

additive

FABRICATION

FABRICATION

additive

3D ADEPT **MAG**



IMPRESSION **3D**

IMPRESSION 3D CÉRAMIQUE - **AUTOMOBILE** - CONTRÔLE QUALITÉ & ASSURANCE QUALITÉ
LOGICIELS - MATERIAUX - **ADDITIVE MANUFACTURING SHAPERS** - INTERVIEW DU MOIS

N°2 - Vol 5 / Mars - Avril 2022

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

2022

RECEVEZ LE MAG CHEZ-VOUS !

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



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

WWW.3DADEPT.COM

Edité par **3D ADEPT MEDIA**

Création graphique

Martial Y. , Charles Ernest K.

Rédaction

Kety S., Yosra K.

Correction

Jeanne Geraldine N.N.

Publicité

Laura Depret

Laura.d@3dadept.com

Périodicité & Accessibilité :

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

Exactitude du contenu

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

Publicités

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

Responsabilité de l'éditeur

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

Reproduction

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

Cover image : Image de Zeiss



Questions :

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

Sommaire

Editorial04

Dossier.....07

IMPRESSION 3D CÉRAMIQUE : LE PAYSAGE ACTUEL DE LA FABRICATION ET LE MODÈLE ÉCONOMIQUE QUI ANIME LES APPLICATIONS INDUSTRIELLES.

“Additive Manufacturing Shapers”15

« GAGNER UN AVANTAGE CONCURRENTIEL » : LE GROUPE SAUBER PARLE DE LA FORMULE 1 ET DE SA PROCHAINE COURSE AVEC LA FABRICATION ADDITIVE.LA ONE AND THEIR NEXT RACE WITH ADDITIVE MANUFACTURING

Contrôle Qualité & Assurance qualité.....21

MÉTROLOGIE ET INSPECTION POUR LA FABRICATION ADDITIVE

“Focus on YOU Series” | Evonik27

EVONIK PARLE DE DÉVELOPPEMENT DE MATÉRIAUX POLYMÈRES ET D'IMPRESSION 3D AUTOMOBIL

Logiciels31

COMPRENDRE LA « GESTION DES DONNÉES 'MATÉRIAUX' » DANS LA FABRICATION ADDITIVE

Interview du mois37

SAKUÛ PARLE DE « BATTERIES SOLIDES » ET D'IMPRESSION 3D: C'EST BIEN PLUS QUE DE SIMPLS BATTERIES

Matériaux43

OPINIONS: QUE POUVONS-NOUS ENCORE ATTENDRE DES MATÉRIAUX DE FABRICATION ADDITIVE ?

Start-up AREA49

6 ANS PLUS TARD, VALCUN RÉVÈLE LE NOM, LE TYPE DE PROCÉDÉ DE FA QU'ILS DÉVELOPPENT, SES CAPACITÉS ET SON POTENTIEL.

Bonjour & bienvenue

Un autre type de course

Des conflits terribles se déroulent dans le monde en ce moment, mais si nous nous concentrons sur quelque chose qui nous réunit pour une seconde.

Au moment où nous écrivons ce numéro, il y a une énorme excitation autour de la plus haute classe de la course automobile internationale, un pilier du luxe avec des compagnies comme Rolex, Emirates Airline & Group en tant que partenaires et Aston Martin, McLaren ou Alfa Romeo Racing ORLEN comme équipes : **la Formule 1**.

Je suis peut-être nouvelle dans ce monde, mais c'est plutôt admirable de voir la rivalité et le respect sur la même piste. Au-delà de l'excitation habituelle des courses roue à roue, des controverses, c'est probablement le seul sport au monde qui met les athlètes et les ingénieurs sur le même piédestal. Dans ce secteur, la technologie et le travail d'équipe qui l'accompagne sont aussi importants que les pilotes au volant de la voiture, ce qui suscite l'intérêt d'une équipe éditoriale axée sur la technologie comme la nôtre.

En effet, l'incroyable tension physique à laquelle les véhicules sont soumis pendant une course exige que les voitures soient construites à l'aide des matériaux et des techniques de traitement les plus modernes. Si on s'intéresse uniquement aux matériaux de fabrication additive, de la conception à la fabrication, le choix des bons matériaux permet d'obtenir un produit fini de la plus haute qualité possible. Mais pour obtenir ce produit, le parcours est semé d'embûches.

Assurer le flux de matériaux grâce à un système de gestion des matériaux, choisir le bon processus de fabrication, vérifier que la pièce est conforme aux réglementations grâce à un contrôle approfondi de l'assurance qualité sont quelques-unes de ces embûches, et celles que nous avons décidé d'explorer dans ce numéro de 3D ADEPT Mag.

Enfin, quelque part sur cette route, nous avons réalisé que lorsqu'ils ne sont pas sur une piste de course, les constructeurs de Grands Prix exploitent leur expertise de la F1 et les technologies de course pour stimuler l'innovation en matière de production pour nos voitures de route quotidiennes, et au-delà. Nous avons également exploré leur présence (en de)hors des pistes de course et les moyens qui permettent aux fournisseurs des fournisseurs de technologies de fabrication additive de fournir des solutions dédiées et parfois inattendues – et ce, à chaque étape du processus.



Kety SINDZE

Editrice-en chef chez 3D ADEPT Media

✉ ketys@3dadept.com

Editorial

Significant Cost Savings on Additive Tool

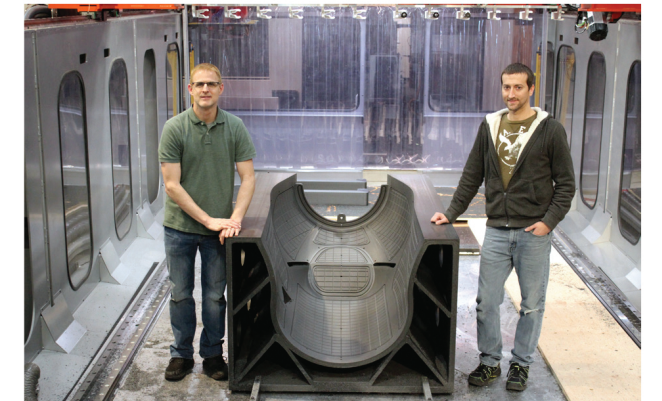
Partnership between Thermwood and General Atomics

The Details

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

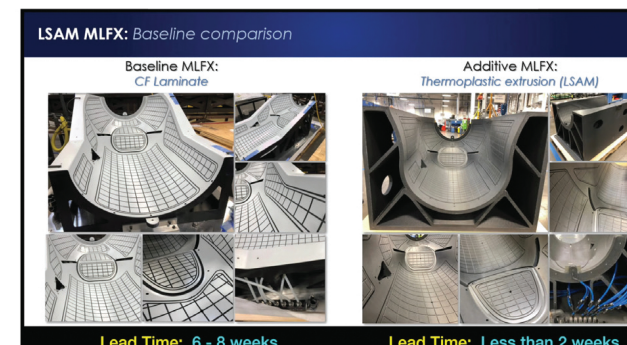
Cost Savings of around \$50,000 vs traditional methods

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



The Results

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

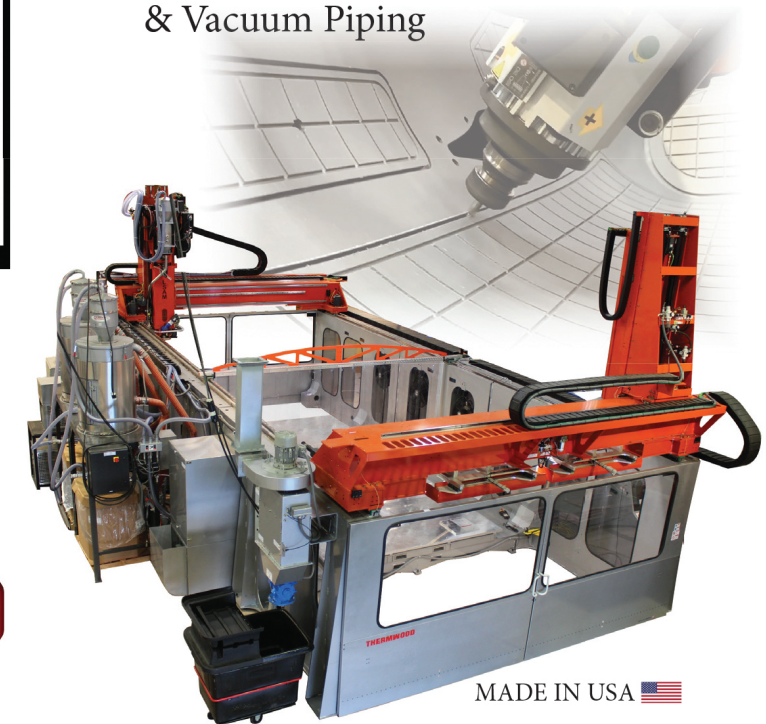


Scan QR code to view a video of the LSAM and General Atomics process.

THERMWOOD

www.thermwood.com

800-533-6901



MADE IN USA



LE PAYSAGE ACTUEL DE LA FABRICATION ET LE MODÈLE ÉCONOMIQUE QUI ANIME LES APPLICATIONS INDUSTRIELLES.

2014. L'engouement autour de l'impression 3D céramique se produit lorsque nous avons vu pour la première fois des vases et des articles ménagers imprimés en 3D, mais elle s'estompe aussi lorsque le marché réalise que ce n'est pas nécessairement la voie du succès pour ce domaine d'activité. Entre-temps, une liste exhaustive d'équipementiers et de producteurs de matériaux qui avaient compris le potentiel et la pertinence de la céramique pour les applications industrielles continuent d'améliorer leurs solutions, en attendant qu'elles atteignent un certain niveau de maturité pour les applications industrielles avant de les dévoiler sur le marché commercial. 2022. Le marché de l'impression 3D céramique est encore considéré comme un segment relativement nouveau, par rapport à l'impression 3D polymère et métal. Cependant, l'augmentation du nombre d'entrants dans le domaine, les solutions aux principaux défis de fabrication et une [croissance multipliée par 7](#) pour le marché de l'impression 3D céramique d'ici 2032 sont quelques-uns des éléments qui alimentent la conversation autour de ce sujet aujourd'hui.

Tout segment de la fabrication additive s'efforce toujours de relever les défis soulevés par les processus de fabrication conventionnels équivalents. Il en va de même pour l'impression 3D céramique. Le pressage isostatique à chaud, l'extrusion et le moulage par injection ont été largement utilisés dans l'industrie de la céramique, mais leurs coûts élevés et les longs délais d'exécution rendent difficile l'utilisation de ces technologies pour le prototypage et la production de pièces en petits et moyens volumes. Tout comme l'impression 3D de polymères, l'impression 3D de céramiques peut résoudre ces problèmes, mais avec un ensemble différent de processus de fabrication.

Le dossier ci-dessous a pour ambition de comprendre et d'identifier :

- o Le paysage technologique dans lequel s'inscrit l'impression 3D céramique ;
- o Ce qui n'a pas fonctionné auparavant, et ce qui fonctionne aujourd'hui en termes de matériaux et de solutions de fabrication.
- o Le modèle commercial établi sur le marché de l'impression 3D céramique et les applications pour lesquelles il existe un réel potentiel.

1. Le paysage technologique de l'impression 3D céramique

Pour fournir un peu de contexte technique à ceux qui ne sont pas familiers avec le processus, notons qu'une céramique est un solide inorganique non métallique qui peut être façonné puis durci par chauffage à haute température.

Nous connaissons tous les céramiques traditionnelles à base d'argile, mais aujourd'hui, la définition de la céramique couvre des matériaux tels que les céramiques de haute performance, avancées et techniques, en bref, des matériaux qui peuvent être développés à partir d'un large éventail de matériaux inorganiques non métalliques. Pour faciliter la compréhension des différentes catégories de céramiques, les experts ont identifié deux grands types de céramiques : les **céramiques classiques** qui dérivent de matières premières naturelles (argile) et les **céramiques techniques**.

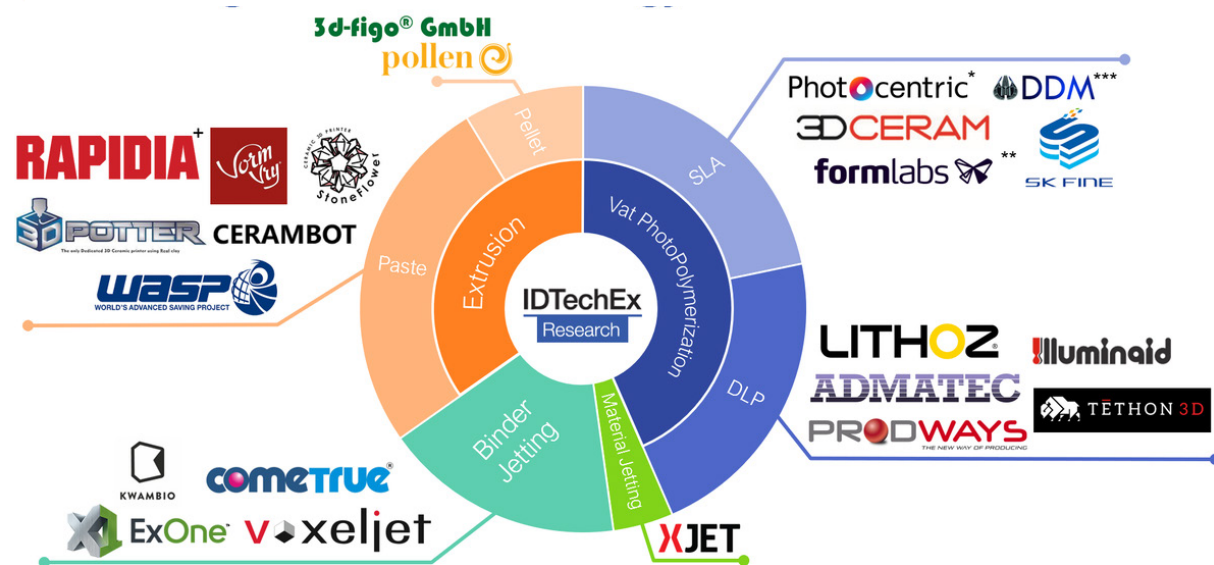
Cela signifie que le **carbone** et le **silicium** peuvent être considérés comme des céramiques, et c'est intéressant à noter car de nombreuses céramiques imprimables en 3D ont des noms qui sonnent plus comme des métaux car elles ne sont pas dérivées de l'argile. Ces céramiques de haute performance ou techniques sont « des matériaux utilisés à des fins d'ingénierie plutôt que pour la vaisselle ». Elles peuvent avoir des propriétés de haute résistance, de haute dureté, de haute durabilité et de haute ténacité.

Dès le début, qu'elle soit destinée à l'art ou à l'industrie, l'utilisation de l'impression 3D céramique a été définie par les matériaux. Et ces matériaux ont d'une certaine manière défini les différentes technologies permettant de réaliser des applications d'impression 3D céramique pour l'industrie ou les produits artistiques.

En effet, les technologies actuelles de FA qui permettent la production de céramiques techniques (presque) entièrement denses sont le frittage laser sélectif à base de boue (S-SLS), l'impression 3D à base de boue (S-3DP), le jet de liant (BJ), la modélisation par dépôt en fusion (FDM), l'impression directe par jet d'encre (DIP), la stéréolithographie (SLA), la photopolymérisation (DLP) et le robot de coulage (écriture directe à l'encre DIW).

Les recherches révèlent que, si le procédé d'impression 3D par extrusion (FDM) traite principalement des céramiques classiques, d'autres types de procédés de FA sont (de plus en plus) qualifiés pour travailler avec des céramiques techniques. Ces céramiques industrielles sont disponibles sous diverses formules qui vont, par exemple, de l'oxyde d'aluminium (Al₂O₃) à l'oxyde de zirconium (ZrO₂) communément appelé « acier céramique », en passant par la zircone, le nitrure de silicium et le carbure de silicium.

PRÉSENTATION DE LA TECHNOLOGIE D'IMPRESSION 3D DE LA CÉRAMIQUE



Credit: IDTechEx

Vue d'ensemble des procédés de FA des céramiques

Les procédés basés sur l'extrusion ou le FDM peuvent être assez faciles à comprendre, car la pâte ou le filament qui est poussé par la buse permet de construire la pièce couche par couche. L'équipementier italien **WASP** développe une série de grandes imprimantes 3D appelées delta, qui méritent d'être mentionnées dans ce domaine. **Pollen AM** a également pénétré récemment le marché de la céramique avec une gamme de [céramiques techniques disponibles sous forme de granulés](#).

Selon les chercheurs du groupe de FA de la [KU Leuven](#), le frittage sélectif par laser (SLS) des composants en céramique peut être classé en

deux catégories : **direct ou indirect**. Dans la SLS directe, un faisceau laser est utilisé comme source de chaleur pour chauffer et fritter localement les couches de poudre céramique déposées. La SLS indirecte implique la fusion au laser d'une phase de liant organique sacrifiée dans la poudre composite polymère-céramique pour produire des pièces «vertes». Cette opération nécessite une étape ultérieure de déliantage et de frittage au four afin de produire les pièces céramiques finales. Les deux procédés sont encore actuellement les plus explorés au niveau de la recherche. Sauf erreur de notre part, il n'existe pas (encore) de machine basée sur ce procédé sur le marché commercial actuel.

La stéréolithographie céramique (CSL), quant à elle, est souvent classée dans la catégorie de la photopolymérisation ((SLA,DLP, LCD, CLIP). Le processus est basé sur la photopolymérisation sélective d'une suspension photosensible (également appelée «photopolymère» qui sert de «liant» après la polymérisation) contenant des particules de céramique dispersées de manière homogène pour fabriquer des pièces «vertes», qui doivent être décollées et frittées. Une entreprise qui sort du lot sur ce segment est Lithoz.

« Notre gamme d'imprimantes 3D est basée sur la technologie LCM, construisant des couches de boue céramique durcies individuellement de manière ascendante pour créer des pièces complexes de haute performance sans avoir besoin d'un moule ou d'autres outils. Grâce à cette technique, il est possible de créer des caractéristiques beaucoup plus complexes et fines avec des niveaux de précision et d'exactitude exceptionnels, impossibles à atteindre avec d'autres techniques de production. Nos matériaux céramiques offrent également des avantages significatifs par rapport à d'autres matériaux, tels qu'une résistance élevée à la chaleur et aux produits chimiques et des qualités biorésorbables pour les applications médicales », déclare **Zoran Ostic**, expert en affaires et applications chez Lithoz.



