe de personnes qui partagent la même vision et la même volonté de la réaliser »*, complète Bauer.

« Nous rendons les choses possibles ».

« Nous rendons les choses possibles. » Combien de fois avez-vous entendu ces cinq mots avant de réaliser qu'il y a beaucoup de promesses et très peu de réalisations. Aujourd'hui, en examinant le modèle commercial d'AMCM, les précautions prises par l'équipe avant sa mise en œuvre et surtout les applications qu'elle réalise, je suis prêt à les croire sur parole.

AVANCÉES ACTUELLES ET OBSTACLES EXISTANTS DANS LE DOMAINE DE L'IMPRESSION 3D DENTAIRE



Image: kfadental.com

Bien que la dentisterie ait longtemps été associée à la fabrication soustractive – notamment le ***fraisage*** *–, un rapport de la société d'information commerciale CONTEXT révèle que ce domaine représente plus d'un cinquième du marché final des imprimantes 3D professionnelles en polymère (à partir de 5 000 USD). Malgré les améliorations significatives apportées pour faire progresser l'utilisation de la FA dans ce domaine, certains obstacles technologiques et financiers soulèvent encore un certain nombre de questions parmi les experts. Ce dossier traitera de ces progrès et des améliorations qui doivent encore être apportées pour permettre une plus large adoption des technologies de FA dans le secteur. Pour discuter de cette question,* ***Stijn Hanssen*** *– Directeur des ventes, du marketing et des applications chez 3D Systems et* ***Mayra Vasques****, fondatrice d'Innov3D ont été invités à partager leurs points de vue sur le sujet. Hanssen partagera le point de vue d'un fabricant d'imprimantes 3D, tandis que Vasques apportera le point de vue d'utilisateur.*

Aucun chiffre précis ne révèle le nombre de dentistes et de techniciens dentaires qui connaissent bien les technologies de fabrication numérique. Néanmoins, au cours de la dernière décennie, les développements de la technologie informatique et des applications logicielles ont facilité l'adoption de l'impression 3D.

Le marché de l'impression 3D dentaire étant sur le point d'atteindre 9,5 milliards USD d'ici 2027, il est facile de comprendre les investissements croissants des fabricants dans le développement d'imprimantes 3D dentaires et la volonté des cliniques d'améliorer la manière dont elles dispensent les soins. Malgré les options dont ils disposent, le choix des outils de fabrication peut varier d'un clinicien à l'autre.

Principaux outils de fabrication utilisés dans un laboratoire dentaire

D'un point de vue technologique, l'utilisation des technologies de fabrication numérique dans les laboratoires dentaires a commencé par l'adoption d'un scanner 3D dentaire pour fournir un modèle 3D précis. Comme vous le savez peut-être, les imprimantes 3D ne sont rien sans un logiciel de conception assistée par ordinateur (CAO), mais tous les cliniciens n'ont pas toujours les connaissances requises pour concevoir virtuellement un modèle.

Aujourd'hui, plusieurs voies sont proposées aux chirurgiens et aux dentistes qui ont facilement accès à des données volumétriques sous la forme de données de tomographie assistée par ordinateur (CT), de données de tomographie assistée par ordinateur à faisceau conique (CBCT) et de données de numérisation de surface optique intrabuccale ou de laboratoire. D'autre part, avec le nombre d'imprimantes 3D dentaires abordables qui apparaissent, les fabricants développent de plus en plus de logiciels plus conviviaux pour aider ces utilisateurs, remettant ainsi en question le rôle d'un scanner 3D dentaire dans le laboratoire dentaire. Selon Hanssen :

« La dentisterie subit des changements fondamentaux, en abandonnant l'analogique au profit de workflows numériques. La numérisation, la conception, les matériaux d'impression 3D et l'impression 3D deviennent des éléments essentiels des soins bucco-dentaires. Les limites traditionnelles s'estompent. La plupart des prestataires de soins dentaires trouveront dans le scanner intra-oral une alternative plus précise et plus pratique aux matériaux d'impression analogiques. Le processus de numérisation dépend du cas présenté par le patient : numérisation d'une empreinte ou numérisation intra-orale. L'important est ce que l'on fait ensuite avec le scanner. La précision de la conception et de l'impression est très importante pour offrir le meilleur résultat possible au patient.»

En tant qu'utilisatrice, Vasques estime qu'un scanner 3D dentaire continue à jouer un rôle unique dans le flux de travail numérique :

« Le flux de travail numérique en dentisterie se compose de 3 étapes : l'acquisition des données, la conception et la fabrication. J'ai l'habitude d'expliquer cela car, tout d'abord, vous devez transformer le réel en numérique par l'acquisition de données (images provenant d'un scanner ou d'une tomographie ou d'une résonance magnétique), ensuite vous pourrez créer votre projet à l'aide du logiciel de conception et ensuite vous transformerez ce projet virtuel en réalité grâce à la fabrication numérique. Des imprimantes 3D dentaires abordables permettent de diffuser cette technologie en dentisterie et d'améliorer la modalité d'impression 3D en cabinet, mais elles ne remplacent pas le scanner 3D, chacune d'elles appartenant à une partie différente du processus. ».

Outre les scanners 3D dentaires, notons que les imprimantes 3D ont également fait du chemin. Actuellement, les applications dentaires et les collaborations



Mayra Vasques
Fondatrice d'Innov3D

entre entreprises montrent que l'utilisation des technologies d'impression 3D à base de liquide, telles que la **SLA** et la **DLP**, est un élément clé. Chacune de ces technologies présente ses avantages et ses inconvénients, de sorte que le choix idéal se résume souvent au goût du chef en cuisine. Nous vous recommandons vivement de consulter cet article exclusif sur **les secrets de l'impression 3D résine** si vous envisagez d'acheter une imprimante 3D résine.

En termes de technologies, d'autres professionnels optent souvent pour le ***photopolymer jetting*** (PPJ) – une autre forme d'imprimante 3D à base de résine –, **les imprimantes à liant en poudre** (PBP – ***powder binder printers***) qui utilisent une tête à jet d'encre modifiée pour imprimer, en utilisant ce qui est essentiellement des gouttelettes liquides pour infiltrer une couche de poudre, couche par couche. Les autres choix comprennent également le **SLS** et le **FDM**. En revanche, les imprimantes 3D métal manquent souvent de la précision requise pour les modèles dentaires. De plus, en raison de leur coût élevé, la plupart des cliniques ne le considèrent pas souvent comme une option viable.

En parlant des principaux outils qu'un clinicien peut utiliser avant et après le processus d'impression d'un modèle, Vasques explique :

« Le processus idéal nécessite un scanner intra-oral pour obtenir le moulage numérique du patient et une imprimante 3D résine (technologies SLA ou DLP) en raison de la précision et des différentes options de résines biocompatibles. Pour mener à bien le processus, il est nécessaire de procéder avec soin à la méthode de post-traitement en lavant correctement les parties imprimées et en post-durcissant pour obtenir les meilleures caractéristiques des matériaux ».

Applications et production

Les applications en dentisterie sont nombreuses. Deux des applications les plus courantes de l'impression 3D dentaire sont les **aligneurs transparents** et les **gardes de nuit.** Les autres comprennent, sans s'y limiter, les **couronnes et les ponts**, les **guides chirurgicaux**, les **attelles**, les **essayages**, les **prothèses dentaires** et les **masques gingivaux** – Selon la fondatrice d'Innov3D, tous ces produits peuvent être divisés en deux catégories :

« La première catégorie comprend les produits qui seront utilisés sur une longue période à l'intérieur de la bouche. Ils comprennent par exemple les prothèses dentaires, les gouttières et les protections de nuit. La deuxième catégorie comprend les produits destinés aux procédures. Ils comprennent des guides chirurgicaux et un large éventail d'autres guides tels que des modèles biologiques et des instruments personnalisés. Il y a beaucoup de place pour innover afin de créer de nouvelles techniques et de nouvelles solutions ».

Malgré la variété des applications qui peuvent être réalisées sur la machine NextDent® 5100 de 3D Systems, le responsable des applications de l'entreprise note que certaines solutions d'impression 3D se démarquent de la masse.



Stijn Hanssen
Directeur des ventes, du marketing et des applications, 3D Systems

« Nous constatons une grande utilisation de l'impression 3D pour les prothèses temporaires ou définitives. Les prothèses dentaires constituent également un marché en pleine croissance depuis l'année dernière et les gardiens de nuit gagnent en popularité ». De plus, selon le fabricant, les **modèles d'outils orthodontiques pour le thermoformage** sont les applications qui nécessitent le plus de production en volume.