Zoran Ostic, expert en affaires et applications chez Lithoz

Dans un **procédé de projection de liant** (Binder Jetting), un agent liant est appliqué sélectivement sur un lit de poudre céramique, une couche à la fois. Le défi de ce procédé réside dans la densité du lit de poudre de la machine, qui doit être maximisée, tandis que le volume de liant liquide nécessaire doit être minimisé pour obtenir des pièces vertes solides. **ExOne**, une entreprise de Desktop Metal aujourd'hui, est l'une des sociétés qui a mis au point un [procédé de projection de liant réellement évolutif](#) dans l'industrie. [Voxeljet en est une autre](#). En effet, le « binder jetting » peut produire des centaines, voire des milliers de pièces vertes en une seule construction. Cependant, **l'un des inconvénients** souvent mis en avant par les industriels est la faible résistance des pièces vertes et la faible qualité de finition de surface.

Vient ensuite **l'injection de nanoparticules**. Ce procédé est développé et commercialisé par **XJET**. Il permet de fabriquer des pièces en projetant des milliers de gouttelettes de nanoparticules de céramique à partir de buses à jet d'encre en couches ultrafines. Avec cette approche basée sur le jet d'encre et le séchage UV, les pièces vertes produites sont similaires à celles obtenues par stéréolithographie.

Il est intéressant de noter qu'à l'exception de la solution de XJET qui ne nécessite pas de déliantage (et qui a un support soluble dans l'eau), presque tous ces procédés nécessitent un déliantage et un frittage avant d'obtenir la pièce finale. Or, le succès ou l'échec de ces procédés dépend souvent du matériau utilisé.

Le point de vue des matériaux

« Les céramiques sont dures – et pas seulement sur le plan mécanique ! Par rapport aux métaux et aux polymères, les matériaux céramiques sont incroyablement difficiles à façonner par des méthodes de formation soustractives comme l'usinage, en raison de leur dureté mécanique et de leur fragilité inhérentes. C'est pourquoi l'impression 3D des céramiques est très attrayante pour l'ensemble de l'industrie », ont observé **Bram Neirinck** et **Kevin Eckes**, ingénieurs de recherche chez Aerosint.

En réalité, chaque procédé d'impression comporte son lot d'avantages et d'inconvénients, mais en général, les problèmes rencontrés sont **les contractions de cuisson élevées, la faible densité et la résistance, ainsi que l'incompatibilité potentielle avec les émaux** (*email : Vernis constitué par un produit vitreux, coloré, fondu, puis solidifié, dont on recouvre certains objets pour les protéger ou les rendre brillants.)

D'autres défaillances souvent identifiées sont la chute, le collage, le fendillement et l'écaillage. Alors que certains chercheurs pourraient y voir une opportunité de construire des machines sur mesure, le CEO de **Tethon3D**, **Trent Allen**, y voit une opportunité de créer de nouveaux matériaux.

« Dans la science traditionnelle des matériaux aqueux, vous êtes plus limité dans les matériaux que vous pouvez traiter. Il existe également d'immenses possibilités de prendre des matériaux difficiles à traiter dans la fabrication traditionnelle, comme le SiC (Wet Layup), et de pouvoir utiliser un liant non aqueux pour faciliter la production de pièces. Chez Tethon, près d'un tiers de notre activité consiste à prendre



Trent Allen, CEO de Tethon3D

des poudres utilisées dans la fabrication traditionnelle par les entreprises de Fortune 500 et à les transformer en résines d'impression 3D ou en poudres pour le jet de liant. Nous nous attendons à ce que cette activité se développe parallèlement avec la croissance de la FA », explique Allen.

Cela dit, si la première solution qui vient à l'esprit de chacun lorsqu'il s'agit de relever des défis est de repenser le processus de production, Tethon3D met en avant une alternative plus puissante et plus traçable : un outil logiciel. L'entreprise, qui se considère davantage comme une société de logiciels que comme un producteur traditionnel de matériaux céramiques, estime que « **quiconque a conçu un logiciel sait qu'un produit n'est jamais vraiment fini**. Les améliorations technologiques dans la science des matériaux polymères et la recherche de moyens d'améliorer le traitement des poudres s'accroissent. Avec plus de 1 300 clients qui font confiance à nos matériaux, il peut être difficile pour nous de nous assurer que notre clientèle mondiale sait pourquoi un matériau a été modifié, amélioré ou supprimé. Un autre défi lorsqu'on innove aussi rapidement est de trouver comment passer des lots de laboratoire aux lots de production. »

Aujourd'hui, en prenant des exemples sur l'impression UV et le Binder Jetting qui sont les principaux processus dans lesquels l'entreprise a développé une expertise, Allen explique que pour vraiment passer à la production et créer de grandes pièces, **il est essentiel d'avoir des matériaux cohérents et de limiter la quantité de rétrécissement**.

« Le Binder Jetting et l'impression UV se complètent. En ce qui nous concerne, nous imprimons généralement des objets plus précis, plus petits et plus denses à l'aide de l'UV et des objets plus grands, plus volumineux et aux parois plus épaisses à l'aide du Binder Jetting », ajoute-t-il.

En fin de compte, la clé du passage à la production ne réside pas seulement dans le développement de nouveaux matériaux, mais aussi dans **l'obtention des bonnes propriétés finales**, tout en simplifiant le processus et en garantissant les questions de sécurité. Et si vous avez trouvé cette clé, cela signifie certainement que vous avez compris comment passer des lots de laboratoire aux lots de production.

2. Le modèle commercial établi sur le marché de l'impression 3D céramique et les applications pour lesquelles il existe un réel potentiel.

Cela commence toujours par de la R&D et éventuellement des prototypes. Outre ces deux utilisations, les premières applications de l'impression 3D céramique révèlent un intérêt pour l'outillage céramique et les pièces en petites séries dans des secteurs tels que le moulage à la cire perdue pour l'aérospatiale et la défense, le génie chimique et la dentisterie.

De manière surprenante, les applications qui sont livrées sur le marché ne proviennent pas de bureaux de services d'impression 3D. En fait, nous avons vu certains bureaux de services de premier plan comme [i.materialise](#) ou [Shapeways](#) cesser leurs services d'impression 3D de céramique il y a quelques années. Pour Lithoz, la mise en place d'applications d'impression 3D céramique réussies nécessite une collaboration étroite entre le fabricant de la machine et ses clients.

C'est en tout cas la voie que suit l'équipe, qui soutient ses clients dans la découverte de nouvelles applications, établissant ainsi l'impression 3D céramique comme une technologie de fabrication fiable pour la production industrielle.

« Nombre de nos clients sont au service de l'industrie en mettant leur savoir-faire spécifique de notre technologie de fabrication de céramique par lithographie (LCM) à la disposition des acteurs de diverses industries, du médical et du dentaire à l'aérospatiale et aux semi-conducteurs », déclare **Peter Schneider**, expert en développement commercial et applicatif chez Lithoz. « L'impression 3D en céramique, même si elle est parfaitement adaptée à la fabrication et au développement modernes dans tous les domaines, est cependant toujours considérée comme une «nouvelle» technologie, même si la FA métal ou polymère, et les entreprises ont besoin d'être incitées à abandonner les méthodes conventionnelles. Les bureaux de services ont de loin les exigences les plus élevées en matière de technologie de fabrication, ce qui signifie qu'ils ne proposent que des processus offrant le meilleur retour sur investissement avec le risque technique le plus faible – il y a peu de place pour l'essai de nouvelles technologies. De la même manière, ces bureaux n'ont pas le temps ni les ressources à gaspiller pour une technologie dont ils ne sont pas certains qu'elle donnera des résultats », poursuit-il.

Schneider estime que ce n'est qu'une question de temps pour que les prestataires de services intègrent l'impression 3D céramique industrielle dans leur flux de travail. Pour l'expert, l'un des incitants à ce changement est **la combinaison de la DfAM avec les propriétés matérielles souhaitables des matériaux céramiques** – telles qu'une résistance chimique élevée, une grande solidité et une grande dureté – Cette combinaison peut ouvrir la porte à des applications qui étaient auparavant irréalisables et pénétrer des marchés où les métaux et les polymères ont déjà atteint leurs limites.

Cet incitant recentre le débat sur **les applications** et celles qui ne sont pas encore pleinement explorées par les céramiques techniques. Actuellement, il existe une marge de croissance dans les ventes liées à la R&D, car un grand nombre d'instituts de recherche internationaux travaillent à faire progresser l'impression 3D céramique dans des applications intéressantes comme le **stockage de l'énergie et la capture du carbone**. Les professionnels du secteur ont actuellement besoin d'exploiter l'industrie des

soins de santé. En premier lieu, la dentisterie qui constitue un grand potentiel pour cette technologie – suivie de près par les implants médicaux en céramique. Selon **Zoran Ostic** de Lithoz, le potentiel des applications médicales réside dans la biorésorbabilité des matériaux céramiques :



Peter Schneider expert en développement commercial et applicatif chez Lithoz

« Les implants céramiques bio-résorbables, composés de matériaux tels que le phosphate tricalcique ou l'hydroxyapatite, se dissolvent dans l'organisme au fur et à mesure que l'os organique guérit et se développe. En tant que tels, les implants en céramique favorisent la guérison osseuse et la nécessité d'une seconde intervention chirurgicale pour retirer l'implant est totalement éliminée. À l'heure actuelle, cependant, les implants métalliques – qui ont souvent des effets secondaires considérables à long terme pour le corps humain – restent la solution la plus courante, ce qui signifie que le principal défi consiste à encourager les chirurgiens à abandonner une solution éprouvée pour essayer un matériau plus innovant.

En général, de nombreuses applications pour les céramiques de haute performance sont sous-développées par le marché, car les utilisateurs finaux de céramiques techniques conventionnelles s'approvisionnent auprès de prestataires de services mieux établis. Ces fabricants utilisent des technologies de formage traditionnelles et ont donc certaines limites de conception auxquelles le client est habitué. Ils concevront leurs pièces en fonction de ces limites existantes et bien connues, malgré les énormes améliorations potentielles en termes d'efficacité, d'évolution de la conception et de fonctionnalité des pièces grâce à la fabrication additive. Les fournisseurs de services établis sont peu motivés pour s'orienter vers la FA, car ils disposent déjà d'un produit performant et vendeur. Mais nous avons aussi clairement vu qu'avec la publication de certains cas commerciaux rentables, l'industrie de la céramique a vraiment été tirée de cette léthargie. Par conséquent, l'objectif le plus important du marché de la FA céramique est d'éduquer l'industrie et les utilisateurs finaux en particulier sur les avantages de cette technologie, d'encourager l'adoption et donc de diffuser le message de cette technique qui change la donne » ajoute l'expert.

Quelle est la prochaine grande question ?

Il y a encore quatre ans, [des débats controversés](#) alimentaient les conversations autour de l'impression 3D céramique. Aujourd'hui, la plupart des acteurs du secteur semblent d'accord sur un point : **le marché peut encore être qualifié de «naissant», mais il est prêt pour les applications de production**. Le seul problème est que la technologie est peut-être prête,



Légende : Impression 3D en alumine de haute pureté à base d'une résine UV développée par Tethon 3D et Showa Denko America. Cette alumine de haute pureté est 25 % plus forte que celles des concurrents. La charge céramique est supérieure à 75 % en volume et à 90 % en poids. En raison de cette charge plus élevée, le retrait dans les directions x, y et z est inférieur à 10 % après le frittage. Crédit : Tethon3D

mais pas les acteurs du secteur. Et la seule raison à cela est la peur.

Selon les experts de Lithoz, l'impression 3D céramique a en fait déjà franchi son principal obstacle : réussir à faire évoluer les matériaux, les imprimantes et les logiciels pour permettre une production industrielle de masse tout en garantissant la même qualité supérieure que celle offerte par les faibles volumes. Le principal obstacle auquel est confrontée l'impression 3D céramique consiste simplement à encourager les fabricants et les utilisateurs finaux à essayer une nouvelle technologie et un nouveau matériau par rapport aux techniques de production déjà établies. D'autres matériaux, comme le métal, sont utilisés pour certaines applications depuis des années et les prestataires de services ne sont guère motivés pour s'éloigner de ce à quoi ils font confiance. De même, d'autres technologies de formage plus conventionnelles connaissent déjà un grand succès dans leur domaine, même si la FA céramique offre d'énormes améliorations potentielles en matière de liberté de conception et de fonctionnalité des pièces. Par conséquent, **ce manque d'incitation** à essayer une nouvelle technologie est le principal obstacle à l'impression 3D céramique à ce stade.

Ainsi, la prochaine grande question pourrait simplement être de savoir comment encourager les industries à faire ce saut... et à cela, la seule réponse que nous pouvons donner (pour le moment) est : **ressentir la peur et d'agir quand même**.

RESSOURCES

Contributeurs clés :

Lithoz est spécialisée dans le développement et la production de matériaux et de systèmes de fabrication additive pour l'impression 3D de matériaux de remplacement osseux et de céramiques de haute performance. L'entreprise développe et commercialise la famille de systèmes CeraFab qui est spécifiquement conçue pour la production industrielle, fabriquant de grands volumes de pièces avec une précision identique sur toute la surface en utilisant la technologie de fabrication céramique basée sur la lithographie. D'un point de vue technologique, « nous avons déjà réussi à combiner des structures complexes et une précision absolue dans des pièces produites en série. Le prochain défi pour nous était de fabriquer ces pièces encore plus grandes et avec des épaisseurs de paroi plus importantes – un défi que nous aurons résolu d'ici la fin de l'année en utilisant une toute nouvelle technologie », commentent Ostic et Schneider. D'un point de vue commercial, le prochain obstacle consiste à faire passer ce succès au niveau supérieur : « Nous souhaitons développer des usines de production géographiquement indépendantes, mais connectées numériquement, dans le monde entier, afin de permettre une fabrication de masse simultanée par le biais de la production numérique », ont-ils déclaré.

Tethon est un producteur de matériaux basé aux États-Unis qui développe et commercialise des matériaux pour les technologies UV et Binder Jetting. L'entreprise fabrique des poudres céramiques et des résines céramiques, métalliques et polymères photodurcissables pour l'impression 3D. Tethonite®, Porcelite®, Castalite®, Vitrolite®, Flexalite® et Ferrolite® sont des marques déposées de Tethon 3D. Selon Allen, la majorité de leurs clients exploitent leurs matériaux pour leurs propriétés thermiques.

Contributions externes/

Bram Neirinck and Kevin Eckes, ingénieurs de recherche chez [Aerosint](#)

KU Leuven, [Additive manufacturing of ceramics](#)

Meyers S, et al., [Direct Laser Sintering of Reaction bonded silicon carbide with low residual silicon content. Journal of the European Ceramic Society 38 \(2018\) 3709-3717.](#)

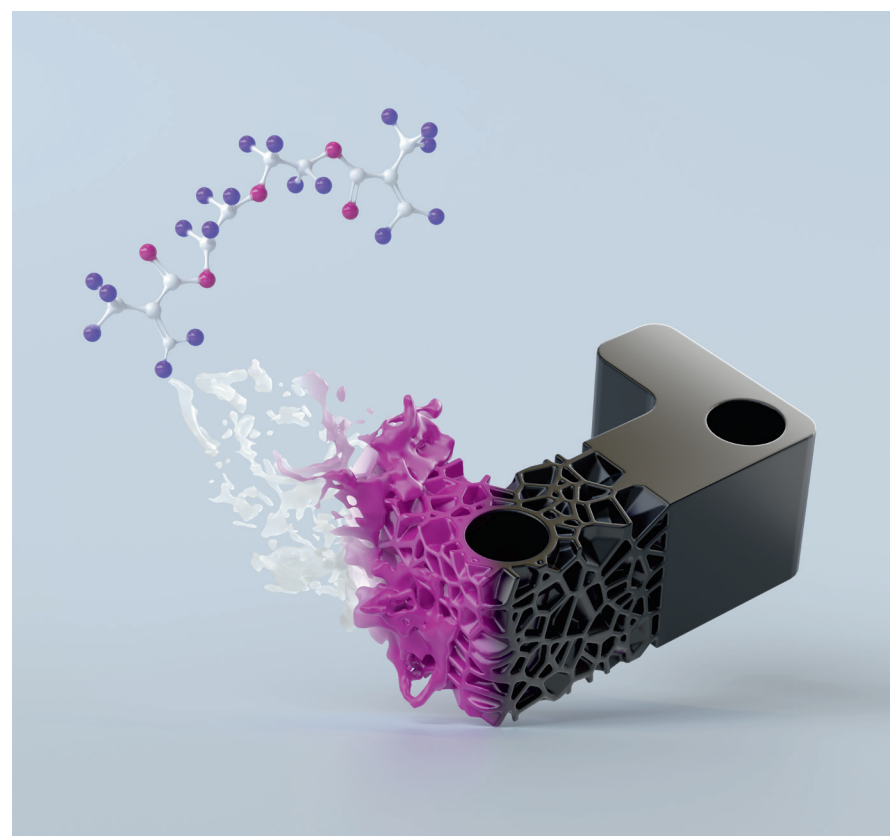
[3D Printing Ceramics 2022-2032: Technology and Market Outlook](#)

New photopolymer resins for impact-resistant 3D parts

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

www.evonik.com/additive-manufacturing

INFINAM®  ST



 **EVONIK**
Leading Beyond Chemistry



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



Christoph Hansen



« Gagner un avantage concurrentiel »

LE GROUPE SAUBER PARLE DE LA FORMULE 1 ET DE SA PROCHAINE COURSE AVEC LA FABRICATION ADDITIVE.

L'année 2022 marque le début d'une nouvelle ère pour la **Formule 1** : les voitures sont conçues en fonction de nouvelles réglementations, ce qui signifie de nouvelles complexités pour les équipes de course en quête de vitesse et de fiabilité. Si ces réglementations sont contraignantes à divers égards pour les équipes d'ingénierie de course, il est toujours fascinant d'observer les applications extrêmes dans lesquelles les pièces nouvellement créées sont utilisées. 3D ADEPT Media s'est entretenu avec **Christoph Hansen**, COO de [Sauber Technologies](#), pour discuter de la production additive de ces applications critiques, et de la manière dont ces applications aident le groupe Sauber à construire une expertise technologique digne d'être explorée au-delà du sport automobile.

On peut dire beaucoup de choses sur [Sauber Group](#), surtout quand on sait que l'entreprise a été fondée dans les années 1970 et que, dès le premier jour, la passion de la course a toujours fait partie de son ADN. Ce qu'il est important de noter dans le contexte de la saison actuelle de Formule 1, c'est qu'après 25 ans de compétition en Formule 1, son partenariat à long terme avec Alfa Romeo en 2018 a conduit l'équipe à entrer dans le championnat 2021 sous le nom d'**Alfa Romeo Racing ORLEN**.

Comme vous le savez peut-être, pour que les équipes de course donnent le meilleur d'elles-mêmes, la course et l'ingénierie doivent aller de pair... Et pour une industrie qui a été la première verticale à tirer parti de la fabrication additive (FA), la course ne peut être réalisée aujourd'hui sans des capacités technologiques avancées. Une stratégie que le groupe Sauber a bien comprise puisque l'entreprise suisse de sport automobile dispose de l'un des plus grands environnements de production de FA dans son domaine d'activité.

« Nous avons le package complet en matière de capacités de fabrication additive : 6 grandes imprimantes 3D SLS, 7 machines SLA, 4 autres imprimantes 3D métal qui sont entièrement automatisées et donc très productives. En plus de cela, nous disposons d'un département R&D pour le développement et la validation des matériaux. L'environnement de production intègre également des unités spéciales qui nous aident à prendre les bonnes décisions lorsque la FA est utilisée. Ces unités sont complétées par des technologies de traitement thermique avancées telles que le pressage isostatique à chaud (HIP), qui sont par exemple très utiles pour les composants imprimés en 3D en titane, etc. Nous exploitons l'ensemble de ce dispositif sous l'égide de Sauber Group », déclare d'emblée **Hansen**.

Cependant, si l'entreprise semble disposer aujourd'hui d'une machinerie puissante, il faut noter qu'elle n'a pas commencé à investir dans la FA de cette manière. Comme notre invité l'a expliqué à 3D ADEPT Media, Sauber Group a commencé à tirer parti de la FA dans les années 1990, mais à cette époque, il s'approvisionnait en pièces auprès d'un fournisseur externe. « En 2007, nous avons installé notre première machine. Il s'agissait d'une

imprimante 3D SLA. Et depuis, nous augmentons constamment notre capacité de production avec d'autres technologies de FA. Ce n'est qu'en 2016 que nous avons décidé d'améliorer cette capacité de production avec l'impression 3D métal, ce qui a donné un énorme coup de pouce à notre activité », ajoute-t-il.

Disposer d'un portefeuille complet de la FA et de processus connexes est une chose, être capable d'en tirer le meilleur parti est encore mieux – surtout dans un secteur où les règles changent constamment.

Nouveaux règlements en F1 et en Fabrication Additive

La saison 2022 de la F1 a officiellement débuté le dimanche 20 mars à Jeddah Bahreïn (GRAND PRIX DU GOLFE BAHRÉIN au Moyen-Orient) – un chapitre qu'Alfa Romeo F1 Team ORLEN écrit avec de nouveaux pilotes qui ont récemment rejoint l'équipe : Valtteri Bottas et Zhou Guanyu.



Valtteri Bottas et Zhou Guanyu

Image Sauber Group

Au moment où nous avons cette conversation, Hansen exprime le soulagement et la satisfaction de l'équipe après des mois de pression et de préparation, qui les ont conduits à un très bon départ dans la compétition. En effet, Alfa Romeo F1 Team ORLEN a ouvert sa campagne 2022 par une solide performance qui lui a permis d'obtenir deux points, Valtteri Bottas terminant 6ème devant son coéquipier, Zhou Guanyu, en P10.

« La pression est retombée maintenant. Les dernières semaines ont été difficiles car nous devons préparer la voiture. Beaucoup de pièces d'urgence et d'autres pièces de développement ont dû être faites pour la voiture de course elle-même », commente le COO de Sauber Technologies.

Dans les coulisses de cette performance magique, il faut noter que les nouvelles réglementations ont soulevé un certain nombre de défis pour les équipes d'ingénieurs. **L'un de ces défis était que les règlements ont nécessité un nouveau design aux voitures de course**, ce qui signifie que leurs performances aérodynamiques étaient complètement différentes de celles d'habitude.

Du point de vue de la fabrication, ces changements n'ont pas entraîné une diminution des applications aérodynamiques pour les pièces imprimées en 3D cette année. Cependant, **la voiture de course C42 de l'Alfa Romeo F1 Team ORLEN comprend davantage de pièces imprimées en 3D dans des applications critiques.**

La C42 est la première voiture construite par l'équipe dans ce nouveau cycle de réglementation. Elle s'éloigne radicalement du passé en embrassant les possibilités dictées par le nouveau plancher à effet de sol, le pack aérodynamique actualisé et les pneus à profil bas de 18 pouces (45 cm). Propulsée par un nouveau moteur Ferrari, cette voiture de course est conçue pour la bataille, car les nouvelles réglementations permettront des courses plus serrées et des combats compétitifs de l'avant à l'arrière de la grille.

En ce qui concerne la Formule 1 en général, le principal domaine où l'utilisation de la FA est nécessaire est le **développement aérodynamique** – les modèles de soufflerie. Le corps des modèles de soufflerie est essentiellement constitué de pièces en polymère et de pièces en aluminium pour les ailes avant et arrière. Cela nous permet d'avoir des cycles d'itération très courts, de sorte que nous pouvons développer la voiture très rapidement. Le délai entre l'idée, la conception, la production et les essais est donc très court. Au début des années

1990, lorsque nous avons commencé la Formule 1, nous utilisons des composants fabriqués de manière conventionnelle et il fallait des semaines pour obtenir les résultats escomptés. Hansen explique qu'« avec la FA, le délai a été réduit à quelques jours. La FA est également très utile pour fabriquer des composants pour la voiture de course. Ces composants comprennent des éléments structurels très sophistiqués pour le châssis, mais aussi de simples boîtiers et équipements électroniques non structurels. »

La course avec la fabrication additive : la voiture de course C42 d'Alfa Romeo F1 Team ORLEN

Hansen a déclaré que l'équipe Sauber a fabriqué de manière additive entre 300 et 400 pièces pour la C42. Sur ce nombre, **environ 150 pièces ont été imprimées en 3D en métal.**

Le représentant de l'entreprise n'a pas donné de détails sur les domaines exacts dans lesquels la FA est utilisée, mais il a noté que ces pièces comprennent des pièces structurelles importantes pour la sécurité, pour lesquelles la qualité exige un niveau élevé.

« Pour chaque pièce produite, il est de la plus haute importance que la qualité réponde aux exigences élevées. Si ce n'est pas le cas, cela pourrait avoir de graves conséquences pour le pilote. Pour y veiller, nous utilisons des technologies telles que le scanner, afin d'exclure tout défaut. Nous utilisons également des presses isostatiques à chaud pour obtenir les propriétés du matériau. (etc.) Tout cela garantit notre avance technologique », souligne l'expert.

Le châssis, qui abrite le conducteur et auquel sont fixés tous les composants, assemblages et systèmes, est généralement constitué d'une structure sandwich en nid d'abeille, légère mais très rigide. Ce sont surtout les inserts du châssis – des **pièces de classe A critiques** pour la sécurité – qui renforcent localement le panneau sandwich composite. Au regard de la fonctionnalité et du niveau de charge, différents matériaux peuvent être utilisés pour les inserts : du carbone et de l'aluminium au titane haute résistance. Par

exemple, pour la voiture de course Sauber C41 F1, ces pièces critiques pour la sécurité de classe A ont été produites avec le système MetalFAB1 d'**Additive Industries** – utilisant du titane (Ti6Al4V Gd 23) – pour faire face à la fatigue élevée et aux charges alternées subies.

En outre, grâce à la modélisation 3D et à l'analyse par éléments finis non linéaires, Alfa Romeo a également réussi à réduire de manière itérative le poids des inserts de 110 x 100 x 130 mm à seulement 580 grammes, en introduisant des caractéristiques de contre-dépouille dans sa conception qui n'étaient pas limitées par la nécessité de laisser un accès pour l'outillage.

Même si Sauber Group n'a pas encore révélé d'informations sur le processus de production de la C42, nous pensons que les pièces critiques ont subi un processus de fabrication similaire à la C41 pour la nouvelle voiture.

Additive Industries est le fournisseur de technologie de fabrication additive métal du groupe Sauber depuis 2017. Ce partenariat de longue date a permis à l'équipementier néerlandais de jouer un rôle central dans le développement et l'utilisation de la FA métal dans la conception pour la F1, voyant son utilisation augmenter significativement au fil des années. Aujourd'hui, le groupe Sauber a déjà produit plus de **50 000 pièces imprimées** par fusion laser métal sur lit de poudre, toutes industries confondues.

Lorsqu'on lui demande pourquoi se concentrer sur la fusion laser métal sur lit de poudre alors qu'on sait que non seulement le poids est un facteur décisif dans les composants des voitures de course, mais qu'il peut également être obtenu par d'autres procédés de FA comme la FA composite, Hansen déclare :

« L'impression 3D des composites reste un compromis par rapport aux matériaux composites traditionnels. Même si nous pouvons obtenir des pièces légères avec ce procédé de fabrication, avoir des pièces composées de titane ou de Scalmalloy® ne signifie pas que la pièce est lourde. Au contraire, en utilisant ces matériaux, nous pouvons vraiment réaliser les pièces les plus légères. Ces pièces remplacent généralement leurs homologues que nous fabriquons à l'aide de procédés de fabrication conventionnels. En comparant leur poids à celui de leurs homologues, nous nous rendons compte que nous obtenons des résultats plus légers avec la FA. »

La réponse de Hansen oriente la conversation vers les matériaux de FA. Pour la technologie SLS, Sauber utilise **son propre HiPAC, un polyamide 12 chargé de carbone**, tandis que des **matériaux standard** sont utilisés pour la stéréolithographie.

Du côté des métaux, outre le titane, on trouve l'aluminium, l'acier inoxydable et le Scalmalloy®. Ce dernier est un **alliage récemment approuvé par la FIA** (Fédération Internationale de l'Automobile). Développé par **APWORKS** en collaboration avec sa maison mère Airbus, le Scalmalloy® présente une résistance à la traction (UTS 520 MPa) et une limite d'élasticité (480 MPa) très élevées. Sa faible densité confère au métal des propriétés spécifiques supérieures à celles des autres alliages d'aluminium.

Dans la chaîne de valeur de la fabrication, ce n'est pas un secret que les matériaux sont souvent l'élément clé qui entrave l'évolutivité des applications de FA, d'où le développement et la qualification croissants

de nouveaux matériaux dans l'industrie. Dans le cas présent, même si le titane et le Scalmalloy® sont les principaux matériaux utilisés pour produire les pièces du C42 imprimées par fusion laser métal sur lit de poudre, il est intéressant de noter qu'Hansen n'est pas pressé d'explorer de nouveaux matériaux de FA :

« Je suis satisfait de ce que nous avons pour l'instant. Avec la variété des matériaux, la complexité lorsqu'il s'agit d'obtenir les propriétés et la qualité requises, l'exploration d'autres matériaux ne fera qu'accroître cette complexité et rendra encore plus complexe le maintien et la garantie des propriétés mécaniques. C'est également pour ces raisons que nous travaillons avec un portefeuille défini et limité de technologies de FA, car nous devons nous assurer de maintenir la qualité que nous avons actuellement. Parfois, le moins est le mieux ».

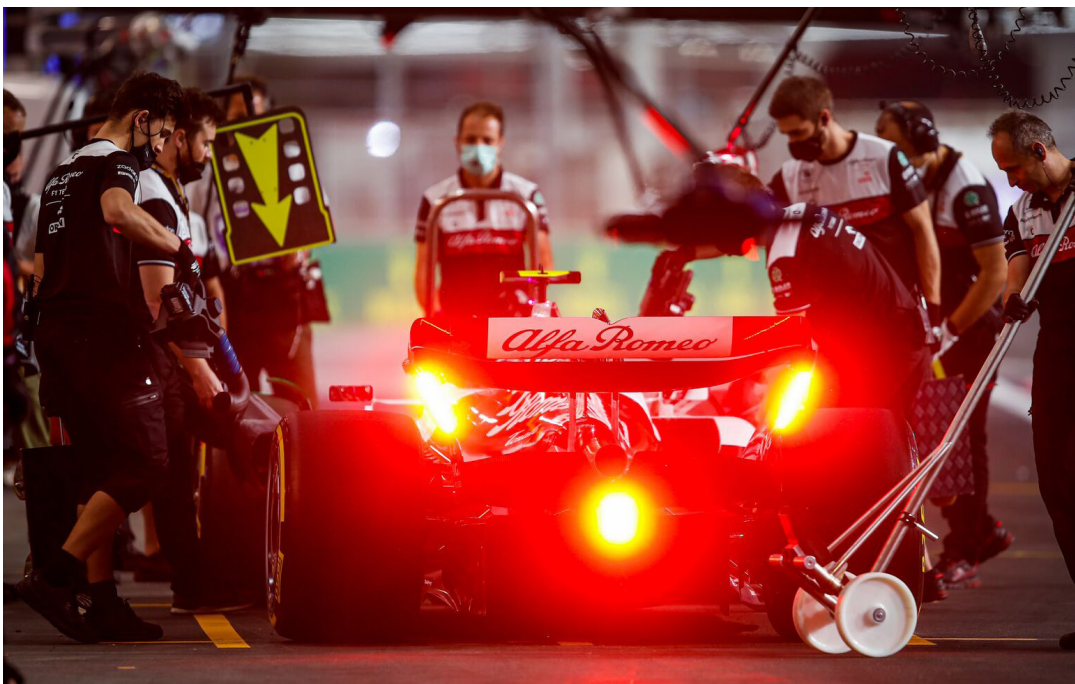
La prochaine course ?

Sauber Group n'a pas l'intention de cesser d'améliorer la fabrication avancée dans les sports mécaniques, comme [l'illustre son dernier partenariat avec le groupe Camozzi](#). Cependant, en dehors de la piste et grâce à son expertise en F1, l'entreprise s'est silencieusement construit une place légitime dans le secteur de l'impression 3D automobile et au-delà. Cela fait un moment qu'elle fournit des pièces imprimées en 3D à d'autres industries exigeantes et, en 2022, l'entreprise prend clairement position avec la création de **Sauber Technologies**, une nouvelle société qui vise à faire bénéficier les entreprises du monde entier de la volonté d'innovation de pointe et de l'esprit de la Formule 1 de Sauber.

Sauber Technologies voit l'incorporation de Sauber Engineering et Sauber Aerodynamics dans le but de renforcer les services et l'offre de savoir-faire pour les clients dans un large éventail d'industries. Sauber Technologies, qui fait partie du groupe Sauber et est basée à Hinwil, en Suisse, se concentrera entièrement sur les activités de tiers, en fournissant un service global pour les problèmes d'ingénierie complexes, du stade de l'idée aux produits finis.

Comme l'a dit Hansen, la nouvelle société incarne les connaissances et l'expertise de 50 ans de sport automobile, associées aux dernières technologies et à un parc de machines inégalé. Notre personnel peut prendre en charge toutes les étapes d'un projet, de l'idée à la conception préliminaire, puis à la fabrication et à la finition d'un produit – dans un large éventail d'industries.

« Nous avons vu certaines des applications pratiques de notre expertise au cours des derniers mois et nous sommes enthousiastes quant aux nouvelles opportunités qui nous attendent à l'avenir. Nous apportons une approche interdisciplinaire, permettant à nos clients d'accéder aux processus et aux technologies de manière novatrice et de faire profiter les autres de leurs réussites. C'est une approche unique dans cette région et nous sommes prêts à aider nos clients à se développer grâce à notre esprit d'innovation », conclut-il.



New Challenge Best Quality



Gas-Atomized Titanium Powder

TILOP

Titanium Low Oxygen Powder

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

Possible powder for production

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

Markets & Applications

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



Appearance



OSAKA Titanium technologies Co.,Ltd.

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

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



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



NEWS



RAPPORTS



PROMOTIONS



COLLABORATION



contact@3dadept.com

www.3dadept.com

+32 (0)4 86 74 58 87

Rue Borrens 51, 1050 Bruxelles - BELGIQUE

engineered
and made
in Germany

solukon

solukon

SFM-AT350

NEW

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

solukon.de



Six bionic-design pistons produced by MAHLE using 3D printing operate under the bonnet of the Porsche 911 GT2 RS. Credit: Mahle

CONTRÔLE QUALITÉ & ASSURANCE QUALITÉ

Métrieologie et inspection pour la fabrication additive

La fabrication additive est certainement l'outil de fabrication idéal pour fabriquer des composants qu'on ne pourrait pas fabriquer avec les procédés de fabrication conventionnels, mais il y a une chose qu'on a tendance à oublier : cette technologie ne bénéficie pas du siècle de recherche sur la production de composants qui est la marque des techniques soustractives de précision. Cela signifie qu'à un moment donné, le long de la chaîne de valeur de la fabrication, il y a certaines choses que les experts des techniques soustractives font mieux, et qui nécessitent encore beaucoup d'améliorations du côté de la fabrication additive. Ces choses sont par exemple, la métrologie et l'inspection.

La première chose que tout ingénieur apprend à l'école est que la métrologie est la science de la mesure, tandis que l'inspection consiste à mesurer, examiner, tester ou jauger une ou plusieurs caractéristiques d'un produit ou d'un service et à comparer les résultats avec les exigences spécifiées afin de déterminer si la conformité est atteinte pour chaque caractéristique. Ces deux concepts ont contribué au succès de plusieurs produits fabriqués par des procédés de fabrication conventionnels. Si nous ne doutons pas qu'ils puissent accomplir des merveilles avec les technologies de fabrication additive, les lignes directrices et les méthodes acceptables qui peuvent être utilisées dans le cadre de la FA sont encore discutables.

Pourquoi ? Quelle est l'importance de la métrologie et de l'inspection dans la fabrication additive ? Quelles sont les différentes voies par lesquelles un composant peut passer lorsque les opérateurs cherchent à effectuer une métrologie et à mener une méthode d'inspection ?

La vérité est que la métrologie et l'inspection sont des concepts très vastes dont les avancées créent souvent la confusion dans l'esprit des utilisateurs de la FA.