Legend: Models printed on NextDent® 5100

Dans un environnement plus complexe, il convient de noter que l'une des premières applications de l'impression 3D en chirurgie – la **modélisation médicale** – a ouvert davantage de possibilités pour la dentisterie ces dernières années. La **CBCT** (Cone-beam computed tomography) est devenue largement disponible dans les cabinets dentaires et a révolutionné la manière dont le diagnostic et le traitement sont effectués en dentisterie implantaire et en endodontie.

Grâce à la CBCT, il est possible de fournir des données volumétriques «d'image» à une imprimante 3D avant l'opération et de faire des répliques détaillées des mâchoires du patient, par exemple. En bref, ce procédé permet au praticien d'analyser plus précisément des parties complexes, inhabituelles ou inconnues de l'anatomie, et donc de mieux se préparer avant la salle d'opération.

Toutes ces applications mettent l'accent sur les avantages de la fabrication additive (FA) en matière de **personnalisation**, et sur la capacité de cette technologie à atteindre la même qualité et la même précision que celles observées dans d'autres industries. Cependant, même si pour l'instant, il n'y a pas beaucoup d'applications qui nécessitent une production en volume, nous ne pouvions pas nous empêcher de nous demander si cela ne serait pas un défi à long terme.



Défis et perspectives d'avenir

La réalité montre qu'il est facile de parler de production en volume dans d'autres domaines de l'industrie manufacturière. Lentement mais sûrement, le marché se développe à son propre rythme. Par conséquent, plus la demande augmentera, plus les laboratoires dentaires envisageront d'équiper leur clinique d'une ferme d'impression 3D. Dans ces situations, Vasques pense que les fabricants devront améliorer la logistique et l'équipement afin que le clinicien passe moins de temps sur le terrain.

En attendant, elle déclare que le point important d'amélioration devrait être le type et la qualité des matériaux pour une utilisation intrabuccale à long terme. *« Les professionnels du dentaire sont de plus en plus ouverts aux nouvelles technologies, mais la plupart d'entre eux rapportent qu'ils ne sont pas sûrs de la longévité et de la sécurité des pièces imprimées en 3D »*, ajoute-t-elle.

D'autre part, alors que 3D Systems travaille sur de nouveaux matériaux et le développement d'imprimantes 3D, Hanssen souligne le besoin d'éducation et de formation pour faire progresser l'utilisation de l'impression 3D chez les cliniciens et les spécialistes dentaires.

« L'impression 3D dentaire jouera un rôle important dans l'avenir numérique de la dentisterie, car les matériaux d'impression 3D deviendront plus avancés et le nombre d'applications augmentera. Grâce au Covid-19, nous avons tous pour objectif d'aider les cabinets dentaires à réduire les contacts avec les patients. Travailler avec les données numériques des patients permet de réduire le temps passé au fauteuil du patient et d'améliorer la sécurité tant pour le patient que pour le cabinet », complète-t-il.

Enfin, malgré cette acceptation croissante des technologies de fabrication numérique dans le domaine, on constate que les organismes de réglementation nationaux n'ont pas encore mis en œuvre de directives sur l'utilisation de l'impression 3D en dentisterie. À un moment donné, les organismes de réglementation devront certainement fixer des normes appropriées qui faciliteront l'utilisation de ces technologies par les spécialistes.

A propos des contributeurs

Mayra Vasques travaille pour **Innov3D**, une entreprise médicale qui a pour mission d'accélérer l'adoption des technologies 3D dans le domaine de la dentisterie. L'équipe est convaincue que le grand potentiel du marché dentaire est entre les mains de la nouvelle génération formée dans les universités. Leurs services comprennent des nanodégrés en ligne sur des sujets dentaires sélectionnés, la formation des professeurs pour transformer les matériaux didactiques en matériaux numériques, et pour soutenir les universités et les institutions dans la transformation de leurs espaces pour de nouveaux cours et équipements.

Stijn Hanssen est directeur des ventes, du marketing et des applications chez 3D Systems. La société propose aux laboratoires et cliniques dentaires, petits et grands, une sélection de solutions dentaires numériques complètes répondant à leurs besoins spécifiques, allant des imprimantes 3D dentaires d'entrée de gamme aux imprimantes 3D par lots de moyenne et grande taille, en passant par des flux de travail, des matériaux et des logiciels rapidement évolutifs. Même les petits cabinets peuvent tirer profit de l'utilisation d'un flux de travail numérique ou de l'externalisation vers un laboratoire équipé d'une imprimante 3D, en raison des vitesses plus élevées, de la précision et des coûts plus faibles.

CES MATÉRIAUX D'IMPRESSION 3D INHABITUELS



Rotary Aomtizer in Use.

L'impression 3D a donné naissance à certains des objets les plus cools que nous ayons jamais vus dans cette industrie, mais parfois, les matériaux utilisés pour produire ces objets sont fabriqués d'une manière très inattendue. 3D ADEPT Media se penche sur certains des matériaux les plus étranges ou inhabituels que les entreprises industrielles, les scientifiques et les « makers » ont découverts au fil du temps. Des applications industrielles aux applications «Do-it-Yourself», ces innovations peuvent répondre aux besoins les plus simples des industries aux besoins les plus urgents de la planète.

Parfois qualifiés d'»étranges» ou d'»inhabituels», ces matériaux uniques ne sont pas moins efficaces. Au contraire, les innovateurs à l'origine de ces matériaux ont prouvé qu'ils faisaient progresser l'industrie de l'impression 3D dans leur domaine de compétence respectif. Nous aimerions aujourd'hui vous présenter 5 matériaux, leurs propriétés uniques et (parfois) la manière atypique dont ils ont été développés.

1 - Garder cela propre.

L'une des complexités d'une technologie est de la rendre compatible avec les «produits vitaux», en d'autres termes, les produits qui peuvent affecter notre santé s'ils ne sont pas fabriqués en toute sécurité.

Prenons par exemple un simple robinet d'eau. Pour une pièce qui semble insignifiante, il suffit d'une mauvaise installation ou d'une production avec les mauvais matériaux pour qu'une catastrophe se produise.

En faisant des recherches sur notre liste de matériaux inhabituels, nous nous sommes rendu compte que l'impression 3D avait quelque chose à offrir pour ce type de production. En fait, la société d'impression 3D Ricoh a mis au point une nouvelle poudre appelée **Ricoh Polypropylene** qui pourrait être utilisée pour répondre aux besoins de la production de pièces pouvant être en contact avec l'eau par exemple - ainsi que pour des applications dans les secteurs de l'industrie et de l'énergie.

Approuvée par le **WRAS** (Water Regulations Advisory Scheme), la poudre d'impression 3D offre une grande flexibilité et une bonne résistance aux chocs. Elle a passé avec succès des tests rigoureux pour s'en assurer :

« - elle n'affecte pas la qualité de l'eau en changeant son apparence, son goût ou son odeur ;

- elle n'entraîne pas de lixiviation de composés toxiques et de métaux lourds qui pourraient être nocifs;

- elle ne favorise pas la croissance microbienne dans les canalisations, éliminant ainsi le risque de formation de boue inesthétique ».

« Combinées à sa stabilité chimique et à son étanchéité, les pièces produites avec notre matériau polypropylène sont une solution idéale pour la production de prototypes fonctionnels et de composants en série pour les applications en contact avec l'eau », commente **Enrico Gallino**, ingénieur principal - spécialiste de la fabrication additive pour les matériaux chez Ricoh UK.



Enrico Gallino
Ingénieur principal - Spécialiste des matériaux pour la fabrication additive chez Ricoh UK

2 - L'exploration spatiale

Voyons un peu plus en détail ce qui peut se passer dans l'espace. La matière plastique suivante est une combinaison de ***polyétherimide/polycarbonate*** (PEI/PC). Il fait définitivement partie des outils imprimables en 3D qui bravent le vide de l'espace.

Comme vous pouvez le deviner, les outils de la station sont rapidement limités aux réparations - étant donné les conditions difficiles de l'environnement. Ce matériau plastique développé par **Made in Space** (MIS) permettrait de relever ce défi car *« il ne va pas émettre de particules dans le vide, il est résistant à l'environnement UV, il est résistant à l'oxygène atomique, il peut donc effectuer des utilisations réelles dans l'espace ».*

La plupart d'entre vous connaissent certainement les mélanges de PEI/PC, tels que ULTEM 9085 et ULTEM 1010, qui sont utilisés dans la fabrication additive pour des applications aérospatiales commerciales. Sur terre, on pourrait facilement voir l'adoption de PEI/PC dans les cabines d'avion et dans l'industrie médicale. Avec une résistance à la traction presque trois fois supérieure à celle de l'ABS, un rapport résistance/poids élevé et de faibles dégagements gazeux, le PEI/PC est le candidat idéal pour le matériel externe et les satellites dans l'espace.

Comme l'a déclaré le président-directeur général de MIS lors du lancement de ce matériau : *« La fabrication avec le matériau PEI augmente réellement la valeur de la fabrication dans l'espace pour les vols spatiaux habités. Le PEI est un matériau véritablement adapté à l'espace. Grâce à lui, il est possible de créer sur place, à la demande, des outils et des réparations pour les activités extravéhiculaires (EVA), des outils, des pièces de rechange et des réparations pour les activités intra-véhiculaires (IVA) plus solides et plus performantes, et même une structure de satellite. Cela permet des missions et des expériences scientifiques plus sûres et moins massives ».*

Cette liste n'est pas exhaustive, mais nous espérons que vous comprenez l'essentiel : l'impression 3D est peut-être l'un des rares procédés de fabrication – si ce n'est le seul – où on peut s'attendre à l'inattendu.





3 – Transformer les déchets humains en un matériau d'impression 3D

Juste au moment où nous nous sommes habitués à prêter attention aux objets qui peuvent être recyclés et transformés en matériau d'impression 3D, nous apprenons qu'il y a une infime chance de transformer les excréments humains en matériau d'impression 3D.

Cette solution extraordinaire est l'idée de quatorze étudiants de l'université de Calgary au Canada qui ont participé il y a deux ans au Jamboree géant de la Fondation internationale pour les machines génétiquement modifiées (iGEM) sur le thème de la «biologie synthétique».

Comme le titre l'indique, «Astroplastic : From Colon to Colony», leur projet implique l'utilisation d'excréments humains comme ingrédient bioplastique majeur pour l'impression 3D dans l'espace. La réflexion derrière cette idée est vraiment intéressante car de nombreux professionnels de l'aérospatiale vous diront les nombreux défis qu'on peut avoir à relever pour produire un outil fonctionnel qui réponde aux conditions difficiles de l'environnement spatial, sans parler du transport lorsque les ressources font défaut.





Plastic wrench

Dans le cadre de ce numéro de 3D ADEPT Mag, nous avons contacté **Alina Kunitskaya**, l'une des responsables de ce projet, pour avoir plus d'informations sur son avancement :

Pourriez-vous nous expliquer le processus d'utilisation des déchets humains pour la création d'un matériau d'impression en 3D ?

Notre projet intitulé «Astroplastic» vise à relever deux défis majeurs dans le cadre des futures missions humaines vers Mars : la gestion durable des déchets et le coût élevé de l'expédition de matériaux vers l'espace. Dans notre système, le bioplastique poly(3-hydroxybutyrate), ou PHB en abrégé, est produit par des bactéries Escherichia coli génétiquement modifiées qui utilisent les acides gras volatils présents dans les déchets humains solides.

Pour décrire le processus proposé plus en détail, les excréments des astronautes sont d'abord collectés dans un réservoir de stockage à l'aide d'une toilette à vide. Les fèces sont ensuite transférées dans un autre réservoir et laissées à fermenter pendant 3 jours avec des bactéries naturellement présentes dans les fèces humaines pour augmenter la concentration d'acides gras volatils. Ensuite, le liquide contenant les acides gras volatils et d'autres nutriments provenant des déchets humains est séparé des particules solides par centrifugation suivie d'une filtration. Les acides gras volatils obtenus sont ensuite ajoutés à un fermenteur contenant la bactérie E. coli productrice de PHB. Enfin, le PHB produit par les bactéries est extrait du flux de récolte liquide et séché, ce qui donne la matière bioplastique en poudre.

Êtes-vous vraiment allé jusqu'au bout de l'expérience pour découvrir quel type d'objets (souples, solides, etc.) – et sur quelle technologie AM – on peut imprimer ce type de matériaux ?

Nous pensons que le bioplastique produit peut être utilisé pour imprimer des objets solides. Nous espérons en particulier que les astronautes pourront l'utiliser pour imprimer des outils et de petits objets qui pourront servir de pièces de rechange pour les réparations d'entretien ou les expériences scientifiques. Comme le produit final est une matière plastique en poudre, nous avons considéré que le frittage sélectif au laser était la technologie de FA la plus appropriée. Cependant, nos expériences ont été réalisées à petite échelle et nous n'avions donc pas assez de matériel pour tester l'utilisation du matériel produit dans le frittage laser sélectif jusqu'à présent.

Dans quelle mesure ce matériau imprimable en 3D serait-il différent des autres matériaux que nous utilisons habituellement pour l'impression 3D ?

Bien que le PHB ait déjà été utilisé pour l'impression 3D, il peut être assez fragile. Nous devrions étudier plus en profondeur s'il est nécessaire de post-traiter le bioplastique produit pour créer un mélange aux propriétés appropriées.

Que se passe-t-il avec le projet «Astroplastic : De colonie à colonie» ?

Nous avons réussi à mettre au point un E. coli pour produire le bioplastique PHB, qui a été testé en utilisant un simulateur de déchets humains solides. Comme les bactéries produisent naturellement des granules de PHB en interne, nous avons également conçu des bactéries pour qu'elles sécrètent le PHB produit afin d'en faciliter l'extraction. Parallèlement à ces expériences biologiques, nous avons également mis au point un concept de processus de production de PHB sur Mars, du début à la fin, en nous basant sur les commentaires des experts, déterminé les conditions de fonctionnement optimales pour plusieurs étapes et testé plusieurs étapes en laboratoire. Ce projet a été présenté lors du concours international «Genetically Engineered Machine» (iGEM), et a reçu une médaille d'or et une nomination pour le meilleur projet de fabrication.

À la suite du concours iGEM, nous avons également étudié comment adapter le processus proposé à l'environnement de microgravité (puisque le processus initial a été développé pour l'environnement de gravité martien). En particulier, nous avons testé l'étape d'extraction plastique du procédé en microgravité à bord d'un vol parabolique.

Existe-t-il un guide à sens unique pour déterminer si un produit peut être utilisé comme une bonne matière première pour créer un filament cohérent ?

En tant que groupe d'étudiants, nous avions des ressources et une expertise limitées pour tester l'utilisation de notre produit. À ce stade du projet, nous nous sommes appuyés sur la littérature existante concernant notre produit ou des produits similaires (matière plastique en poudre) pour déterminer la faisabilité de l'utilisation de ce matériau et pour identifier les technologies de FA appropriées.

4. Conserver le ruban adhésif des anciennes cassettes VHS pour en faire des filaments d'impression 3D.

Si vous faites partie de la génération X ou Y, alors vous connaissez certainement le VHS, qui signifie ***Video Home System***, une norme pour l'enregistrement vidéo analogique sur cassettes au niveau du consommateur. Avec toutes les plates-formes de streaming disponibles aujourd'hui, ces cassettes sont devenues assez obsolètes.



Plutôt que de les jeter, le fabricant russe **Andrew alias Brother** a donné une seconde vie à toutes ces cassettes. Dans le but de rendre la planète plus propre, Brother a expérimenté plusieurs matériaux composés de différents objets : bouteilles en plastique, guirlandes de Noël, masques médicaux, disques dvd, polystyrène – la plupart d'entre eux sont même partagés sur son compte YouTube personnel.

« Je veux sauver la planète des ordures, au moins un tout petit peu. Je pense que si beaucoup de gens répètent mes expériences, la planète deviendra plus propre. En passant devant la décharge, j'ai vu plus de 100 cassettes VHS. Au début, je pensais utiliser des boîtiers de cassettes, mais j'ai finalement décidé d'essayer de faire fondre la cassette, » a-t-il déclaré à 3D ADEPT Media.



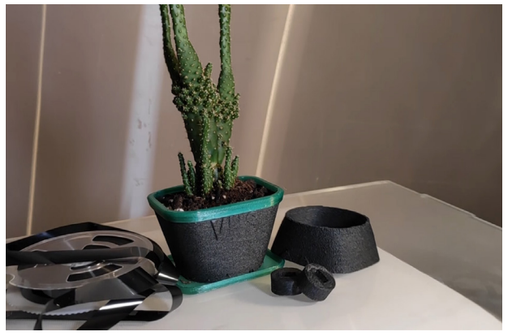


Avec quatre à cinq couches – dont une magnétique –, Brother a expliqué qu'il est facile de retirer la bande d'un VHS en appuyant sur un bouton en haut à gauche de la cassette. Une fois que le haut de la cassette est ouvert, il faut appuyer au milieu du dos de la cassette pour la déverrouiller avant de pouvoir dérouler toute la bande.