« Il y a beaucoup de zones grises lorsqu'il s'agit de métrologie et d'inspection. Parfois, ces zones grises se reflètent dans la manière dont chaque industrie comprend ou définit chaque concept. La confusion peut également survenir lorsque vous voyez des termes comme métrologie d'inspection, un terme qui ne permet pas de différencier avec précision le rôle de chaque concept. Le fait est que les deux concepts sont très différents, surtout si l'on considère la planification de la gestion de la qualité de la fabrication », déclare d'emblée le Dr. Edson Costa Santos, Senior Application Development Manager Additive Manufacturing Process & Control chez ZEISS.

Il est intéressant de noter que pour les non-experts dans le domaine, le concept d'inspection peut être facilement compris car c'est un terme que nous utilisons souvent au quotidien et dans différents environnements. Par exemple, « les termes « inspection de maison » et « inspection de police » vous donnent une idée de ce qu'est l'inspection, mais lorsque nous parlons de métrologie, beaucoup de gens ne seront pas capables de dire ce que ce terme signifie », ajoute Santos. En ce qui concerne les industries, Santos a déclaré qu'il est facile de comprendre les différences entre la métrologie et l'inspection dans l'industrie des semi-conducteurs, tandis que dans l'ingénierie de précision, par exemple, les définitions des mesures dans les méthodes d'inspection sont très proches de celles de la métrologie. Le moyen le plus simple d'éviter toute confusion entre les deux concepts est donc de considérer l'inspection comme « la première étape permettant de distinguer un composant accepté ou rejeté. Il s'agit simplement du processus consistant à vérifier un produit, et à voir s'il répond à certaines normes. La métrologie, quant à elle, traite de la définition des unités, de la réalisation des unités, des étalons, de la traçabilité et de l'étalonnage, ainsi que des incertitudes des mesures. »

Ce dossier exclusif a donc pour ambition de capturer l'essence de ces deux concepts pour la FA ainsi que de dessiner un paysage qui permettrait aux débutants en FA de les comprendre. Même si certaines des notions ne sont pas nouvelles pour les utilisateurs avancés, ce dossier vise à leur rappeler l'importance de ces concepts ainsi que les défis que les experts du domaine relèvent actuellement afin de soutenir l'avancement de la FA.

« Si vous ne pouvez pas le mesurer, vous ne pouvez pas l'améliorer », Lord Kelvin

Une déclaration simple qui souligne le rôle central de la métrologie dans la fabrication. Cette affirmation peut également prêter à controverse car les rédacteurs de 3D ADEPT Media passent leur temps à expliquer comment vous pouvez améliorer votre processus de fabrication, alors pourquoi devriez-vous investir des efforts supplémentaires pour mesurer ce que vous fabriquez ? Soyez indulgents avec nous, nous avons cherché quelques raisons :

– Pour s'assurer qu'une pièce est adaptée à son usage ;

– Pour que l'assemblage fonctionne : si vous ne comprenez pas les dimensions des composants et leurs tolérances, il est difficile – voire impossible – d'adapter une pièce à une autre. Cette raison est encore plus importante lorsque plusieurs pièces fabriquées par des entreprises différentes doivent être assemblées.

– Pour éviter les rebuts inutiles : Comme l'explique l'expert de ZEISS, « la métrologie est essentielle pour le contrôle de la qualité, ce qui nous permet de tenter des opérations telles que la fabrication de



Dr. Edson Costa Santos, Senior Application Development Manager Additive Manufacturing Process & Control chez ZEISS

formes nettes », c'est-à-dire d'arriver à une « bonne première fois », comme les opérateurs rêvent de le faire avec la FA.

– Pour permettre le contrôle d'un processus de fabrication : imaginez que vous deviez modifier la vitesse d'un outil de coupe en fonction de la texture de la surface. Vous devrez mesurer la texture pendant le processus d'usinage.

– Pour donner ou accroître la confiance des clients dans un produit : en effet, sans tolérances et sans contrôle de la qualité, il n'y aura aucune confiance dans les processus d'assemblage en aval. Pour moi, cette seule raison devrait suffire à vous faire comprendre les tenants et aboutissants de la métrologie pour la FA – surtout quand on sait que pour de nombreuses industries, la FA reste une technologie naissante mais très coûteuse et Dieu sait combien une nouvelle technologie peut paraître suspecte aux yeux des gens.

Cela dit, les raisons susmentionnées impliquent qu'un certain nombre de techniques de mesure peuvent être utilisées pour répondre aux différents besoins à satisfaire dans la chaîne de valeur de la fabrication. En fait, il existe plusieurs domaines dans lesquels la métrologie peut être explorée dans la fabrication additive. Ils incluent sans s'y limiter aux mesures sur machine, aux mesures lors des procédés de fabrication, de la métrologie de la texture des surfaces, de la mesure et du contrôle des défauts, de la mesure des propriétés des matériaux, des études de corrélation processus-fonction, des essais et de la validation des machines de fabrication additive, des spécifications et de la vérification dimensionnelles et géométriques des produits, de la traçabilité métrologique et de l'incertitude, etc.

Pour faciliter la compréhension de leur application, Costa Santos explique qu'il existe plusieurs façons de classer les outils de métrologie. En voici quelques-unes :

- Mesure avec et sans contact : « Les appareils à contact doivent toucher la pièce pour effectuer la mesure, tandis que les appareils sans contact peuvent mesurer plusieurs points sans exercer de pression sur la pièce. Un instrument de mesure sans contact utilise par exemple la lumière alors que les appareils de mesure de type contact utilisent un stylet. Les outils de mesure sans contact peuvent également inclure des lasers optiques ou des scanners laser. » Les machines hybrides peuvent utiliser les deux types d'outils de mesure. Dans un autre ordre d'idées, comme de nombreux exemples automobiles sont donnés tout au long de cette édition, notons que les systèmes à contact, tels que les machines à mesurer tridimensionnelles (MMT) à palpeur mécanique, sont souvent utilisés dans l'industrie automobile. Cependant, ils sont souvent considérés comme relativement lents

et ils ne mesurent qu'un nombre limité de points sur la surface d'un objet.

- On peut également les classer par équipement. Ces équipements comprennent par exemple les micromètres, les scanners optiques, les systèmes de tomographie industrielle, les microscopes, etc.

- et les volumes de mesure qui comprennent les techniques de mesure 2D, 3D ou 4D.

Les complexités/incertitudes cachées des méthodes d'inspection

Quelles que soient les technologies de fabrication avancées utilisées par les industriels, ou la façon dont nous concentrons nos efforts sur la taille de la fabrication, les méthodes d'inspection nous font repenser notre priorité qui doit rester la sécurité et la qualité.

En outre, la qualité et l'assurance peuvent souvent être mentionnées comme faisant partie de l'étape de post-traitement, mais il est important de garder à l'esprit qu'elles peuvent être utilisées à différents niveaux de la chaîne de valeur de la fabrication. « Pour ce qui est de la FA, nous pouvons inspecter une poudre et évaluer si elle répond à toutes les caractéristiques requises avant de l'utiliser pour la production. Pendant la production, la machine et le processus de FA peuvent être inspectés et après la production, nous pouvons inspecter la pièce imprimée en 3D », souligne Costa Santos.

Pour ce qui est des outils, les contrôles mécaniques et non destructifs utilisés dans la plupart des processus de fabrication conventionnels peuvent également être appliqués à la FA. Votre choix de méthodes d'inspection sera donc déterminé par le type de pièces que vous

allez produire. Il en va de même pour les solutions logicielles.

« En fonction des outils de métrologie et d'inspection que vous allez utiliser, vous pouvez avoir des solutions logicielles différentes pour les deux processus, tout comme vous pouvez avoir la même solution logicielle pour les deux processus », note l'expert. « Qu'on parle de métrologie ou d'inspection, la plupart des outils peuvent être utilisés à la fois dans les processus de fabrication additive et les processus de fabrication conventionnels. Toutefois, en fonction de la technologie de FA utilisée, il peut être nécessaire d'adapter davantage votre outil.

Deux exemples : les systèmes ZEISS de surveillance du processus qui permettent de voir ce qui se passe couche par couche au cours du processus et permettent un contrôle en retour étroit ; et la nécessité, dans la FA, d'inspecter de manière non destructive des canaux de refroidissement complexes, par exemple la rugosité et l'intégrité (poudre restante). Il existe notamment différents degrés d'inspection. [En fin de compte, il s'agit de choisir l'option qui offre la meilleure approche pour garantir la conformité et l'intégrité de la pièce », note le représentant de ZEISS.

Les processus de FA nécessitent souvent des tests dimensionnels, externes et internes, et parfois une rugosité de surface spécifique. Notre invité mentionne les machines de mesure des coordonnées (CMM), les jauges et les scanners 3D lorsqu'il s'agit d'inspections dimensionnelles. Une combinaison de ces appareils peut être utilisée dans les usines.

Parmi les autres méthodes d'inspection, citons le contrôle visuel (VT), le ressage fluorescent (PT) et l'électromagnétique (ET) pour les contrôles de surface externes et, d'autre part, les ultrasons (UT), la radiographie (RT), l'électromagnétique (ET) et la tomographie par ordinateur (CT) pour les contrôles internes.

Le débat commence lorsque les experts ne peuvent pas attribuer avec précision une méthode d'inspection à un processus de FA spécifique. Comme dans la plupart des cas en FA, la réponse à la question « quelle méthode d'inspection convient le mieux à quel processus de FA » est « parfois » ou « en supposant qu'un processus supplémentaire soit effectué en amont ou ultérieurement » ou simplement « ça dépend ». En effet, parfois, les opérateurs peuvent effectuer une préparation et un lissage de la surface, voire un traitement thermique supplémentaire.

Du point de vue de la fabrication, il faut noter que non seulement le principe de couche par couche peut introduire des défauts que les procédés de fabrication traditionnels n'auraient pas mentionnés, mais la pièce imprimée en 3D est souvent produite en une seule unité (contrairement aux procédés de fabrication traditionnels qui peuvent fabriquer un composant en différentes parties avant l'assemblage). Cela signifie



Les pistons MAHLE produits par l'imprimante 3D augmentent les performances du moteur de la Porsche 911 GT2 RS, tout en le rendant plus efficace. Crédit : Porsche

que si la nouvelle pièce imprimée en 3D remplace actuellement 4 pièces habituellement créées par des processus conventionnels, ces pièces auront chacune leurs propres exigences d'inspection.

A ces incertitudes, le Senior Innovation Manager répond : « La qualité est toujours agrégée aux processus de fabrication. Ainsi, le niveau de métrologie et d'inspection dépendra de la valeur agrégée de votre pièce. S'agit-il d'un prototype visuel ? S'agit-il d'une pièce finale soumise à des charges de fatigue ? Tout dépend du degré de criticité de la pièce. »

En pratique, à quoi ressemble l'application des techniques de mesure et d'inspection dans la fabrication additive ?

Il y a deux ans, nous avons présenté la première expérience de MAHLE en matière de fabrication



additive. Pour la production de pistons en aluminium haute performance destinés à la voiture de sport 911 GT2 RS de Porsche, le fournisseur de l'industrie automobile a travaillé en collaboration avec Porsche, Trumpf et ZEISS, dans le cadre d'un projet dirigé par Porsche.

L'expérience de MAHLE en matière de procédés thermiques a permis à l'équipe de concevoir un piston qui ne peut être produit qu'à l'aide des technologies d'impression 3D. La conception bionique reproduit exactement les structures naturelles de la pièce.

Un alliage d'aluminium spécial développé par MAHLE a été ajouté dans les zones chargées, ce qui a facilité l'adaptation de la structure du piston à la charge. L'alliage a été atomisé en une fine poudre avant d'être imprimé sur la technologie de fusion laser des métaux de Trumpf.

Notons que la qualité et les performances des matériaux utilisés et des composants sont assurées par les solutions de ZEISS. De la poudre au composant fini, ZEISS a développé un processus d'assurance qualité complet capable de répondre aux normes de qualité les plus élevées de l'industrie automobile (en d'autres termes, de garantir la bonne qualité du composant).

Dans ce cas précis, l'équipe explique que la distribution granulométrique de la poudre, la forme des particules, la composition chimique et même la porosité à l'intérieur des particules de poudre sont des exemples de propriétés qui peuvent influencer la qualité du composant. Le fait que les propriétés de la poudre puissent changer à chaque fois qu'elle est réutilisée doit être pris en compte, et les écarts doivent être détectés d'une manière appropriée au

processus de production.

Par exemple, si la distribution granulométrique de la poudre change à la suite d'une utilisation répétée, la qualité de la couche de poudre appliquée peut être affectée et, simultanément, le risque de formation de pores ou d'autres défauts du composant peut augmenter considérablement.

Des microscopes optiques, des microscopes électroniques à numérisation et des microscopes à rayons X de ZEISS sont utilisés pour analyser la qualité de la poudre avant et après la production du piston, et la microstructure du composant fini est testée afin d'identifier les défauts ou les caractéristiques de propriété. Grâce à un traitement plus poussé des données d'analyse et à des processus d'évaluation supplémentaires, il est possible de déterminer des paramètres optimisés pour l'impression. Les résultats d'impression réussis doivent également passer par diverses étapes de post-traitement afin de garantir que les propriétés du matériau et du composant sont optimales.

Pendant le développement du processus, par exemple, la structure du composant peut être inspectée à l'aide de microscopes électroniques à numérisation ou de tomographies à rayons X spécialement équipés, avant et après les processus de traitement thermique. Pour analyser l'impact des différentes étapes de production sur la qualité finale du composant, un scanner 3D optique ou une tomographie assistée par ordinateur industrielle sont utilisés en plus d'une machine à mesurer les coordonnées. La capacité à combiner ces procédures de manière transparente est un facteur

décisif.

Les pistons encore sur le lit d'impression ont été scannés à l'aide d'un scanner 3D. Une fois qu'ils ont été retirés du lit, les différentes étapes de production ainsi que les structures internes peuvent être inspectées à l'aide de la tomographie assistée par ordinateur, tandis que l'analyse des défauts est effectuée en même temps. À la fin, une mesure finale est effectuée avec la machine à mesurer tridimensionnelle. La capacité centrale du processus complet d'assurance qualité de ZEISS est la liaison de toutes les données à travers les différentes analyses.

Réflexions finales

Ce dossier exclusif m'a laissé certaines certitudes et ouvre d'autres questions, que nous aborderons, je l'espère, dans d'autres dossiers.

La première certitude est que la métrologie et l'inspection peuvent être différentes, mais qu'elles travaillent main dans la main dans la fabrication additive. Ce que je retiens de ma conversation avec Santos, c'est que si vous faites de la métrologie, à un moment donné, vous devrez effectuer une inspection.

D'un autre côté, le point de vue technique souligne l'importance de la mesure et de la caractérisation de la forme d'une pièce pour le contrôle de la qualité des pièces fabriquées de manière additive.

Elles sont surtout importantes lorsqu'il s'agit de caractériser et d'optimiser les processus de FA ou lorsque de nouveaux matériaux et de nouvelles géométries de pièces sont développés.

Enfin, si l'application avec la pièce Porsche révèle que ZEISS est l'une des entreprises qui a acquis une expertise solide dans le développement de processus complets d'assurance qualité, je garde quelques inquiétudes quant aux méthodes actuelles de métrologie et d'inspection utilisées pour la FA exclusivement, par exemple en temps réel en ligne dans les systèmes de contrôle de processus comme l'a souligné Costa Santos. Mes attentes étaient probablement très élevées lorsque j'ai commencé à explorer ce sujet, car je ne m'attendais pas à découvrir très peu de méthodes d'inspection, exclusivement conçues pour la FA (ou disons que je ne m'attendais pas à ce qu'il y ait autant de méthodes d'inspection pouvant être utilisées à la fois pour les processus de fabrication conventionnels et les processus de FA). Lorsque je regarde la chaîne de valeur de la FA, je vois beaucoup d'avancées sur les processus de fabrication eux-mêmes, je vois des étapes de post-traitement spécialement développées pour ces processus de fabrication, et il était logique pour moi de m'attendre à la même chose pour la métrologie et les processus d'inspection.

Peut-être n'ai-je pas assez

(ou pas du tout) approfondi le développement et l'optimisation des paramètres pour des processus de FA spécifiques ? Peut-être devrais-je me pencher sur les processus en cours de fabrication et après impression susceptibles d'accroître la productivité et l'efficacité ? Ou identifier d'autres domaines de la FA où la métrologie peut être appliquée ?

Quoi qu'il en soit, il est clair que de nouvelles méthodologies d'inspection doivent être discutées, évaluées et développées, et c'est un sujet que nous (chez 3D ADEPT Media) allons suivre de près.



Notes pour les lecteurs

Plusieurs ressources ont été étudiées pour rédiger cet article exclusif. L'invité principal pour ce sujet est Edson Costa Santos, Senior Application Development Manager Additive Manufacturing Process & Control chez ZEISS. Reconnue pour son expertise dans les domaines de l'optique et de l'optoélectronique, ZEISS développe, produit et distribue des solutions très innovantes pour la métrologie industrielle et l'assurance qualité, des solutions de microscopie. Ces solutions comprennent des machines à mesurer tridimensionnelles, des systèmes optiques et multiscapteurs, des systèmes de microscopie pour l'assurance qualité industrielle ainsi que des logiciels de métrologie pour les secteurs de l'automobile, de l'aéronautique, de la construction mécanique, des plastiques et de la technologie médicale. Sa solution de métrologie à rayons X 3D ainsi que ZEISS Additive Manufacturing Solutions, une solution intégrée holistique pour l'inspection de la qualité, complètent son portefeuille.

ZEISS collabore en permanence avec des fournisseurs de solutions de fabrication afin d'améliorer encore les processus de fabrication additive. Son dernier développement dans ce domaine est un investissement dans la start-up MakerVerse en collaboration avec Siemens Energy.

SÉRIE « FOCUS ON YOU » : EVONIK PARLE DE DÉVELOPPEMENT DE MATÉRIAUX POLYMÈRES ET D'IMPRESSION 3D AUTOMOBILE

Le temps que j'ai déjà passé dans cette industrie m'a fait comprendre que la puissance d'un procédé de fabrication additive réside dans sa capacité à transformer un **matériau**. C'est en tout cas ce qui est généralement démontré dans presque toutes les applications mises en avant dans les différentes industries. Aujourd'hui, avec la popularité croissante de l'impression 3D pour la fabrication de toutes sortes d'articles, les producteurs de matériaux ont beaucoup de travail à faire car ils doivent faire face aux nouvelles tendances de l'industrie, à la qualification et à la certification. Nous avons rencontré le **Dr Dominic Stoerkle**, responsable de l'innovation dans le domaine de la croissance de la fabrication additive chez **Evonik**, pour discuter du développement des matériaux en fonction de ces enjeux et de leur interaction avec les applications de l'impression 3D automobile.

Plus la FA est sollicitée pour favoriser l'industrie 4.0, plus elle soulève des débats sur la façon dont les produits sont fabriqués. Dans notre industrie encore en pleine maturation, la technologie est de plus en plus porteuse de promesses d'avantages écologiques.

Par exemple, au niveau de la production, des incitants sociaux, économiques et environnementaux poussent à la fabrication additive avec des matières premières locales sans avoir recours à l'usinage et à de nombreuses étapes. Au niveau du dispositif, l'objet nouvellement fabriqué offre de nouvelles propriétés et des fonctionnalités optimisées et, au niveau du matériau, l'accent est mis sur l'utilisation de la FA avec une production de déchets réduite.

Le fait est que ces avantages semblent être la voie idéale pour ceux qui fabriquent localement des produits destinés aux utilisateurs finaux. Au niveau industriel, nous sommes encore loin d'un monde idéal étant donné les différents éléments à prendre en compte. C'est en tout cas ce sur quoi le **Dr Dominic Stoerkle** d'Evonik attire notre attention :

« La durabilité est l'élément central pour réussir à l'avenir. Outre d'autres facteurs, tels que l'efficacité de la production ou la réutilisation des matériaux, les matières premières durables constituent également un élément important pour la fabrication additive, qui est en passe de devenir une technologie de production à l'échelle industrielle. Cependant, il est important de considérer les matières premières durables sous différents angles. Nous sélectionnons les matières premières sur la base d'une analyse complète du cycle de vie prenant en compte les réductions de dioxyde de carbone ainsi que d'autres facteurs importants tels que la consommation d'eau et l'utilisation des sols. Chez Evonik, nous suivons l'**approche eCO-line** : Nous travaillons avec nos chaînes de valeur pour remplacer les matières premières fossiles par des matières premières renouvelables et circulaires, comme les pneus en fin de vie, et nous utilisons des énergies renouvelables pour la production. De cette façon, l'écobilan global de nos produits peut être amélioré de manière significative le long de procédures certifiées en externe sans modifier les profils de propriétés des matériaux. »

Si vous êtes un lecteur régulier de 3D ADEPT Media, vous connaissez peut-être déjà le monde des « applications infinies de l'impression 3D » que permet Evonik. L'entreprise allemande de produits chimiques spécialisés se taille continuellement une place importante dans l'industrie de la FA grâce à sa marque **INFINAM®** et aux investissements réalisés par sa société de capital-risque dans le secteur, **Evonik Venture**.



Alors que certaines des incitations susmentionnées sont prises en compte dans l'industrie automobile pour la fabrication de pièces métalliques imprimées en 3D, l'exploitation des ressources apportées par le monde des plastiques avec la FA pourrait ouvrir un nouveau champ de possibilités pour les composants automobiles. Mais c'est un autre sujet, que nous aborderons, je l'espère, dans un autre article.

Cela dit, il existe un large éventail de plastiques imprimés en 3D utilisés pour les composants automobiles. En fait, les plastiques restent les matériaux les plus utilisés dans la FA automobile. Que ce soit pour les avantages de la pré-production, la personnalisation ou l'outillage, les avantages en termes de coûts, de temps et de propriétés mécaniques des pièces méritent d'être explorés.

Actuellement, trois méthodes courantes d'impression 3D de plastiques ont gagné en popularité dans l'industrie : le **frittage sélectif de couches (SLS)**/la **fusion laser sur lit de poudre (LPBF)**, le **dépôt de filaments fondus (FDM)** et l'**impression 3D résine**.



Pourquoi s'intéresser aux matériaux plastiques pour les applications automobiles ?

Ce n'est un secret pour personne que les composants mécaniques sont souvent soumis à de fortes contraintes, à des températures élevées et à un environnement corrosif, ce qui peut conduire à leur défaillance. L'intérêt pour les matériaux plastiques à haute performance prend naturellement de l'ampleur car ils peuvent répondre aux exigences de légèreté et offrir de meilleures propriétés dans les applications automobiles.

Selon une étude sur les matériaux polymères pour les applications automobiles, une grande variété de plastiques est utilisée dans les véhicules. Les fonctions de base de cette large utilisation de matériaux plastiques haute performance dans les véhicules dictent l'apparence des automobiles, leur fonctionnalité, leur économie et leur faible consommation de carburant. L'application de matériaux polymères permet une plus grande liberté de conception et environ 82 % du poids d'un véhicule moyen est recyclé. C'est, à notre avis, un élément dont la FA devrait tirer parti.

Il est intéressant de noter que si on considère les procédés de FA les plus utilisés mentionnés ci-dessus, Evonik a acquis une grande expertise dans le développement de matériaux de FA automobile pour toutes ces technologies.



INFINAM® TI – Ready-to-use high toughness photopolymer resins for Vat Polymerization | motor-block-motorcycle | Courtesy: Evonik



« Nos matériaux polymères sont utilisés dans la fabrication additive depuis plus de 25 ans ; nous offrons à la fois la plus large gamme de technologies pour produire des poudres et une très large gamme de plateformes chimiques pour concevoir des photopolymères », souligne le représentant de la société.

L'entreprise explique que ses poudres de polyamide 12, qui ont fait leurs preuves, sont bien adaptées à la production fiable et reproductible d'un grand nombre de pièces en plastique. « Avec le polyamide 613, un matériau en poudre rigide et ductile avec une température de déflexion thermique plus élevée, nous proposons un polymère alternatif optimisé pour tous les défis des applications automobiles – avec une aussi bonne aptitude au traitement dans les imprimantes à fusion à lit de poudre que notre polyamide 12. Pour les applications qui exigent une résistance aux températures élevées et aux produits chimiques, notre filament PEEK pour la technologie FDM est le matériau de choix. En ce qui concerne nos produits photopolymères, je tiens à mentionner la résine haute résistance INFINAM® ST

6100 L, qui ressemble à du nylon chargé de verre, et INFINAM® RG 3101 L, un matériau semblable à l'ABS. Tous deux présentent des performances thermomécaniques durables et peuvent être utilisés à plus de 70°C, le matériau ST à plus de 120°C, ce qui est obligatoire pour les applications automobiles. En outre, nous avons lancé INFINAM® FL 6300 L en collaboration avec la société autrichienne Cubicure, un photopolymère élastomère à base de polyester présentant une durabilité et un comportement à la fatigue inédits », note Stoerkle.

En ce qui concerne les applications que ces matériaux peuvent susciter, le responsable du domaine de croissance de l'innovation en matière de fabrication additive explique que la variété des applications dépend directement des propriétés des matériaux mentionnés. Des composants non visibles sans exigences de sécurité peuvent être imprimés en 3D à partir de polyamide 12, de même que des couvercles et des grilles pour la climatisation, pour lesquels on dispose déjà d'une grande connaissance du post-traitement de la surface. Pour des applications plus avancées,

les poudres de polyamide 613, dont la température de déflexion thermique est plus élevée, conviennent. Notre résine élastomère INFINAM® FL 6300 L, récemment introduite, est le matériau idéal pour les applications de mouillage et les supports de câbles, tandis que la résine à haute résistance INFINAM® ST 6100 L peut être utilisée pour les connecteurs et les clips.

Si on regarde à plus grande échelle, l'un des objectifs immédiats des constructeurs automobiles est d'**accélérer l'électrification des véhicules électriques**. On estime actuellement que 230 millions de véhicules électriques seront vendus dans le monde d'ici 2030. Si la promotion croissante de l'électrification est en partie motivée par les gouvernements qui renforcent les réglementations sur les émissions de gaz à effet de serre en vue de la neutralité carbone, il convient de noter que le défi est plus grand pour les fournisseurs de technologies de FA qui doivent fournir des solutions dédiées pour permettre des applications dans ce domaine.

La première étape pour les



entreprises de FA est de comprendre que le composant central qui permettra aux véhicules électriques de se démarquer est la **prochaine génération de batteries** qui devraient offrir de meilleures performances et des temps de charge toujours plus courts. Pour les producteurs de matériaux, le défi consiste à développer des matériaux innovants afin d'augmenter la production à l'échelle, avec des temps et des coûts réduits, une vitesse d'assemblage et des performances accrues. Certains de ces matériaux sont actuellement développés par Evonik :

« Pour augmenter l'autonomie des voitures électriques, une plus grande efficacité des batteries est nécessaire. La prochaine génération de systèmes de refroidissement avec de nouveaux agents de refroidissement est nécessaire. Les solutions monocouches et multicouches développées par Evonik pour les tuyaux du système de refroidissement peuvent répondre à la nécessité d'une plus grande autonomie des batteries et sont performantes avec différents agents de refroidissement. De plus, nous développons un matériau qui répondra à l'une des exigences les plus élevées en matière d'e-mobilité : le retardement de flamme V0 des polymères sans compromettre les propriétés chimiques et physiques des matériaux sur une

large plage de température. »

L'objectif ici est d'améliorer les batteries avec un poids et des dimensions réduits, qui ont un contrôle efficace de la température.

Parmi les autres matériaux (toutes technologies confondues) qui joueront un rôle clé dans l'amélioration de l'efficacité et des performances d'une batterie, citons les matériaux polymères de haute technologie, les polycarbonates, les adhésifs et les matériaux thermoplastiques.

Quelle suite pour Evonik ?

Parmi le large éventail de matériaux qui peuvent être exploités en FA, le type de matériau qui offre le plus grand nombre de possibilités est celui des polymères. La capacité de transformer ces matériaux en diverses formes pouvant s'adapter à la variété des processus de fabrication additive sur le marché est non seulement fascinante, mais elle nécessite également des années d'expertise en chimie des polymères. D'après les derniers commentaires de **Stoerkle**, c'est exactement ce qui rend Evonik exceptionnel :

« Grâce à notre force d'innovation, à nos années d'expertise dans la chimie des polymères pour la FA et à notre solide réseau de partenaires industriels, Evonik sait comment développer et fabriquer des matériaux et mettre à l'échelle des processus

pour la production en série. Nous utilisons cette expertise pour le développement à long terme de nouveaux matériaux pour les applications d'impression 3D en série.

Si on considère le segment des poudres, les nouveaux procédés comme ceux développés par Evolve ou Nexa3D nécessitent de nouvelles poudres sur mesure. Pour les technologies STEP et QLS, nous développons conjointement des matériaux prêts à l'emploi à partir de notre portefeuille existant de poudres polymères, comme le polyamide 613 pour les applications à haute température ou notre élastomère INFINAM® TPA pour les pièces flexibles, afin de les adapter à ces processus très intéressants.

Enfin, [tout au long de cette année], vous verrez nos photopolymères apparaître sur un grand nombre de plateformes d'impression majeures. La validation de nos matériaux est axée sur les systèmes d'impression qui promettent de réduire le coût total de possession et de permettre une véritable production industrielle de pièces.

Nous encourageons tout le monde à nous contacter pour développer et mettre en œuvre d'autres applications de la fabrication additive. »

Cet article exclusif a été rédigé en collaboration avec **Evonik**.

COMPRENDRE LA « GESTION DES DONNÉES 'MATÉRIAUX' » DANS LA FABRICATION ADDITIVE

Même si elles ne remettent plus en question le potentiel de la FA comme outil viable pour répondre aux exigences de l'industrie d'aujourd'hui, les industries reconnaissent que les problèmes de répétabilité du processus et de disponibilité des matériaux restent l'un des obstacles les plus importants à surmonter pour obtenir les résultats de production souhaités. L'un des moyens d'y parvenir consiste à comprendre les « relations entre la géométrie, le processus, la structure et les propriétés » des pièces fabriquées par voie additive. Dans la plupart des cas, les approches empiriques qui cherchent à exploiter les données se sont avérées efficaces pour identifier les relations entre le processus, la structure et les propriétés des matériaux.

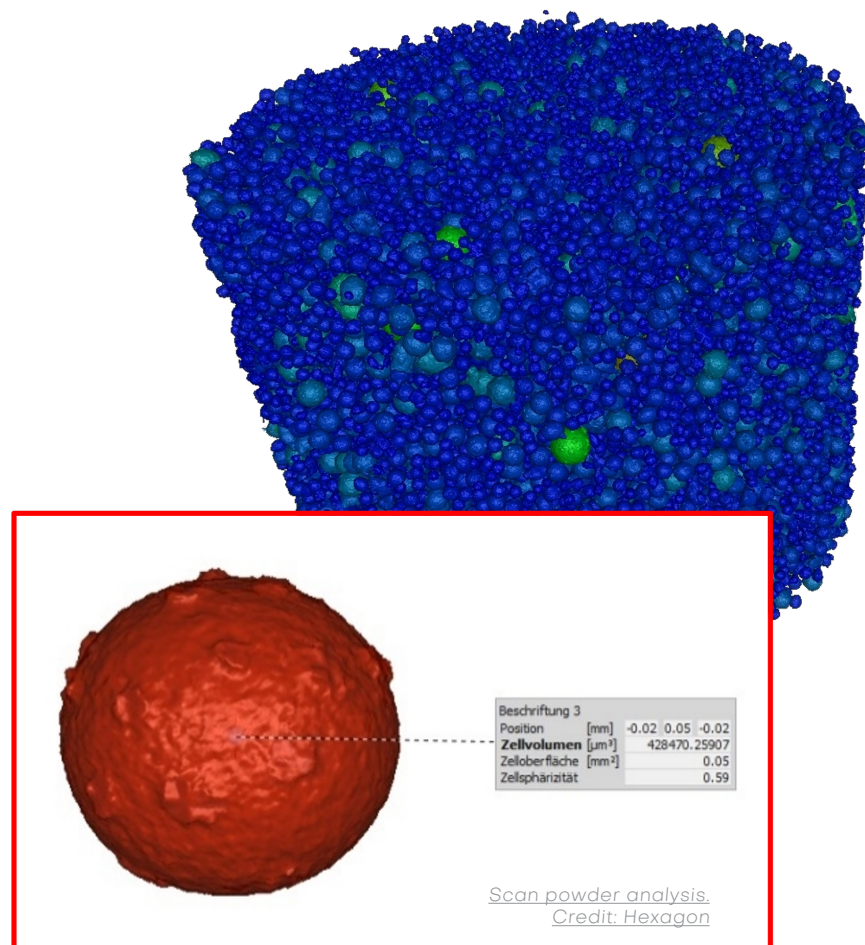
Les relations entre le processus, la structure et la propriété des matériaux nécessitent d'aller au-delà de la performance d'un matériau telle qu'elle est généralement reconnue et d'explorer les structures et les propriétés des composants à fabriquer ainsi que les variations spéciales qui peuvent s'entremêler pendant la fabrication de ces composants. La première étape pour comprendre ces relations consiste à reconnaître l'importance des **données « matériaux »**, qui sont devenues une ressource essentielle pour les entreprises de fabrication cherchant à améliorer les produits, les processus et, en fin de compte, la rentabilité. Plus important encore, si la nécessité d'une gestion prudente des matériaux – depuis leur achat jusqu'à leur conversion finale en produit fini – est cruciale, leur utilisation efficace d'un système de gestion des informations sur les matériaux permet de s'assurer que les résultats générés par une analyse des propriétés des matériaux ne sont pas un investissement gaspillé.

L'article exclusif ci-dessous a pour but de comprendre le concept des systèmes de gestion des informations sur les matériaux (en anglais « **materials information management systems** » – MIMS) (alias logiciel de gestion des données sur les matériaux) dans la fabrication additive, un concept qui comprend, sans s'y limiter, la planification des besoins en matériaux, les achats, le contrôle des stocks, la gestion de l'approvisionnement en matériaux et le contrôle de la qualité.

Ce dossier abordera notamment :

- o La relation entre les producteurs de matériaux et les fournisseurs de logiciels – lorsqu'il s'agit de MIMS ;
- o Les raisons pour lesquelles on peut tirer parti d'un système de gestion des données sur les matériaux ;
- o Le fonctionnement d'un système de gestion des informations sur les matériaux et ;
- o Les différents défis qui doivent encore être relevés pour avoir le système idéal de gestion des informations sur les matériaux.

Nous avons invité **Zach Simkin**, président



de **Senvol**, et **Guillaume Boisot**, Head of ICME, **Hexagon's Manufacturing Intelligence division** à partager leurs points de vue sur ce sujet.

Senvol fournit des données pour aider les entreprises à mettre en œuvre la FA. Les produits et services de la société permettent aux industriels d'accéder aux données de FA, de générer des données de FA et d'analyser ces données.

Hexagon est un leader des solutions de réalité numérique, combinant des technologies de capteurs, de logiciels et d'autonomie. L'entreprise met essentiellement les données au service de l'efficacité, de la productivité, de la qualité et de la sécurité dans les applications industrielles, manufacturières, d'infrastructure, du secteur public et de la mobilité.

Dans ce domaine spécifique, Hexagon a la capacité de combiner la gestion des données sur les matériaux avec la modélisation des matériaux et l'intelligence artificielle / apprentissage automatique et d'aider les industries à prendre la bonne décision en termes de sélection des matériaux.



Zach Simkin – Président de Senvol

La relation entre les producteurs de matériaux et les fournisseurs de logiciels

Les données sur les matériaux font souvent référence aux propriétés et au traitement des matériaux (métaux, alliages, plastiques, matériaux composites, céramiques, etc.) que les organisations utilisent. Ces données peuvent provenir d'un large éventail de ressources (essais de matériaux, assurance qualité ou mesure de la performance des produits).