Pour créer le filament, le fabricant a utilisé une presse spécialement conçue pour faire tourner la bande de plusieurs cassettes en un seul brin de filament de 3 mm. Cette étape nécessite plusieurs tests pour s'assurer que le brin n'a pas été trop fin.

« Le filament de la bande doit être chauffé plus que le filament d'une imprimante 3D standard, de sorte qu'il imprime à une vitesse beaucoup plus lente, mais le produit qui en résulte est impossible à distinguer d'une impression normale, sauf pour la couleur », a déclaré Bryan Cockfield dans le Hackaday post. « Il possède également d'autres propriétés intéressantes, comme le fait de conserver le magnétisme de la bande magnétique, et d'être un peu plus fragile que le plastique PET bien qu'il semble un peu plus résistant ».





Après plusieurs tests sur son imprimante 3D Omni, le maker a constaté que le filament est assez solide et donne des impressions avec une texture lisse. Toutefois, lorsqu'on lui a demandé dans quelle mesure ce matériau imprimable en 3D est différent des autres matériaux qu'il utilise habituellement pour l'impression 3D, il a répondu :

« J'imprime généralement avec des matériaux inhabituels qui sont des plastiques recyclés. Par conséquent, je ne peux pas comparer ces matériaux avec les matériaux d'impression 3D utilisés dans les usines. Le filament VHS est intéressant en ce sens qu'il présente une conductivité électrique, bien qu'ayant une résistance élevée, et une magnétisation. Le post-traitement est inutile pour ce matériau. Les objets imprimés ont une très belle structure. Il ne reste pas beaucoup de bandes dans le monde. Et bien sûr, une telle technologie de production de filaments ne peut pas être introduite dans la production de masse, mais vous pouvez observer la composition du ruban et créer un filament d'usine sur sa base ».

5. Inspiré par la nature.

Si l'impression 3D en construction offre de nombreux avantages pour l'industrie du bâtiment, l'un des défis les plus importants auxquels les constructeurs sont confrontés concerne les matériaux. Les chercheurs continuent d'explorer les possibilités des matériaux pour ce segment spécifique et ont déjà sorti quelques idées inattendues pour imprimer des structures dans l'industrie de la construction. L'une d'entre elles concerne les cendres volantes, un résidu du charbon brûlé.

Cependant, si nous écrivons ces lignes, c'est pour répondre à l'un des défis posés par l'un des matériaux les plus utilisés dans l'impression 3D de construction : le **béton**. Sauf que cette fois, nous parlerons de **homards et de béton**.

La vérité est que rendre le béton suffisamment solide pour des structures complexes et créatives est un saint graal pour les constructeurs. Une équipe de chercheurs de l'université RMIT a récemment exploré la résistance naturelle des carapaces de homard pour concevoir des motifs spéciaux d'impression 3D.

Inutile de rappeler que ce qui rend ces crustacés marins exceptionnels aux yeux des gens ordinaires, c'est **leur queue musclée**. Cependant, une analyse approfondie des scientifiques a révélé que les homards présentent des motifs en spirale bio-mimétiques qui pourraient améliorer la durabilité globale du béton imprimé en 3D. En outre, les motifs susmentionnés pourraient également permettre d'orienter précisément la force vers le soutien structurel nécessaire.

Lorsque l'équipe a combiné les motifs de torsion avec un mélange de béton spécialisé enrichi de fibres d'acier, le matériau résultant était plus résistant que le béton traditionnel.



En parlant des avantages de l'approche bio-inspirée dans l'impression 3D du béton, le chercheur principal, le **Dr Jonathan Tran**, a déclaré : *« Nous savons que les matériaux naturels comme les exosquelettes de homard ont évolué en structures de haute performance au cours de millions d'années, donc en imitant leurs avantages clés, nous pouvons suivre là où la nature a déjà innové ».*

L'équipe a testé l'impact de l'impression du béton selon des motifs hélicoïdaux (inspirés de la structure interne des carapaces de homard), des motifs croisés et quasi-isotropes (similaires à ceux utilisés pour les structures composites laminées et les composites déposés couche par couche) et des motifs unidirectionnels standard.

Les résultats ont montré une amélioration de la résistance de chacun des motifs, par rapport à l'impression unidirectionnelle, mais Tran a déclaré que les motifs en spirale étaient les plus prometteurs pour soutenir des structures complexes en béton imprimé en 3D.

« Comme les coquilles de homard sont naturellement résistantes et naturellement courbées, nous savons que cela pourrait nous aider à obtenir des formes en béton plus résistantes comme des arcs et des structures fluides ou tordues », a déclaré Tran.

« Ce travail n'en est qu'à ses débuts, nous devons donc poursuivre les recherches pour tester les performances du béton sur un plus large éventail de paramètres, mais nos premiers résultats expérimentaux montrent que nous sommes sur la bonne voie ».

D'autres études seront soutenues par une nouvelle imprimante 3D mobile à grande échelle pour le béton, récemment acquise par le RMIT – ce qui en fait le premier institut de recherche de l'hémisphère sud à mettre en service une machine de ce type.

Il existe encore une longue liste de matériaux inhabituels et étranges utilisés dans l'industrie de la fabrication additive, mais ces cinq matériaux sont ceux qui ont suscité le plus d'intérêt de notre part, pour l'instant. Si vous pensez qu'un autre matériau devrait absolument figurer dans cette liste, n'hésitez pas à nous le faire savoir.

FOCUS SUR UN PAYS : LES PAYS-BAS

Dans le cadre de nos efforts continus pour fournir aux entreprises des informations qui les aideront à faire un saut sur un nouveau marché, ce volume de 3D ADEPT Mag se concentrera sur les «Pays-Bas». Il mettra en évidence un état des lieux du marché de la FA dans le pays ainsi que les différentes approches commerciales appliquées pour se positionner sur ce marché. Enfin, il mettra également en évidence les projets liés à la FA en cours au sein des entreprises spécialisées dans le domaine.



Photo by Andrea Kratzenberg

Connus comme la « porte de l'Europe », les Pays-Bas sont souvent décrits comme un lieu d'affaires bien connecté. Sa situation géographique en Europe continentale permet aux professionnels d'accéder facilement aux grandes économies européennes, comme l'Allemagne, le Royaume-Uni, la Belgique, la France, en moins d'une journée. Alors que le pays est classé quatrième meilleur pays pour ses innovateurs par le Tableau de bord européen de l'innovation 2020, «Invest in Holland» indique que les entreprises qui sont le plus attirés par le pays proviennent des secteurs des technologies de l'information, de la création et de la chimie, ainsi que des sciences de la vie et de la santé. Cela peut se comprendre compte tenu des avantages que ces secteurs présentent depuis des décennies pour les économies.

En ce qui concerne la FA, aucune date précise n'annonce les premières mesures prises par les organisations dans le domaine de la fabrication additive. Cependant, des recherches montrent que les débuts de la fabrication additive aux Pays-Bas ont été observés dans les années 1990, lorsque Janne Kyttanen, un designer créatif et industriel, a eu la vision de trouver une meilleure façon de concevoir, fabriquer, stocker et distribuer des produits en utilisant l'impression 3D. Avec 25 ans d'expérience dans l'impression 3D, il est juste de dire que Kyttanen connaît une chose ou deux dans l'industrie de l'impression 3D. Il n'a pas été un observateur occasionnel des tendances qui ont marqué l'industrie manufacturière dans le pays. Il a pris part à cette révolution manufacturière en créant Freedom of Creation – avec le soutien de la société belge d'impression 3D Materialise ; une société qu'il a définie comme une «société d'applications» et qui a été rachetée par 3D Systems en 2011.

« A ce moment, il s'agissait d'essayer de nouveaux modèles commerciaux qui auraient amélioré les processus antérieurs. À cette époque, le mot «impression 3D» était à peine utilisé. L'objectif était de montrer qu'il y avait une meilleure façon de concevoir et de fabriquer des produits », a déclaré le concepteur à 3D ADEPT Media.

Puis sont arrivées les années 2000, une période qui a vu le lancement de plusieurs autres sociétés d'impression 3D qui ont réussi à se positionner sur la scène mondiale et locale de la fabrication additive en tant que leaders dans leur domaine. Parmi elles, on peut citer par exemple Shapeways (2007), Ultimaker (2011), Additive Industries (2012), 3D Hubs (2013) pour n'en citer que quelques-unes.

En dehors d'Additive Industries qui s'est directement focalisée sur le marché industriel, il faut noter que les entreprises qui ont contribué à l'avancement du marché de la fabrication et à sa transformation de l'impression 3D à la FA, ont posé de bonnes bases grâce à la conception 3D, au marché



Janne Kyttanen
Créateur et designer industriel

des modèles 3D, aux fabs labs ainsi qu'aux centres d'impression indépendants.

En examinant l'industrie manufacturière, Kyttanen se rend compte que « le gouvernement néerlandais a toujours été assez semblable à celui de Bruxelles. C'est un gouvernement qui soutient les technologies et les arts avant-gardistes. [Par «arts», comprendre la capacité à créer et à appliquer un nouveau concept technologique] car la mentalité est très axée sur l'ingénierie». Il reconnaît également que «la technologie n'a aucune valeur si on ne sait pas quoi en faire, d'où la combinaison cruciale avec les industries verticales pour avoir un meilleur impact dans le pays. »

En outre, il est difficile de dire si une relation de cause à effet doit être établie, mais le concepteur souligne également le fait que la proximité géographique des entreprises technologiques pourrait conduire au développement et à la mise en place d'autres entreprises dans le pays – par rapport à Los Angeles où il devait conduire pendant quatre heures avant de trouver une entreprise technologique.

Principaux secteurs d'activité de la FA dans le pays

DMalgré les avancées louables dans ce domaine, plusieurs activités de la FA sont menées dans le domaine de la R&D. En effet, les universités et les instituts de recherche contribuent largement au nombre de demandes de brevets néerlandais liés à la technologie d'impression 3D, représentant 21 % du total des demandes européennes selon le rapport de l'Office européen des brevets (OEB). Le pays est actuellement **le quatrième demandeur de brevets** pour la technologie d'impression 3D, après l'Allemagne, la France et le Royaume-Uni. En outre, au niveau régional, la **ville d'Eindhoven** se classe cinquième, après Munich, Barcelone, Zurich et Berlin.

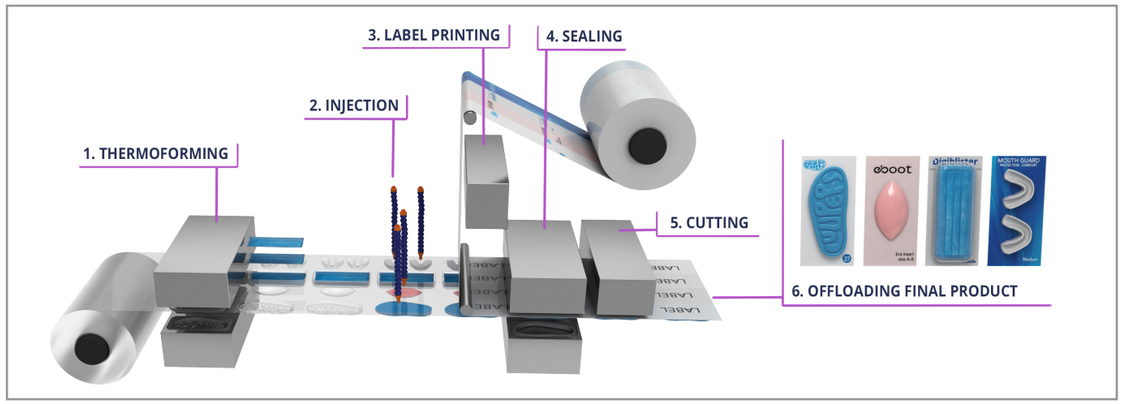
En ce qui concerne les industries verticales adoptant la FA, le royaume a d'abord vu des applications orientées vers le consommateur émerger dans ce domaine – ce qui est probablement dû aux idées de Kyttanen sur la manière dont les applications peuvent être transformées. Cependant, ces dernières années ont également vu un intérêt croissant pour l'impression 3D dans le secteur de la construction – que nous explorerons dans un autre numéro de 3D ADEPT Mag.

« Aujourd'hui, il y a une croissance tangible dans tous les secteurs, mais la connectivité numérique tend à transformer la carte de la fabrication. Prenons l'exemple de 3D Hubs, le service de fabrication en ligne est basé aux Pays-Bas mais la société opère à l'échelle mondiale. Et le besoin de connectivité numérique a été accéléré avec le Covid-19. Nous évoluons maintenant dans une industrie manufacturière où les entreprises vont réduire leurs dépenses, certaines d'entre elles n'auront plus besoin de leur siège social car elles recentrent leurs activités sur le numérique. Dans ce monde numérique, les entreprises basées aux Pays-Bas ne concentreront pas nécessairement leurs activités dans le pays – à moins que cela ne fasse partie de leur feuille de route stratégique », souligne Kyttanen.

Une autre perspective manufacturière

Malgré la maturité du marché actuel, il reste encore un long chemin à parcourir pour assurer la place de la FA dans l'esprit des professionnels. En effet, même si les procédés de fabrication conventionnels restent les technologies les plus utilisées, plusieurs professionnels considèrent de plus en plus qu'une combinaison de procédés additifs et soustractifs est le meilleur des deux mondes.

Comme c'était le cas il y a 20 ans, Kyttanen est également l'un des professionnels qui ouvrent aujourd'hui la voie à une nouvelle forme de fabrication. Cette fois, il s'agit de l'**injection thermoformée en 3D** (3DTI = **3D thermoform injection**), une technologie de fabrication autonome qui combine le **moulage par injection, la technologie d'emballage, la découpe laser et l'impression 3D**.



« Dans le processus 3DTI, le moule et l'emballage sont essentiellement les mêmes, ce qui change radicalement la façon dont nous regardons les produits et dont ils sont créés. Les moules ne sont plus seulement des poches thermoformées de 100 microns, mais de l'acier », explique l'expert.

« Ma passion a toujours été de créer le plus de valeur possible par la numérisation. Avec notre accélérateur «What the Future Venture Capital» (WTFVC), que nous avons lancé en 2016, notre objectif était d'investir dans les premières entreprises du secteur de la 3D. Cependant, comme le 3DTI a un potentiel si immense dans le monde de la fabrication, nous avons décidé de concentrer nos efforts uniquement sur cette plateforme technologique », souligne-t-il.



Legend: luupers. Image via Janne Kyttanen.

Selon Kyttanen, malgré les avantages bien connus et incontestables de la FA, cette technologie reste plus coûteuse que les procédés de fabrication conventionnels existants. C'est le Saint Graal pour les fabricants qui tentent d'adopter cette technologie et cela reste l'une des raisons pour lesquelles l'industrie ne connaît pas une croissance rapide. En outre, la fabrication d'une seule pièce ne nécessite pas seulement l'intervention de plusieurs départements, notamment les finances, la production, la certification et l'assurance qualité, mais elle exige également de prendre en compte de nouveaux problèmes de fabrication tels que la durabilité. Le problème est que ces départements ne se parlent pas souvent entre eux. En fin de compte, *« quels que soient les avantages que vous puissiez apporter à une entreprise dans son ensemble, si celle-ci est structurée en silos qui se concentrent uniquement sur leur propre P/L étroit, la technologie ne sera pas adaptée »*, souligne Kyttanen.

« Le procédé 3DTI vise à remédier à ces écueils. Avec le 3DTI, nous ne nous contentons pas de fournir des produits personnalisés, locaux et durables, mais nous sommes plus rapides et moins chers que la Chine », conclut le designer industriel.

omnitec
advanced equipment

KINGS 600 PRO SLA 3D



Powerful SLA Technology

High-Precision

Optimal price-performance ratio

KINGS 600 PRO INDUSTRIAL SLA 3D PRINTER
EXCLUSIVELY AVAILABLE AT OMNITEC

www.myomnitec.de

Le point de vue de l'entreprise internationale

En ce qui concerne les acteurs, le royaume est surtout connu pour son large éventail de distributeurs. S'il existe une liste exhaustive de fabricants et de producteurs de matériaux qui font la fierté du pays, les Pays-Bas restent un pays de choix pour un certain nombre d'entreprises internationales qui ont décidé d'y établir leur siège européen. Nous avons pris contact avec le directeur général d'**XYZprinting**, **Fernando Hernandez**, pour avoir son point de vue sur les raisons qui ont conduit à ce choix pour le pays :



Fernando Hernandez / Directeur général de XYZprinting

Pourquoi avez-vous choisi les Pays-Bas pour établir votre siège social aux Pays-Bas ?