Le producteur de matériaux est-il celui qui doit fournir ces données ? Pour Zach Simkin, président de Senvol, il y a plusieurs niveaux à considérer :

« Le premier consiste à comprendre les données de niveau de référence, qui sont généralement (mais pas toujours) des données qu'on peut trouver sur une fiche technique publiée par un producteur de matériaux. Chez Senvol, nous maintenons la base de données Senvol, qui est une base de données complète des machines et des matériaux industriels de la FA. Nous travaillons directement avec les producteurs de matériaux pour cataloguer leurs données sur les matériaux dans une base de données facile à utiliser et à consulter. La base de données Senvol est l'une des ressources les plus utilisées dans l'industrie. Elle est disponible gratuitement sur notre site Web et peut également être consultée par plusieurs de nos partenaires. Nombre de ces partenaires sont des sociétés qui proposent des logiciels de gestion

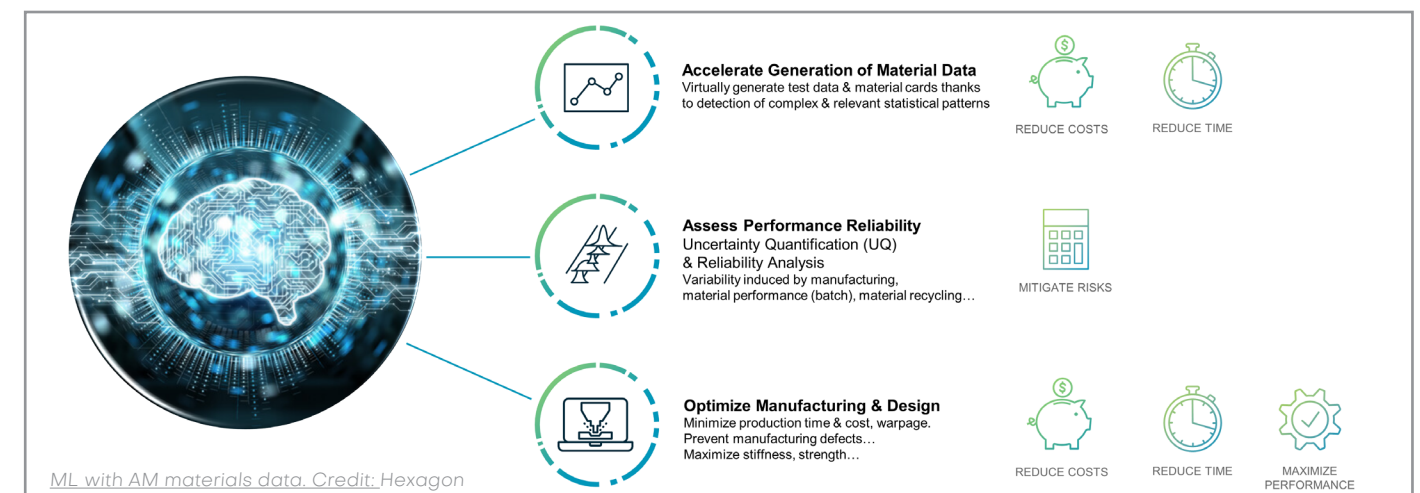
des données matériaux de FA, comme Ansys Granta, MSC Software et Bassetti.

Les données de référence constituent un bon point de départ, mais elles ne sont pas souvent suffisantes. Une fois qu'un matériau a été sélectionné, les utilisateurs commencent à avoir besoin de données de caractérisation du matériau, qui sont un regard plus approfondi sur la façon dont un matériau se comportera. Chez Senvol, nous offrons cela à travers nos ensembles de données Senvol Indexes. Il s'agit de données que Senvol génère concernant un matériau particulier lorsqu'il est traité sur une machine particulière, et comprend généralement beaucoup plus de données que celles fournies sur une fiche technique de référence.

Pour comprendre comment un matériau va se comporter, l'analyse des données peut être menée sur n'importe quelle donnée empirique et/ou simulée à laquelle une entreprise a accès. Pour cela, nous fournissons Senvol ML, qui est un logiciel d'apprentissage automatique piloté par les données, spécialement conçu pour la FA. Ce logiciel est souvent utilisé pour optimiser rapidement les paramètres du processus et développer des matériaux. Ce logiciel fonctionne main dans la main avec les solutions de gestion des données sur les matériaux. Ces solutions stockent les données, et notre logiciel est ensuite utilisé pour analyser les données. »

Le point de vue de Senvol est pertinent dans la mesure où l'éditeur de logiciels ne fournit pas de logiciels de gestion des données sur les matériaux en tant que tels, mais plutôt des bases de données qui pourraient être stockées dans ces logiciels, et des logiciels d'apprentissage automatique qui analysent les données qui pourraient être stockées dans ces logiciels. Ainsi, alors que l'entreprise alerte sur les données de niveau de référence, les données de caractérisation des matériaux ou l'analyse des données, un fournisseur de logiciels comme Hexagon peut recevoir d'un producteur traditionnel de plastique une carte de matériau avec des paramètres décrivant des caractéristiques physiques importantes que les ingénieurs matériaux peuvent interpréter pour sélectionner un bon matériau pour une pièce. Toutefois, cette carte de matériau n'est pas toujours suffisante.

Pour **Boisot**, « pour comprendre comment une pièce imprimée en 3D à partir de ce matériau se comportera, il faut des données détaillées beaucoup plus riches pour prédire son comportement, car les matériaux ne sont pas uniformes comme un métal noir, mais anisotropes – ce qui signifie que des facteurs tels que le type de résine et le renforcement, comme les fibres de verre ou de carbone, affectent considérablement le comportement – après tout, c'est pour cela que nous avons des composites !



Il est important de noter que le matériau est affecté par le processus de fabrication utilisé, donc pour prédire la performance du matériau, vous devez également savoir comment une imprimante 3D l'utilisera – par exemple la direction dans laquelle les fibres sont alignées.

Hexagon a été le pionnier de la modélisation multi-échelle des matériaux avec son logiciel Digimat. Le modèle de matériau précis produit dans Digimat peut ensuite être intégré dans un modèle d'ingénierie assistée par ordinateur (IAO) afin que les ingénieurs puissent prédire avec précision comment une qualité de matériau spécifique affectera la performance globale d'un produit et optimiser la conception pour mieux utiliser le matériau et le processus additif. ».

Dans ce cas, la relation entre les développeurs de logiciels et les producteurs de matériaux (comprenez les équipementiers d'imprimantes, car la plupart du temps ils qualifient les matériaux pour leurs machines) dépend fortement des collaborations qui visent à tester et caractériser les matériaux de manière très détaillée et à «encoder» les informations détaillées sur les matériaux pour créer un **modèle propriétaire**.

« Ce modèle propriétaire très précis est validé et mis à disposition par le biais de notre fonction d'échange de matériaux. Les fabricants peuvent demander ce modèle de matériau directement au fournisseur de matériau par le biais de **Materials Exchange**, et ils ont accès à ces informations propriétaires cryptées qui sont prêtes à être utilisées dans **Digimat**.

De nombreux fournisseurs de matériaux utilisent également ces modèles de matériaux pour soutenir leur ingénierie d'application, ce qui leur permet de prouver qu'un nouveau matériau conviendra à un client sans avoir à entreprendre de longues et coûteuses campagnes d'essais physiques des matériaux qui peuvent empêcher l'adoption de nouveaux matériaux et de nouvelles méthodes additives qui offrent des avantages considérables en matière d'innovation et de réduction des coûts », l'expert d'Hexagon explique.

Pour illustrer cet argument, l'expert en logiciels indique que la modélisation et la simulation des matériaux à plusieurs échelles ont permis à l'équipementier d'imprimantes 3D Stratasys d'itérer les conceptions et les paramètres à l'aide de la simulation au lieu de consacrer du temps et des matériaux aux tests par impression. Il a également utilisé la simulation pour anticiper les problèmes d'impression en évaluant l'impact de la direction et de l'emplacement de l'impression, et pour explorer les paramètres du processus sur la qualité du processus et la fidélité des pièces. Une bonne corrélation a été démontrée lorsque les résultats de la simulation du gauchissement ont été comparés aux mesures du scan 3D d'un outil composite imprimé 3D. Grâce à la modélisation des matériaux, les capacités de simulation avancées ont permis à l'entreprise de réduire le gauchissement de 0,5 mm à moins de 1 mm, soit d'environ 20 %.

Alors, quelles sont les raisons qui ont conduit à l'utilisation d'un système de gestion des données « matériaux » ?

L'utilisation d'un système de gestion des données sur les matériaux n'est pas systématique pour chaque organisation. Une application d'impression 3D qui n'exige pas une qualité ou une précision très élevée peut ne pas nécessiter non plus l'utilisation d'un logiciel de gestion du cycle de vie des matériaux.

En outre, **Simkin** a expliqué à 3D ADEPT Media que, lorsqu'une organisation débute, elle n'a parfois recours qu'à des feuilles de calcul Excel. En évoluant, la situation se complique car



Guillaume Boisot, Head of ICME
Hexagon Manufacturing Intelligence division

une feuille Excel ne suffira pas pour le niveau de données stockées et accessibles.

Au-delà du nombre croissant de matériaux qu'une organisation peut avoir, la variété de problèmes qui affectent la productivité et l'intégrité des données dans les environnements de production peut également conduire à l'utilisation d'un système logiciel de gestion des données sur les matériaux.

Ces problèmes peuvent résider dans la **consolidation de données spécialisées stockées** dans des sources disparates et des formats variés, le **temps** important passé à trouver des données sur les propriétés pour soutenir l'analyse ou la simulation, **les échecs des itérations de conception** ou la **génération de données** qui ne sont pas utilisées au final. Tous ces défis ont finalement une incidence sur la traçabilité, qui est essentielle dans des secteurs exigeants comme l'aérospatiale ou le médical.

Selon Hexagon, « la gestion des données 'matériaux' a un rôle très important à jouer dans la capture des données sur le processus et les résultats tout au long du cycle de vie.

Dans les grandes organisations, l'incapacité à partager les données sur les matériaux et les informations sur les processus empêche les équipes de conception d'appliquer en toute confiance les méthodes modernes d'ingénierie assistée par ordinateur à des pièces qui pourraient être fabriquées de manière additive. Des leçons inestimables peuvent être extraites et partagées à partir des essais de fabrication additive, des prototypes ratés et des tests sur les matériaux et la qualité. Travailler en silos ne fait qu'augmenter les risques d'échec des prototypes et conduit souvent à des

investissements inutiles en matériaux, en temps et en argent, ce qui prolonge le temps nécessaire à la mise sur le marché de nouveaux produits.

C'est pour cette raison que nous utilisons l'expression «**gestion du cycle de vie des matériaux**» – elle ne peut pas être réservée aux professionnels des matériaux, sinon les avantages seront limités.

La gestion des données 'matériaux' est également essentielle pour permettre l'utilisation optimale des matériaux dans le développement des produits. Pour doter les ingénieurs concepteurs des meilleures informations disponibles, il faut intégrer des disciplines historiquement cloisonnées. Les modèles de matériaux sont généralement approuvés et validés par les ingénieurs en matériaux, puis publiés avec toutes les informations pertinentes (par exemple le coût, les certifications et les classifications internes) afin que les ingénieurs puissent prédire les effets que les choix de matériaux et les processus de fabrication auront sur les performances.

L'industrialisation de la fabrication additive exige une qualité reproductible à l'échelle. La gestion des données sur les matériaux joue un rôle crucial dans l'impression de métaux et de matériaux avancés, en assurant la traçabilité des matériaux depuis la poudre jusqu'au contrôle de qualité de la pièce finale. Mais l'espace de conception disponible pour un produit est dicté par plusieurs facteurs complexes et imbriqués, tels que le matériau et le processus de fabrication, le budget, les performances souhaitées et même l'impact environnemental. Il est essentiel d'adopter et d'intégrer les plateformes qui gèrent les données sur les matériaux, les itérations de conception, les résultats de simulation, l'outillage et les parcours d'outils tout au long du cycle de développement du produit. La gestion de ces données et l'application d'analyses statistiques et d'IA et d'apprentissage automatique joueront un rôle important dans l'amélioration et l'optimisation de

ces processus au fil du temps. »

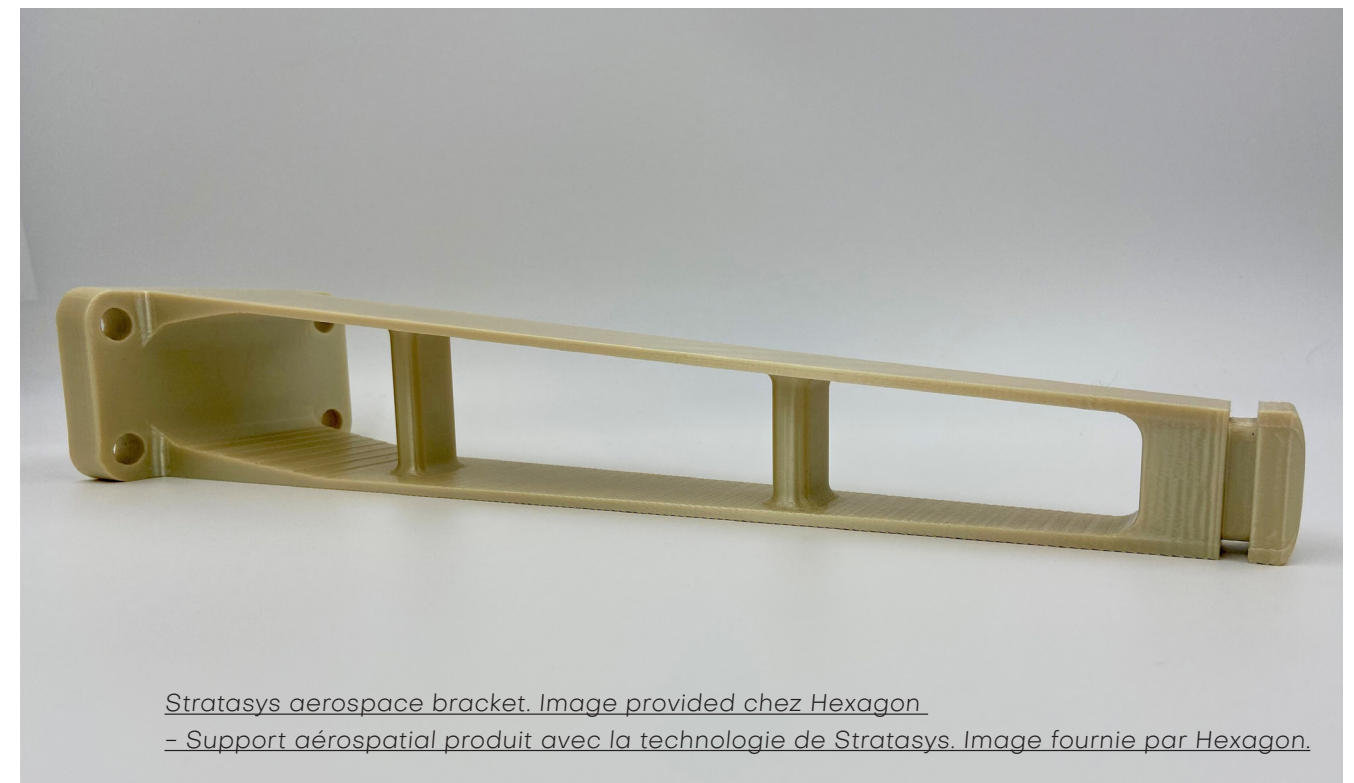
Quid des logiciels de gestion des données 'matériaux' ?

Compte tenu du fait que chaque solution logicielle a son propre modus operandi, on ne peut légitimement pas expliquer comment fonctionne une solution de gestion des données matérielles. Qu'il s'agisse d'identifier le bon matériau pour une application ou de développer un nouveau matériau, cela revient souvent à l'objectif que l'organisation ambitionne d'atteindre.

« Les systèmes de gestion des données 'matériaux' permettent aux organisations de stocker de manière transparente toutes leurs données sur les matériaux dans un référentiel central. Cela facilite tout, de la sélection et de la qualification des matériaux au développement et à la caractérisation de ceux-ci », note le président de Senvol.

Par exemple, en utilisant **MaterialCenter** d'Hexagon, l'équipe de Formule 1 McLaren Racing permet à son équipe d'ingénieurs de prendre rapidement et efficacement des décisions optimales pour la conception de ses véhicules, en connaissant parfaitement les implications en termes de performances et de coûts à chaque étape. Il capture les données provenant des essais de matériaux et des nombreux outils et processus utilisés par l'équipe pour assurer une traçabilité complète tout au long du cycle de vie de chaque composant.

La traçabilité est encore plus importante lorsqu'on sait que, fondamentalement, chaque pièce imprimée en 3D envoyée en production nécessite une certaine forme de sérialisation afin de reconstituer la provenance ; d'où la nécessité de sauvegarder les paramètres de la bonne machine, ainsi que toutes les données liées à sa production. Dans ce contexte, le concept de gestion du cycle de vie des matériaux devient d'une importance capitale pour les équipes de fabrication additive.



Stratasys aerospace bracket. Image provided chez Hexagon.
– Support aérospatial produit avec la technologie de Stratasys. Image fournie par Hexagon.

Défis actuels et réflexions finales

Cela fait quelques années que nous constatons continuellement comment l'accent mis sur la gestion des processus permet aux industriels de surveiller le cycle de vie complet des données de haute qualité. Il y a quelques années, lorsque le **Material Data Management Consortium** (MDMC) – une collaboration entre des entreprises leaders dans les domaines de l'aérospatiale, de la défense et de l'énergie – a commencé à aborder ce sujet, il a mis l'accent sur l'importance de permettre aux ingénieurs/partenaires de déployer efficacement les résultats générés par une analyse des propriétés des matériaux. Les parties **«capturer, analyser, déployer et maintenir»** ont pour ambition de définir chacune des étapes de ce processus.

Aujourd'hui, malgré les avancées des différentes capacités technologiques du marché, malgré le fait que nous devrions reconnaître que les outils basés sur le web qui se concentrent à 100% sur les matériaux sont déjà un grand changement en avant pour gérer des données précieuses – et coûteuses à produire – **l'ouverture reste absolument vitale**, parce que, comme Hexagon l'a dit, « aucun fournisseur unique n'a tout ce dont vous aurez besoin pour construire la pile technologique qui répondra à vos besoins spécifiques en matière de qualité, de volume, de matériaux, etc. ». « Vous avez besoin d'une plateforme qui peut se connecter de manière significative avec

les meilleures technologies disponibles et vous aider à utiliser les matériaux au mieux de leur potentiel pour un produit final durable, conforme, de haute qualité et, espérons-le, innovant.

L'ouverture signifie une intégration profonde et significative avec les outils de modélisation des matériaux, les outils d'ingénierie de la conception, les logiciels de test et de métrologie et les outils tels que PLM qui peuvent aider à gérer certains de ces processus », ajoute l'expert.