De nombreuses raisons expliquent le choix pour les Pays-Bas. La première qui me vient à l'esprit est la situation géographique idéale. Le port de Rotterdam étant l'un des plus importants ports d'entrée des marchandises dans l'UE, vous disposez de 3 à 4 jours maximum de voyage pour que les marchandises atteignent n'importe quel point de l'UE, la plupart des centres de distribution sont donc aux Pays-Bas (NL).

D'un point de vue économique, les Pays-Bas ne sont pas un paradis, mais ils disposent d'un système fiscal décent et d'une infrastructure assez bonne pour soutenir votre entreprise.

En ce qui concerne les ressources humaines, le pays compte une population mixte composée de citoyens de nombreuses régions du monde, notamment d'autres pays européens. Grâce à la chaleur des habitants, cela augmente la possibilité d'avoir une équipe de nationalités mixtes pour faire des affaires avec la plupart des pays d'Europe.

En ce qui concerne l'environnement local, le pays dispose d'un très bon écosystème pour la FA, en raison de l'excellente connaissance chimique des plastiques, mais aussi en termes de R&D, où les universités techniques proposent des étudiants excellents et qualifiés ayant une connaissance approfondie de la FA.

La majorité de vos activités européennes se déroulent-elles aux Pays-Bas ?

Dans notre cas, oui, toutes nos activités se déroulent dans nos installations aux Pays-Bas, où nous assurons les ventes, le marketing, le service clientèle, les finances, la logistique, le centre de formation, le centre de réparation, etc. Nous avons des partenaires dans toute l'Europe qui nous aident à atteindre les autres régions du continent.

Que diriez-vous du marché de la FA aux Pays-Bas par rapport aux autres pays où vous exercez les mêmes activités ?

Bien que notre bureau se trouve aux Pays-Bas, nous travaillons avec des partenaires régionaux dans chaque région d'Europe. C'est pourquoi nous adoptons une stratégie de partenariat similaire dans chaque région. Cela dit, nous constatons que l'intérêt et la pénétration des PME pour la FA sont assez avancés aux Pays-Bas par rapport aux autres régions. Cependant, le secteur de l'éducation n'est pas encore aussi avancé ou mature, mais il y a quelques ateliers dans les écoles et les centres d'éducation, au niveau national il y a encore du travail à faire.

Quels conseils donneriez-vous aux autres entreprises internationales de GA qui cherchent à établir un bureau dans le pays ?

En outre, les Pays-Bas jouissent d'une excellente situation au sein de l'Union européenne, d'un point de vue international. La ***position de la ville dans le pays est également importante.*** *En fonction de la stratégie commerciale et d'approvisionnement, si vous ne visez qu'un marché local, européen ou mondial, certains sites offrent plus d'avantages que d'autres. Pour les centres de R&D, il sera recommandé d'être proche des universités techniques bien sûr.*

L'autre considération est le ***recrutement de talents*** *aux Pays-Bas. Je pense que la plupart des entreprises conviendront avec moi que c'est un défi de garder les bons talents au bon poste. Le taux de chômage est assez faible par rapport aux autres pays de l'UE, les salaires sont également décents. Non seulement les employés expérimentés sont difficiles à recruter, mais aussi les jeunes diplômés qui peuvent déjà obtenir des offres d'emploi avant de quitter l'université.*

UN ACTEUR À CONNAÎTRE : TU Eindhoven



Nous avons vu tant d'innovations en matière d'impression 3D/de FA aux Pays-Bas, mais certaines des plus étonnantes ont toujours impliqué TU/e comme l'un des partenaires. Nous nous sommes assis avec **Joris Remmers** et **Patrick Anderson** pour discuter de certains des projets de FA en cours à l'université. Anderson est professeur et président du département de technologie des polymères et Remmers est professeur associé de matériaux composites au sein du groupe de recherche «Mécanique des matériaux». Tous deux travaillent au département de génie mécanique.

Fondée en 1956 par l'industrie, le gouvernement local et le monde universitaire, l'université de technologie d'Eindhoven, alias TU/e, est une université de recherche spécialisée dans les sciences et technologies de l'ingénierie. Cependant, c'est en 2016 que l'université fait ses premiers pas dans l'industrie de la FA en co-fondant avec TNO un centre européen de pointe pour l'impression 3D.

Dans le but d'établir un centre de recherche et de développement au niveau européen, le centre s'est d'abord concentré sur les équipements de production pour des produits intelligents, personnalisés et multifonctionnels ainsi que sur la création d'une chaire et d'un groupe de recherche de la TU/e. Les premières activités de l'Université ont été observées au Département de la construction lorsqu'une équipe de recherche qui étudiait l'impression 3D sur béton a dévoilé sa première série de structures imprimées en 3D réalisées avec une imprimante 3D béton. A cette occasion, les chercheurs ont imprimé en 3D un pavillon de 2m de hauteur pour montrer le type de liberté de forme qui peut être accompli avec l'imprimante 3D.

Aujourd'hui, l'université a exploré un large éventail d'autres projets liés à la FA, en particulier dans le domaine des matériaux. *« Nous avons de plus en plus constaté la nécessité pour les industries et autres organisations d'améliorer les processus de FA. Une analyse minutieuse de ces besoins montre le large éventail de défis à relever au niveau des matériaux pour permettre une combinaison parfaite entre les matériaux et les processus. En fin de compte, le marché ne peut progresser que si ceux qui travaillent au développement des processus d'impression 3D collaborent avec ceux qui se concentrent sur les matériaux »*, souligne Anderson.

À l'heure actuelle, bien qu'il n'y ait pas de formation


Photographer: Angeline Swinkels

Joris Remmers
Associate professor of Composite Materials at TU/e

dédiée à la FA à l'université, les deux professeurs expliquent que la courbe d'apprentissage de la FA s'accroît rapidement grâce aux projets de doctorat soutenus par l'université. Les projets peuvent être totalement ou partiellement financés par l'université ou d'autres institutions et impliquent généralement la participation d'autres partenaires (soit des instituts de recherche tels que TNO, soit des partenaires industriels).

En parlant des projets sur lesquels ils travaillent actuellement au sein du groupe de technologie des polymères, Remmers explique qu'ils travaillent sur le dépôt de matériaux fluides et sur la « simulation par éléments discrets de procédés d'impression 3D ». Ce dernier fait partie du projet **« *MultiMaterial 3D* »** financé par l'Agence de développement du Brabant (Brabantse Ontwikkelings Maatschappij).

« Le projet vise à prédire et à analyser les processus de FA au moyen de simulations par éléments discrets. Il se concentre sur les processus d'impression de poudre dans lesquels les particules de poudre sont représentées par des sphères. Les forces et la chaleur sont transférées entre les particules pour simuler le système complexe. Il en résulte que l'ensemble du processus d'impression et du produit imprimé peut être analysé, par exemple en fonction de la forme, de l'historique thermique ou des contraintes résiduelles », explique **Remmers**.

D'autre part, Anderson souligne quelques projets de recherche appliquée et fondamentale sur les procédés de fabrication additive pour les polymères et les aliments.

En ce qui concerne l'alimentation, les Pays-Bas mettent de plus en plus l'accent sur une **alimentation personnalisée**. TU/e est actuellement partenaire de l'Initiative de transformation numérique des aliments qui se concentre sur la durabilité, l'alimentation personnalisée, la production alimentaire à la demande, les nouvelles formes et saveurs, et les nouvelles expériences sociales. Le but ultime de ce projet est de développer un consortium mondial pour la production alimentaire contrôlée numériquement.

« Dans le cadre de nos projets de frittage, nous étudions pourquoi les défauts se produisent pendant l'impression et comment les conditions du processus et les propriétés des particules affectent l'adhésion des couches, la porosité et les propriétés mécaniques », explique-t-il. *« Le projet explique actuellement certains des défis actuels que les professionnels tentent de relever. En effet, avec le PA12 et le PA11 comme poudres les plus utilisées, les opérateurs reconnaissent qu'il y a souvent un problème de porosité ou de délaminage lors de la fabrication par SLS. C'est pourquoi, lors des essais, nous constatons souvent que les propriétés mécaniques ne sont pas aussi bonnes que lorsque la pièce est fabriquée par moulage par injection. La cause de ce problème est que ces matériaux ne sont souvent pas spécialement développés pour la FA ».*

Les recherches du groupe de technologie des polymères visent à donner des orientations qui permettront donc d'améliorer le processus d'impression 3D SLS. Jusqu'à présent, les résultats montrent qu'il est nécessaire de mettre en place un dispositif expérimental unique pour des expériences in situ résolues dans le temps. La caractérisation des poudres permet d'interpréter la vitesse de frittage, les propriétés des matériaux et le traitement



Patrick Anderson
Professor and chair of Polymer Technology at TU/e

déterminent les propriétés finales, tandis que la modélisation permet d'améliorer la compréhension fondamentale du processus de frittage laser.

Bien qu'il ne puisse pas faire d'autres commentaires sur ce projet, l'expert croit fermement que ce qui va vraiment stimuler le marché de la FA est la capacité à étendre les matériaux avec lesquels nous sommes capables d'imprimer.

En seulement quatre ans d'activités dans la FA, TU/e a exploré un large éventail de domaines de l'industrie de la GA et les projets en cours sur lesquels ils travaillent actuellement montrent le rôle crucial d'une perspective universitaire pour faire progresser l'industrie de la FA.

5 Faits clés à garder à l'esprit concernant les entreprises aux Pays-Bas

- Situation géographique stratégique

- Le tableau de bord européen de l'innovation 2020 a classé les Pays-Bas au quatrième rang des pays les plus innovants.

- Selon «Invest in Holland», 90 % de la population néerlandaise parle couramment l'anglais et un pourcentage plus élevé de personnes parle l'allemand et le français que leurs homologues ailleurs.

CHRONIQUE DE L'INVITÉ



Intégration des technologies dans la FA : Comment gagner en efficacité et en compétitivité

Par Elvira LEON

Au cours des dix dernières années, l'industrie de la fabrication additive a connu une croissance rapide, du prototypage à la production de pièces finales, où la complexité et les exigences de qualité sont beaucoup plus élevées. D'autre part, le secteur industriel évolue de la production de masse à faible coût vers une production plus personnalisée.

La production de masse avec la fabrication additive est l'un des défis les plus importants pour son industrialisation complète. Selon le rapport «*Challenges in the industrialization of additive manufacturing*», publié dans le cadre du projet AM-Motion (Programme Horizon 2020, Commission européenne), certains des défis que la technologie de fabrication additive devra relever dans les années à venir sont **l'intégration et l'automatisation des systèmes de production, et l'augmentation de la productivité et de l'efficacité** pour gagner en compétitivité par rapport aux technologies de fabrication traditionnelles.

Le grand avantage offert par la fabrication additive pour fabriquer à la demande, réduire les coûts logistiques et l'empreinte environnementale, et réaliser des économies pertinentes avec la réduction des stocks et des entrepôts physiques, viendra de l'intégration et de l'automatisation des processus : **l'intégration des équipements et des logiciels et l'intégration des processus physiques et du fil numérique, seront la clé pour rendre possible la fabrication de pièces de manière distribuée et à distance, en garantissant leur qualité et leur traçabilité.**

Intégrer les technologies de systèmes d'information et les technologies opérationnelles

***information technology (IT) systems /operational technology (OT)*

La fabrication additive est le paradigme de la fabrication numérique. À partir d'un fichier 3D, un objet complet peut être construit en déposant couche sur couche de matériau. Dans ce processus, à un moment donné, le monde numérique d'un fichier devient physique dans un objet. Par conséquent, les mondes numérique et physique doivent s'intégrer dans le processus.

D'un point de vue pratique, l'intégration complète des systèmes d'entreprise (TI) et des systèmes opérationnels dans l'atelier (OT) nécessite également la réalisation d'étapes de base pour obtenir un flux de travail efficace. L'automatisation et les outils de planification intelligents sont essentiels dans ce processus.



· Construction d'un inventaire numérique, rassemblant toutes les informations et fichiers numériques nécessaires à chaque étape du processus : spécifications, exigences, flux de travail, conditions de fabrication et de post-traitement, besoins de certification, etc.

· Génération d'un flux de travail personnalisé pour chaque pièce, avec une traçabilité complète au stade numérique et physique, en mettant en œuvre des solutions de suivi et de traçabilité dans l'atelier, au moyen de QR/RFID ou d'autres dispositifs appropriés.

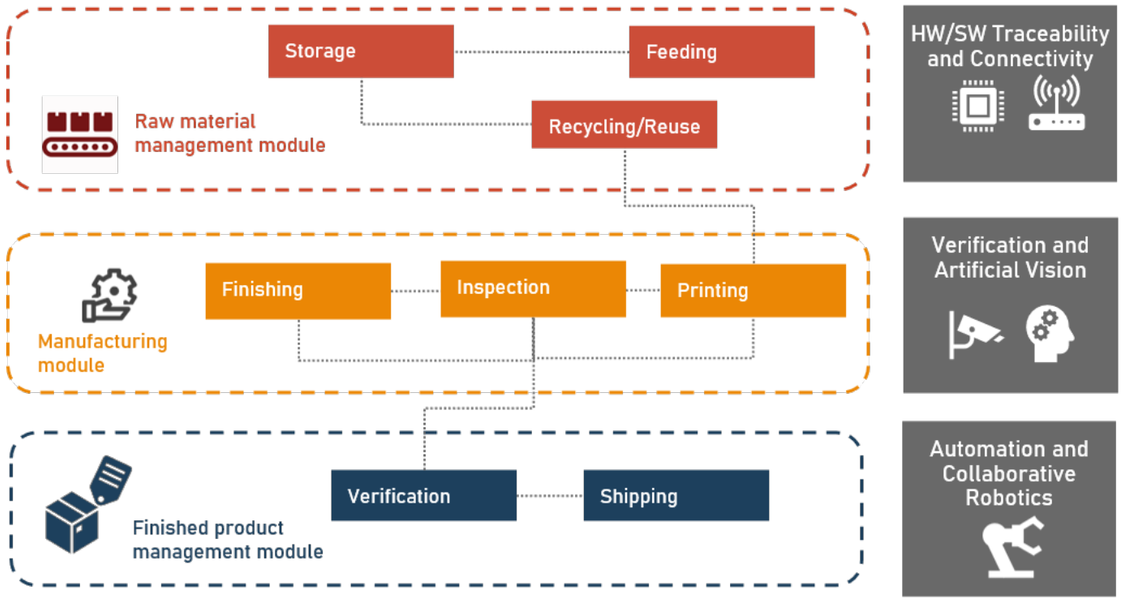
· Mise en œuvre d'une hiérarchisation intelligente des commandes de fabrication en fonction du temps de besoin, du processus complet et de l'occupation des machines afin de maximiser la productivité (et donc le retour sur investissement).

· Garantir un accès complet aux informations de production en temps réel.

· Mettre en œuvre une estimation intelligente de l'ordonnancement et une replanification automatique en fonction de toute mise à jour des besoins, des incidents, des non-conformités ou des changements de la demande.

Intégrer les processus

Ce flux de travail dans la fabrication additive se traduit par l'intégration de plusieurs processus et opérations différents. À commencer par la gestion des matières premières, qui doit garantir le respect des conditions de stockage et de transport, et assurer la traçabilité lors du stockage, pendant le processus d'alimentation et après le recyclage. L'intégration des processus de fabrication (alimentation, impression 3D, extraction, inspection, finition...) offre de nombreuses possibilités d'intégrer des solutions d'automatisation dans ces processus, d'optimiser les temps de production et de gagner en compétitivité. Il est de plus en plus courant d'incorporer l'automatisation entre les processus ou de développer des systèmes de fabrication hybrides et continus. Dans tous les cas, il est essentiel de disposer d'un système de traçabilité adéquat.



La connectivité avec les équipements est nécessaire pour réaliser une véritable intégration du flux de fabrication physique et numérique et permet de surveiller le processus en temps réel et de valider les paramètres de fabrication. La traçabilité et l'intégration des systèmes de production doivent être maintenues jusqu'au stade de la gestion du produit fini. L'intégration avec le système ERP (Enterprise Resources Planning) et avec le MES (Manufacturing Execution System) assure une traçabilité complète du processus, de la matière première à l'expédition, ce qui permet d'économiser du temps et des ressources dans les tâches d'inspection et de gestion documentaire.