Par ailleurs, si le potentiel de la numérisation des matériaux et de la transformation numérique pour accélérer le développement des produits – surtout une fois combinée aux méthodes additives – ne fait plus débat, le chemin est encore long si on considère la lenteur avec laquelle les normes liées à ce sujet sont abordées.

« Une organisation peut utiliser et organiser l'outil différemment d'une autre organisation, ce qui peut entraîner des problèmes d'interopérabilité. Certaines organisations, comme le NIST, travaillent activement à l'élaboration de normes pour les données dans la FA, et je pense que ces efforts contribueront à la maturation de l'ensemble du secteur », conclut **Zach Simkin**.

Notre média en ligne, c'est beaucoup plus que de simples informations quotidiennes. Restez connectés à l'industrie à travers notre newsletter et suivez-nous sur [LinkedIn](#), [Twitter](#) et [Facebook](#).



WWW.3DADEPT.COM

Pioneers in material science

High-quality metal powders for additive manufacturing

Reliable

Consistent

Reproducible

We match powder characteristics to industrial-level AM technologies



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

Robert Bagheri - CEO de Sakuu Corporation

Interview du mois : Sakuu Corporation



Sakuu parle de « batteries solides » et d'impression 3D : c'est bien plus que de simples batteries.

Fondée en 2016 et basée à Santa Clara, en Californie, KeraCel s'est fait connaître comme une organisation qui utilise l'impression 3D pour fabriquer des batteries céramiques multi-matériaux ou des batteries à électrolyte solide imprimées en 3D. Le parcours de l'entreprise a pris une tournure fascinante lorsqu'elle a décidé de changer de nom pour devenir **Sakuu Corporation**, un changement de marque qui reflète le positionnement de sa plateforme de fabrication additive avancée, un changement de marque qui montre aux industries que l'entreprise développe sa propre technologie. En un mot, ce changement de marque était significatif à la fois pour l'avenir de l'entreprise et pour ce qu'elle voulait transmettre aux

industries.

Dès le départ, Robert Bagheri, CEO, a déclaré à 3D ADEPT Media : « Notre changement de marque en Sakuu, qui signifie « floraison » en japonais et « plateforme » en arabe, marque une nouvelle étape pour nous en tant que société de FA pour tous les dispositifs actifs, pas seulement les batteries. Nous avons conservé le nom KeraCel™ pour notre batterie à l'état solide, mais nous tenions à nous positionner désormais comme un facilitateur permettant aux fabricants de s'attaquer à des dispositifs plus complexes et entièrement fonctionnels en grand volume grâce à notre plateforme de FA agile. »

La nouvelle vision de l'entreprise a été suivie d'autres annonces

intéressantes qui incluent par exemple les [trois brevets liés à sa technologie](#) et le [développement de la première génération de batteries à l'état solide \(SSBs = Solid State Batteries\)](#).

Au milieu de ces avancées, nous avons pensé que c'était le bon moment pour échanger avec Bagheri afin de comprendre le monde des SSBs et ses contraintes, les applications de la technologie d'impression 3D de l'entreprise et jusqu'où elles peuvent aller pour répondre aux exigences des industries.

L'accent sur les batteries à électrolyte solide

La fabrication de batteries à l'état solide (SSBs) a trouvé une large utilisation dans les stimulateurs cardiaques, la RFID et les dispositifs portables. Souvent comparées aux batteries lithium-ion qui intègrent un électrolyte liquide lourd ou un gel polymère, les SSBs nécessitent l'utilisation d'un électrolyte solide qui peut se présenter sous la forme de verre, de céramique ou d'autres matériaux comme le polymère solide. Contrairement aux batteries lithium-ion, on dit souvent que les SSB offrent une meilleure efficacité en matière de sécurité, une densité énergétique élevée et une grande variété de températures de fonctionnement.

En effet, avec un électrolyte solide, les batteries peuvent supporter plus de cycles de décharge et de charge que les batteries lithium-ion. Cela est possible car elles n'ont pas à

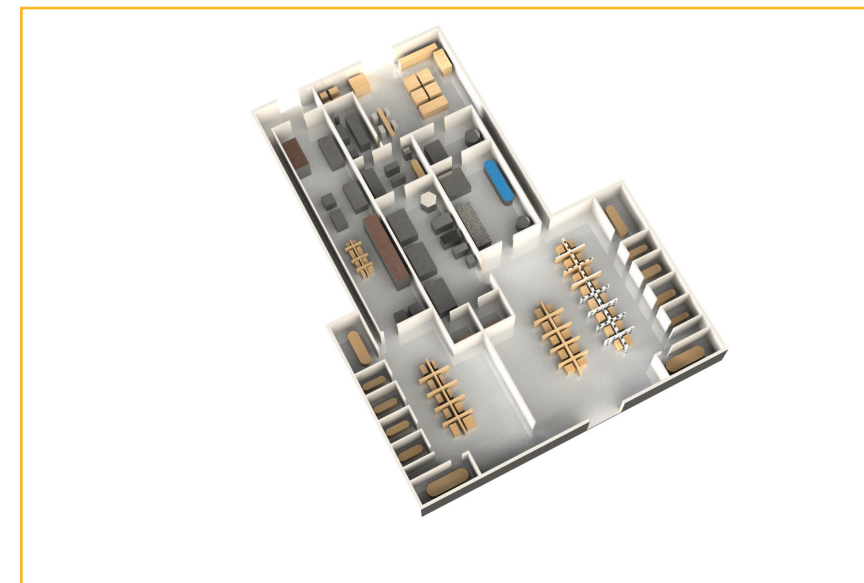
subir la corrosion des électrodes causée par les produits chimiques présents dans l'électrolyte liquide ou l'accumulation de couches solides dans l'électrolyte qui détériore la durée de vie des batteries. En outre, les SSB peuvent être rechargées jusqu'à sept fois plus souvent, ce qui leur donne une durée de vie potentielle de dix ans, contre quelques années pour les batteries lithium-ion.

Alors que des secteurs comme l'automobile encouragent l'utilisation de sources d'énergie durables – ce qui signifie obtenir de l'énergie ailleurs que dans un moteur à combustion interne –, des progrès intéressants ont été réalisés récemment dans le domaine des véhicules hybrides et électriques. La bonne nouvelle, c'est que les batteries peuvent remplacer les combustibles fossiles. Toutefois, la route est encore longue, car les SSBs ne sont pas encore utilisées dans les voitures de tous les jours.

« Malgré leur potentiel pour l'e-mobilité, leur fabrication complexe, en particulier dans le volume élevé nécessaire pour répondre à la demande, signifie qu'ils ne sont pas encore au stade d'être mis en œuvre dans les **véhicules électriques (VE)**. Les SSB actuels à faible densité énergétique sont également caractérisés par des couches de céramique épaisses et fragiles et une interface médiocre », Bagheri explique.

« Les SSBs font l'objet d'autant d'éloges en raison de la manière dont elles surmontent les risques de sécurité qui prévalent dans les batteries lithium-ion. Le fait qu'ils n'utilisent pas de matériaux inflammables permet de mettre en œuvre une technologie de charge ultra-rapide, sans risque d'incendie de la batterie. Plus vite nous parviendrons à intégrer les SSB dans les VE, plus vite les inquiétudes des consommateurs concernant les VE, comme l'autonomie, seront éliminées », ajoute-t-il.

En réalité, du point de vue de la fabrication, les SSBs doivent faire face à des contraintes liées à la densité d'énergie et de puissance, à la durabilité, au coût des matériaux, à la sensibilité et



à la stabilité. Selon les experts du domaine, leur développement est traditionnellement coûteux et ils reposent sur des procédés de fabrication réputés difficiles à mettre à l'échelle, nécessitant des équipements coûteux de dépôt sous vide. Toutes ces caractéristiques peuvent être améliorées grâce aux technologies de fabrication additive.

Le CEO de Sakuu explique que son équipe a contourné ces obstacles en misant sur la FA. Avec leur plateforme, ils peuvent produire rapidement et en volume des SSBs qui, comparés aux batteries lithium-ion, présentent des avantages cruciaux.

« Il peut fournir deux fois plus d'énergie, puisque nous mettons 1200 watts par litre dans le même volume. Ou si nous gardons la même densité énergétique, le coût sera divisé par deux parce que la taille est réduite de moitié. Et pour ce qui est de l'importante question du coût, puisque notre plateforme utilise des matériaux faciles à obtenir, comme la céramique, elle est beaucoup moins chère pour le fabricant. L'approvisionnement local des matériaux réduit également la dépendance à l'égard des importations étrangères qui peuvent, comme nous l'avons vu pendant la pandémie, être instables. Notre plateforme de FA garantira que chaque couche est testée, de sorte que rien ne sera gaspillé, ce qui réduira considérablement les coûts liés aux applications défectueuses

», souligne-t-il.

Même si nous voulions qu'il nous livre certains des secrets de l'entreprise concernant cette plateforme – et nous savons qu'il ne pouvait pas le faire pour des raisons de propriété intellectuelle –, le CEO a expliqué que **leur processus de FA est à la fois multi-matériaux et multi-processus**. Cela signifie qu'il répond parfaitement aux exigences de la production d'un électrolyte solide à l'aide de céramiques ou d'autres dispositifs complexes utilisant des métaux. Ils ont également développé leur propre matériau de support appelé PoraLyte™.

« En utilisant une combinaison de dépôt de matériaux par lit de poudre et par jet, la plateforme imprime le dispositif en une seule couche sans qu'il soit nécessaire de l'assembler à l'extérieur », souligne notre interlocuteur.

Dans une récente communication de presse sur cette imprimante 3D, nous avons également appris que la plateforme est modulaire, ce qui signifie que des modules peuvent être ajoutés, en fonction de l'application. Ainsi, si un client souhaite une option pour la photopolymérisation, il pourra probablement l'avoir – en plus des autres modules mentionnés précédemment.

Prise en compte des préoccupations liées à la durabilité et au changement climatique au sein de l'entreprise et dans les industries ciblées.



Nous n'avons pu nous empêcher d'attirer l'attention de Bagheri sur le fait qu'ils prétendent développer une technologie 100% recyclable.

Il nous a rappelé qu'ils ne traitent que la moitié des matériaux au départ, et que tout ce qu'ils créent se fait sous forme de poudre, donc tout est recyclable. « Ce processus de poudre à poudre signifie qu'une fois qu'une batterie KeraCel™ est en fin de vie, nous pouvons récupérer presque tous les matériaux. Contrairement à ce qui se passe avec les options lithium-ion, il n'est pas nécessaire d'extraire le graphite et l'absence de polymère signifie qu'il n'y a pas d'incinération ou d'enfouissement dans une décharge. Dans l'ensemble, cela garantit un processus de recyclage des céramiques et des métaux qui est à la fois moins cher et plus facile par rapport aux méthodes conventionnelles », souligne-t-il.

De plus, alors que les VE sont au cœur du débat sur le changement climatique, Bagheri estime qu'il faut reconnaître que « les VE ne sont pas une solution universelle, mais qu'ils réduiront indéniablement les émissions de manière significative. »

Si on peut s'attendre à une plus grande adhésion des consommateurs, parallèlement à un découragement accru des gouvernements pour les voitures à carburant, les industries doivent être conscientes de quelques changements à opérer.

« Tout d'abord, l'autonomie des VE doit augmenter - l'angoisse de l'autonomie est un point douloureux qui reste un problème pour de nombreux consommateurs. C'est un point sur lequel les fabricants de véhicules électriques doivent

se pencher, surtout si l'on considère que tout le monde ne vit pas en ville et n'a donc pas facilement accès à des stations de recharge. Deuxièmement, le coût des SVE est également un problème : ils sont trop chers pour que de nombreux consommateurs puissent les posséder, sans parler de leur entretien, ce qui, ajouté au problème de l'autonomie, constitue une combinaison importante qui a beaucoup de poids pour influencer la décision d'achat.

Grâce à la manière dont Sakuù aborde ces questions cruciales, je pense que notre propre technologie permettra d'accélérer l'adoption des VE en les rendant plus accessibles », affirme Bagheri.

Cependant, même si l'accent est mis sur les VE, rappelons que la plateforme d'impression 3D de Sakuù peut permettre des **applications au-delà des secteurs de l'énergie et de l'automobile**. D'autres applications comprennent des composants actifs tels que des capteurs et des moteurs électriques pour l'aérospatiale et l'automobile ; des banques d'alimentation et des dissipateurs thermiques pour l'électronique grand public ; des capteurs de PH, de température et de pression dans le cadre de l'IoT ; et des détecteurs de pathogènes et des dispositifs microfluidiques pour les machines médicales, pour n'en citer que quelques-unes.

« Les microréacteurs dans les soins de santé, par exemple, sont actuellement assez coûteux à fabriquer, alors que la plateforme

de Sakuù a le potentiel de le faire pour quelques dollars seulement », a déclaré le porte-parole.

La prochaine étape...

Eh bien, presque tout a été dit. Sakuù fait les bons pas, lentement mais sûrement. Sa technologie d'impression 3D n'est pas encore prête à produire une batterie de voiture complète, mais c'est quelque chose que l'entreprise réalisera certainement à l'avenir, et à un niveau de fabrication de masse.

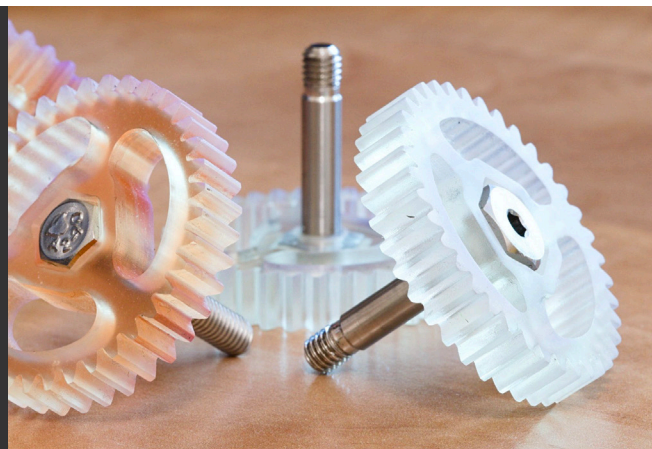
Pour l'instant, la plateforme Alpha de Sakuù devrait être lancée plus tard dans l'année, et les plateformes Beta devraient être installées et testées par les clients de l'entreprise cette année.

« Nous travaillons déjà sur les performances accrues de la prochaine génération de notre plateforme, dont la sortie est prévue à la fin de cette année. Les possibilités offertes par cette technologie sont énormes pour toute une série de secteurs autres que celui de l'énergie. Nous sommes donc impatients de voir comment les autres utiliseront notre technologie unique et comment elle pourrait transformer la fabrication telle que nous la connaissons », conclut Bagheri.



Récupérez votre exemplaire imprimé du Catalogue « AM Solutions » dans tous nos événements partenaires

Opinions



Que pouvons-nous encore attendre des matériaux de fabrication additive ?

Bois, granulés, résines, poudres, filaments... les industries peuvent imprimer en 3D presque n'importe quelle forme de matériau et les processus fascinants qui permettent de transformer ces matériaux en produits finis sont aussi ceux qui rendent l'utilisation des matériaux appropriés si complexe. À mesure que la fabrication additive (FA) progresse, elle crée de nouvelles tendances et de nouvelles complexités que les producteurs de matériaux doivent continuellement démêler. Dans cette série, 3D ADEPT Media a posé aux producteurs de matériaux diverses questions sur différents sujets qui suscitent le débat parmi les utilisateurs de matériaux de FA.

Résines d'impression 3D

Même si le titre n'est pas officiellement reconnu, il est plus simple de décrire le groupe de machines qui travaillent avec des matériaux en résine comme l'impression 3D résine. Il existe différents types de procédés d'impression 3D résine, [chacun d'eux ayant son lot d'avantages et d'inconvénients](#). Du point de vue de la fabrication, rappelons que les procédés d'impression 3D en résine reposent souvent sur le principe de la photopolymérisation ; ils fonctionnent selon un code (ou l'imprimante 3D crée un code directement à partir d'un modèle numérique téléchargé) ; le matériau – stocké dans un VAT – peut être une résine UV ou lumière du jour.

La SLA, la DLP et la LCD sont souvent les procédés les plus mentionnés lorsqu'on parle d'impression 3D résine, pourtant d'autres procédés sont en cours de développement et de commercialisation – des procédés tels que l'impression 3D à jet d'encre, la Digital Light Synthesis™ ou même la technologie VLM ([Viscous Lithography Manufacturing](#)) récemment lancée. Il est intéressant de noter que, quel que soit le procédé d'impression 3D résine, l'enjeu est toujours le même au niveau des matériaux : **que faut-il faire pour les utiliser en série ou en production**

industrielle ?

Tout d'abord, reconnaissons que les progrès extraordinaires réalisés dans la technologie des résines «à polymérisation unique», «à polymérisation double» ou dans les chimies UV (qui sont passées de diverses nuances des mêmes matériaux rigides et cassants à un spectre plus large de propriétés, notamment des résines rigides et résistantes, et des élastomères) ont laissé place à l'innovation. Le problème qui entrave le plus la production en série ou industrielle est probablement la comparaison constante avec les thermoplastiques moulés par injection et ce qu'ils permettent en termes de production. La vérité est que la SLA, la DLP ou tout autre type de technologie d'impression 3D résine peuvent atteindre des objectifs différents en matière de fabrication – sans compter qu'elles s'améliorent à leur propre rythme et selon différentes caractéristiques, mais **cette comparaison est probablement le premier argument qui empêche les utilisateurs industriels d'apprécier leurs capacités**.

Cela dit, malgré les progrès réalisés actuellement au niveau des matériaux, certains procédés d'impression 3D résine ne sont pas encore prêts à franchir une nouvelle étape dans la fabrication. L'impression 3D par jet d'encre, par exemple (un processus à basse température et à basse pression qui implique le dépôt de matériaux liquides ou de suspensions solides), est nativement multi-matériaux, mais elle a souvent [été entravée par des applications non finales](#).

Il est intéressant de noter que les développements actuels en matière de résines mettent **l'accent sur les résines à faible et à forte viscosité**.

La viscosité est généralement mentionnée comme l'un des paramètres rhéologiques les plus importants permettant de déterminer les conditions de traitement optimales pour la FA

FDM et les granulés. Tout comme la densité, la viscosité permet de donner des informations sur le matériau lui-même. « En règle générale, plus la viscosité des résines 3D est élevée, plus les propriétés mécaniques et la sécurité sont élevées », explique **Nika Borges**, responsable des ventes et du marketing pour le producteur de matériaux **3Dresyns**, parlant de l'impression 3D résine.