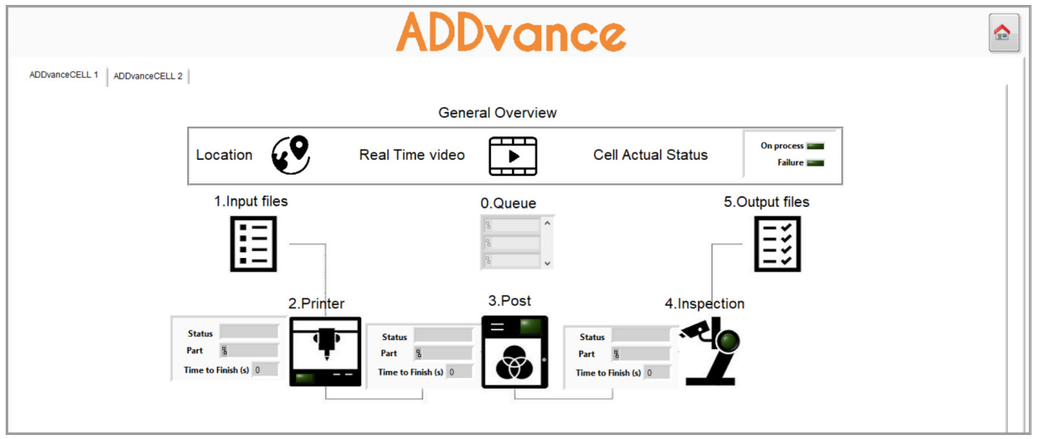
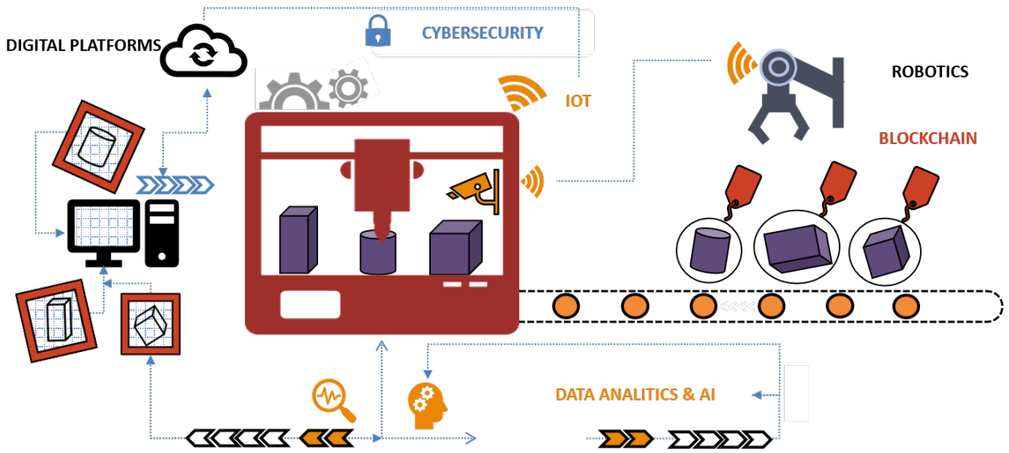


Figure 1. Image du module de production de la plate-forme ADDvance, connectivité inclue avec l'équipement et informations sur les processus en temps réel

Intégrer les technologies numériques dans la FA

La reproductibilité et la productivité sont quelques-uns des défis à relever dans la fabrication additive pour gagner en compétitivité par rapport aux autres technologies de fabrication conventionnelles. Dans les deux cas, les progrès et les améliorations des nouveaux systèmes sont énormes, avec l'intégration de différentes technologies numériques, comme l'analyse des données et l'apprentissage automatique pour la surveillance des processus, les solutions robotiques pour l'automatisation ou l'IOT (Internet des objets) et les plateformes numériques pour connecter les équipements, les dispositifs et les systèmes informatiques



Influence du processus de fabrication

La fabrication additive est un processus de fabrication considéré comme «spécial», comme la soudure, l'adhésif ou la fabrication de matériaux composites. Cela signifie que l'effet de la variabilité des nombreux paramètres du processus de fabrication peut influencer considérablement le résultat. Il est donc très important de définir ces paramètres et leur plage de variation et de les surveiller pendant le processus. Pour la première étape, la définition des paramètres, dans les technologies à faible coût, vous pouvez recourir à l'expérience ou à certains tests qui nous aident à définir les paramètres de fabrication. Pour les technologies à coût élevé, la technique des essais et des erreurs peut être trop coûteuse, c'est pourquoi on utilise des procédés de simulation de processus.

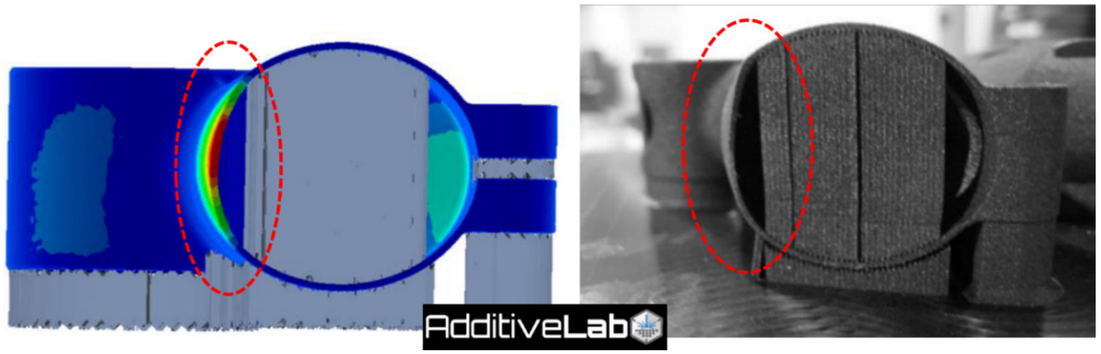


Figure 2. Comparaison de la prédiction de la déformation par simulation et du résultat dans la pièce fabriquée. Une modification de la position de fabrication de la chambre ou des paramètres du processus aurait pu empêcher la fabrication d'une pièce non conforme, ce qui aurait permis de réaliser des économies.

En ce qui concerne la surveillance et le contrôle des processus, des techniques d'analyse de données utilisant l'apprentissage automatique et l'apprentissage approfondi sont utilisées pour identifier les écarts potentiels en analysant l'interaction entre différents paramètres, ce qui serait impossible à détecter avec des techniques de surveillance plus simples. D'autre part, les progrès dans ce domaine comprennent également le développement de modèles prédictifs (avertissement d'une déviation avant qu'elle ne se produise) et même prescriptifs (établissement d'une action pour contrecarrer la déviation identifiée).

Flux d'informations et sécurité



En raison de la nature de la fabrication numérique intrinsèque à la fabrication additive, **la sécurité du fil numérique est un facteur critique**. D'énormes progrès sont réalisés dans ce domaine, pour garantir qu'il n'y ait pas de variation ou d'attaque des données tout au long du processus (protection de la sécurité du système), et pour garantir que l'accès aux données se fasse de manière contrôlée et autorisée (protection de la propriété intellectuelle). Ces deux facteurs sont critiques et essentiels pour permettre un modèle commercial de fabrication distribuée.

La sécurité des systèmes (cybersécurité) consiste à protéger le matériau, les logiciels et les microprogrammes des ordinateurs (systèmes IdO et OT)

Pour la protection de la propriété intellectuelle, la technologie Blockchain est utilisée pour suivre et tracer le flux d'informations, et évaluer que les objets soient produits dans un équipement préalablement validé, que le nombre d'unités fabriquées est celui stipulé et que cela est fait par des fabricants autorisés.

ADDvance fournit des services et des produits pour soutenir une industrialisation efficace de la fabrication additive. ADDvance aide ses clients à constituer leur propre inventaire numérique de pièces et à permettre une fabrication distribuée et à distance, en assurant la qualité et la traçabilité indispensables de ces pièces grâce à la plate-forme ADDvance.

ADDvance commercialise également des cellules de production entièrement autonomes (ADDvanCELL®) permettant la fabrication sur le terrain et la gestion à distance. Les cellules de production ADDvanCELL® intègrent tous les équipements et logiciels nécessaires à l'impression, la finition et la vérification, et fournissent la plate-forme permettant de gérer la production de manière autonome et à distance, avec une traçabilité et une sécurité totales. Les solutions ADDvanCELL® peuvent intégrer la robotique et l'intelligence artificielle dans les applications où l'interaction humaine doit être minimisée.



Figure 3. Tableau de bord de la plate-forme ADDvance, montrant les modules « Inventaire numérique, Production et Certification ».



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



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

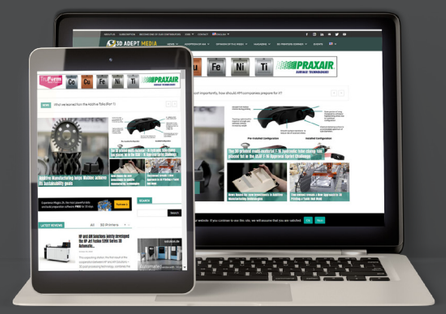
3D ADEPT MAG

Le Magazine de la Fabrication Additive

GET IT!!!



6 numéros par an



www.3dadept.com

Contactez - nous !!!

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

engineered
and made
in Germany

solukon



Pioneer and technical leader of automated powder removal

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

solukon.de