En pratique, deux écoles de pensée émergent actuellement en matière de viscosité : le petit groupe de personnes qui voit les avantages des résines à faible viscosité pour l'impression 3D SLA et l'autre qui voit une série d'opportunités dans les résines à haute viscosité.

Le rôle de la viscosité des résines a été largement exploré pour la stéréolithographie, où l'on préfère un matériau à très faible viscosité. Pour Borges, le problème des résines 3D à faible viscosité est qu'elles « présentent des propriétés mécaniques inférieures, telles qu'une ténacité et une résistance mécanique médiocres. Elles contiennent des monomères à faible viscosité, [ce qui peut entraîner] une toxicité élevée (...). » Le producteur de matériaux explique que « malgré leur faible viscosité », ses résines 3D sans monomère et à base de monomère se distinguent des autres car elles « présentent des performances élevées et une sécurité uniques. »

En revanche, les résines à viscosité élevée offrent évidemment des propriétés mécaniques plus fortes et une sécurité plus élevées.

« Une viscosité plus élevée signifie une résine plus épaisse. Cela a un effet sur le reflux du polymère et sur les mouvements de la plateforme. Si vous connaissez le volume de votre modèle 3D et la densité du matériau que vous avez choisi, vous pouvez facilement calculer le poids de votre modèle imprimé en 3D », a déclaré le producteur de matériaux résines Liqcreate.

Si les résines à haute viscosité contribuent à « fabriquer des matériaux sûrs à ultra-hautes performances », Borges note qu'au niveau de la production, « elles peuvent être imprimées dans la plupart des imprimantes commerciales à 25-50°C après installation d'un chauffage. »

Qu'il s'agisse de basse ou de haute viscosité, on gardera à l'esprit que la viscosité de la résine ne dépend pas de la précision. Une résine à haute viscosité ne signifie pas qu'elle est facile à accumuler dans les vides d'impressions, une résine à faible viscosité ne signifie pas non plus qu'elle n'est pas facile à accumuler.

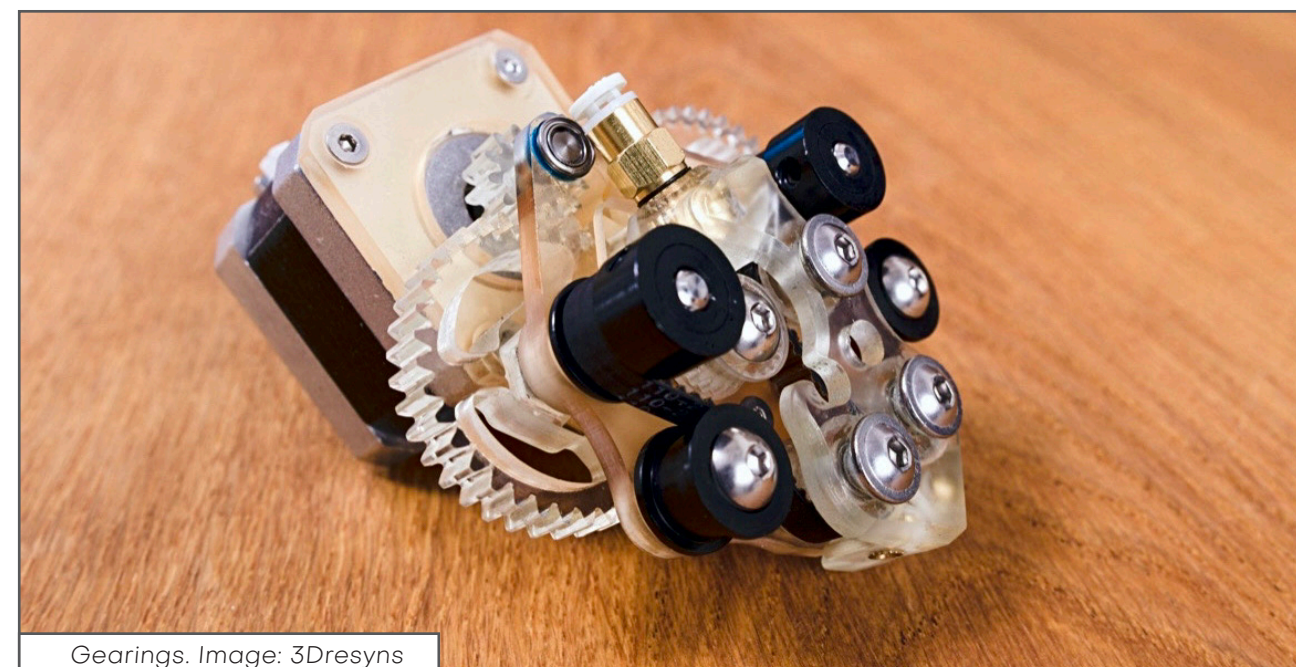
Quel que soit le type de matériaux utilisés, 3Dresyns exhorte actuellement les fabricants d'imprimantes 3D à développer des imprimantes plus grandes, abordables et fiables, basées sur les technologies MLC et DLP. En fin de compte, la variabilité liée

à chaque imprimante 3D peut grandement influencer le résultat du produit fini. Prenant l'exemple de la puissance lumineuse, Borges explique :

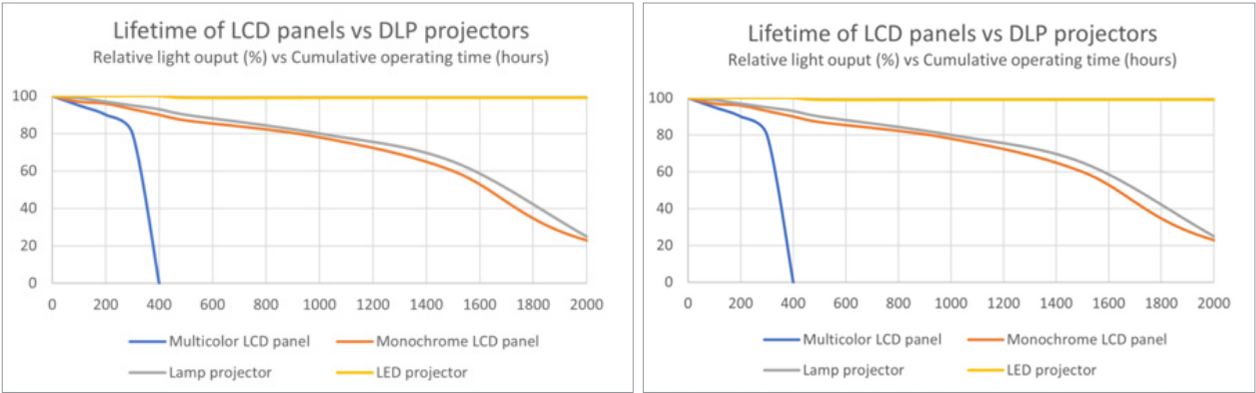
« En fonction de la technologie d'imprimante 3D choisie, de sa conception, de sa configuration, de la longueur d'onde de la lumière, de sa puissance, de sa répartition dans la cuve et du temps de fonctionnement cumulé, la puissance lumineuse réelle disponible dans la cuve pour l'impression peut varier de manière significative, et par conséquent aussi les paramètres d'impression pour des imprimantes similaires et même d'une unité à l'autre du même modèle en raison de petites différences de production entre les unités. Les graphiques suivants montrent la décroissance typique de la puissance lumineuse en fonction de la durée de fonctionnement cumulée des panneaux LCD RVB multicolores standard, des panneaux LCD monochromes, des projecteurs à lampe numérique et des projecteurs à LED, tous généralement utilisés dans les imprimantes 3D SLA, DLP et LCD. »

multi-material but it [has often been hindered by non-end-use applications](#).

Interestingly, the current developments in resin materials show a **focus on both low and high viscosity resins**.



Gearings. Image: 3Dresyns



« Malheureusement, la puissance lumineuse varie et décroît en fonction du temps de fonctionnement cumulé. Même des unités différentes du même modèle, telles qu'elles sont fournies, présentent souvent des différences de puissance lumineuse de 10 à 15 %, ce qui affecte les résultats d'impression globaux. De plus, comme le montre le graphique ci-dessus, la puissance lumineuse diminue en fonction du temps de fonctionnement cumulé de l'imprimante. La variabilité de la puissance lumineuse en fonction de l'utilisation et le manque de contrôle de la puissance lumineuse dans le temps doivent être abordés pour promouvoir la révolution industrielle 3D. À l'heure actuelle, malheureusement, seuls

quelques fabricants d'imprimantes ont abordé ces problèmes fondamentaux. L'absence de contrôle de la puissance lumineuse, de surveillance et de prévention de sa dégradation est l'une des principales causes de frustration, de problèmes d'impression, de variabilité ou d'échec. L'impression professionnelle nécessite des imprimantes aux spécifications constantes pour favoriser le passage de la fabrication traditionnelle à la fabrication additive. » Aujourd'hui, les questions des **coûts** et des **applications** continuent d'animer les discussions entre les utilisateurs d'impression 3D résine. En ce qui concerne les applications,

les utilisateurs avancés espèrent voir de nouveaux développements avec des résines composites ou nanocomposites photodurcissables. L'adoption à grande échelle des résines à base de photopolymères est actuellement un Graal car le prix d'un grand nombre de composants photopolymères dépend de leur utilisation dans l'industrie des revêtements et des jets d'encre, où ils étaient principalement utilisés. Si la production de pièces en grand volume peut permettre de réduire le coût des matières premières, les technologies et les fournisseurs de services pourraient sensibiliser davantage l'utilisateur à la capacité d'une technologie à créer un produit dont la valeur vaut un nouveau prix.



Les composites

Les composites sont des matériaux fascinants. Pour ceux qui ne sont pas encore familiarisés avec les composites, sachez qu'un composite désigne un matériau à matrice polymère thermdurci ou thermoplastique renforcé par des fibres continues ou discontinues. Ces fibres peuvent être des fibres de carbone, des fibres de verre ou des fibres naturelles telles que la fibre de jute, de lin, d'aramide ou de basalte. Comme nous l'avons dit dans un dossier exclusif consacré à l'impression 3D de composites, lorsque la fabrication additive est arrivée dans la fabrication de composites, nous ne nous attendions pas à ce que cette combinaison fonctionne et conduise au développement de certaines applications de niche, intéressantes pour l'industrie. Ces matériaux ont gagné leur place dans diverses applications rendues possibles par la fabrication additive aujourd'hui, et il existe un large éventail de techniques de fabrication additive capables de les traiter : fabrication d'objets laminés, fusion sur lit de poudre, photopolymérisation VAT et extrusion de matériaux (cette dernière comprenant 5 sous-segments différents) – chacune d'entre elles présentant son lot d'avantages et d'inconvénients :

Techniques	Avantages	Inconvénients	Alignement des fibres
Fabrication d'Objet par Laminage ou fabrication d'objets stratifiés (en anglais : Laminated object manufacturing)	<ul style="list-style-type: none">· Faible coût· Possibilité de produire des pièces à haute résistance· Aucune structure de soutien n'est nécessaire	<ul style="list-style-type: none">· Un gaspillage de matériaux plus important· Il est relativement difficile de construire des pièces avec des cavités complexes.	<ul style="list-style-type: none">· Orientation aléatoire des fibres· Orientation uniforme de la fibre
Fusion sur lit de poudre	<ul style="list-style-type: none">· Les structures de support peuvent être retirées facilement· Des composites avec un renforcement plus important de la charge peuvent être réalisés.· Résolution fine· Les poudres non utilisées peuvent être réutilisées.	<ul style="list-style-type: none">· Finition rugueuse de la surface· Impression lente· Impossibilité de fabriquer des composites à fibres longues· Coûteux· Forte porosité des pièces finales	<ul style="list-style-type: none">· Orientation aléatoire des fibres
VAT photopolymerization	<ul style="list-style-type: none">· Les fibres peuvent être alignées de manière aléatoire· Résolution plus fine	<ul style="list-style-type: none">· Il y a formation de bulles· Des matériaux limités ne peuvent être utilisés.· Sédimentation des fibres dans la résine· Augmentation de la viscosité de la résine avec l'ajout de fibres· Le problème de la pénétration des rayons UV	<ul style="list-style-type: none">· Orientation aléatoire des fibres· Dans la direction du champ électrique· Dans la direction du champ magnétique· Dans le sens de la pose· En fonction du motif des fibres du tapis
Extrusion de matériaux	<ul style="list-style-type: none">· Facile à fabriquer· Économique· Capacité multi-matériaux· Les têtes d'impression peuvent être facilement modifiées	<ul style="list-style-type: none">· Dégradation de la buse· Effet obus couche par couche· Pour une charge de renfort plus élevée, la buse se bouche.	<ul style="list-style-type: none">· Dans le sens d'impression

Tableau : Avantages et inconvénients des techniques de fabrication additive pour les matériaux composites. Crédit : Un aperçu de la fabrication additive d'un composite de polymère renforcé par des fibres

L'avancement de la fabrication additive des composites dépend principalement des partenariats entre les fabricants et les adoptants. Selon Hexcel, « les utilisateurs finaux déterminent les exigences techniques, qui remontent la chaîne d'approvisionnement pour informer les fabricants de machines et de matériaux. La personnalisation des propriétés des matériaux composites et les différences que l'orientation de la construction peut entraîner dans les matériaux composites font de ce lien un véritable moteur de l'innovation. »

Cela dit, il est intéressant de rappeler que la FA des composites ouvre de nouvelles possibilités pour l'allègement, alors que les experts envisagent de passer du métal au polymère. « L'allègement a été un moteur dans l'adoption des composites traditionnels et cette tendance se poursuit dans la FA », rappelle **Hexcel**. En effet, si la résistance et la rigidité sont souvent mentionnées comme des propriétés souhaitées délivrées lors de l'exploitation des composites (et notamment des fibres continues) avec la FA, elles ne sont pas aussi puissantes que l'avantage de l'allègement.

« Lorsque nous remplaçons des composants métalliques par HexPEK-100, un matériau CF PEKK fabriqué par SLS, le gain de poids pour nos clients de l'aérospatiale est aussi important que les économies que nous apportons au programme. Les composites se prêtent également à la personnalisation des propriétés des matériaux. Conductivité, flexibilité, résistance à l'impact : tous ces domaines ont une incidence sur les possibilités de contrôle et d'ajustement d'un matériau dans un système de matériaux composites », souligne l'expert.

Malgré ces avantages, la FA des composites présente encore quelques zones d'ombre en ce qui concerne les possibilités offertes par **les polymères renforcés de fibres de carbone et de verre (carbon and glass fiber reinforced polymers = CFRP and GFRP)**. En effet, le **CFRP** (qui signifie plastique renforcé de fibres de carbone) est léger et a une faible densité. Il est également extrêmement conducteur et très cher, ce qui est souvent considéré comme une limitation clé dans plusieurs applications.

Le plastique renforcé de fibres de verre (GFRP), quant à lui, a une densité et un poids moyens. Il est isolant et moins coûteux.

Pour ouvrir davantage de perspectives, Hexcel préfère se concentrer sur les nouvelles propriétés que les composites permettent d'obtenir lorsqu'ils sont combinés à la FA – que l'on ne peut pas obtenir avec les procédés de fabrication conventionnels.

« Dans cette phase d'adoption, la plupart des clients échangent la FA contre les méthodes de fabrication traditionnelles. La FA des composites présente un grand avantage dans cette compétition. Face à des composants traditionnellement métalliques, les composites peuvent apporter des propriétés telles que le blindage des signaux électromagnétiques, que nous proposons dans notre offre HexPEK-EM, et qui étaient jusqu'à présent réservées aux remplacements non métalliques. »

En outre, une autre zone d'ombre concerne **le processus actuel de génération de matériaux admissibles**, ainsi que **la qualification des machines et des pièces**. Ce processus n'est pas spécifique aux composites car c'est aussi ce qui ralentit l'adoption de la FA en général. La vérité est que, pour un grand nombre d'utilisateurs de la FA – en particulier ceux qui viennent d'une industrie exigeante, c'est un véritable goulot d'étranglement de prévoir tous les matériaux admissibles pour une pièce spécifique. En raison du manque de données précises, les ingénieurs et les experts en matériaux doivent redéfinir le matériau idéal à chaque fois ou prendre en charge le développement de la simulation du processus de FA pour prédire les caractéristiques



Regina Pynn from Hexcel

du matériau tel qu'il est construit.

« Pour Hexcel, cela nous a conduit à nous concentrer sur l'homogénéité de la flotte et le travail sur les matériaux admissibles afin de donner à la communauté technique les informations dont elle a besoin pour concevoir le matériau sans avoir à recommencer depuis le début pour chaque nouvelle pièce. À long terme, cela signifie qu'il faut s'appuyer davantage sur la vérification en cours de processus ou après le processus, comme l'inspection non destructive ou l'échantillonnage de qualité, et moins sur le verrouillage de chaque détail de fabrication pour chaque pièce spécifique. L'adoption est beaucoup plus rapide si tout le monde est d'accord sur ce qu'est un bon matériau à la fin et si vous donnez à l'équipe de fabrication la possibilité de modifier et d'optimiser le processus pour y parvenir. L'efficacité s'en trouve améliorée, ce qui donne aux adoptants un argumentaire plus large pour justifier l'intérêt de cette technologie », note Hexcel.



Filaments.

L'impression 3D commence avec les filaments, progresse grâce aux filaments (et à d'autres matériaux évidemment) et est actuellement en pleine révolution grâce aux possibilités de production plus durable et locale créées par les filaments. Cependant, un certain nombre de questions continuent de susciter le débat dans tous les secteurs, des questions concernant **la durabilité des matériaux, la certification et l'impression 3D métal**.

En ce qui concerne la durabilité, rappelons que l'impression 3D a toujours prétendu être durable en raison de la réduction du gaspillage dans la fabrication par rapport à d'autres formes de fabrication comme l'usinage. Cependant, les matériaux les plus populaires ont toujours été les polymères à base de carbone, qui ne sont pas durables par nature puisqu'ils sont dérivés de ressources non renouvelables. S'agissant précisément des filaments, certains producteurs de matériaux ont commencé à mettre en avant les «avantages écologiques» de leurs matériaux.

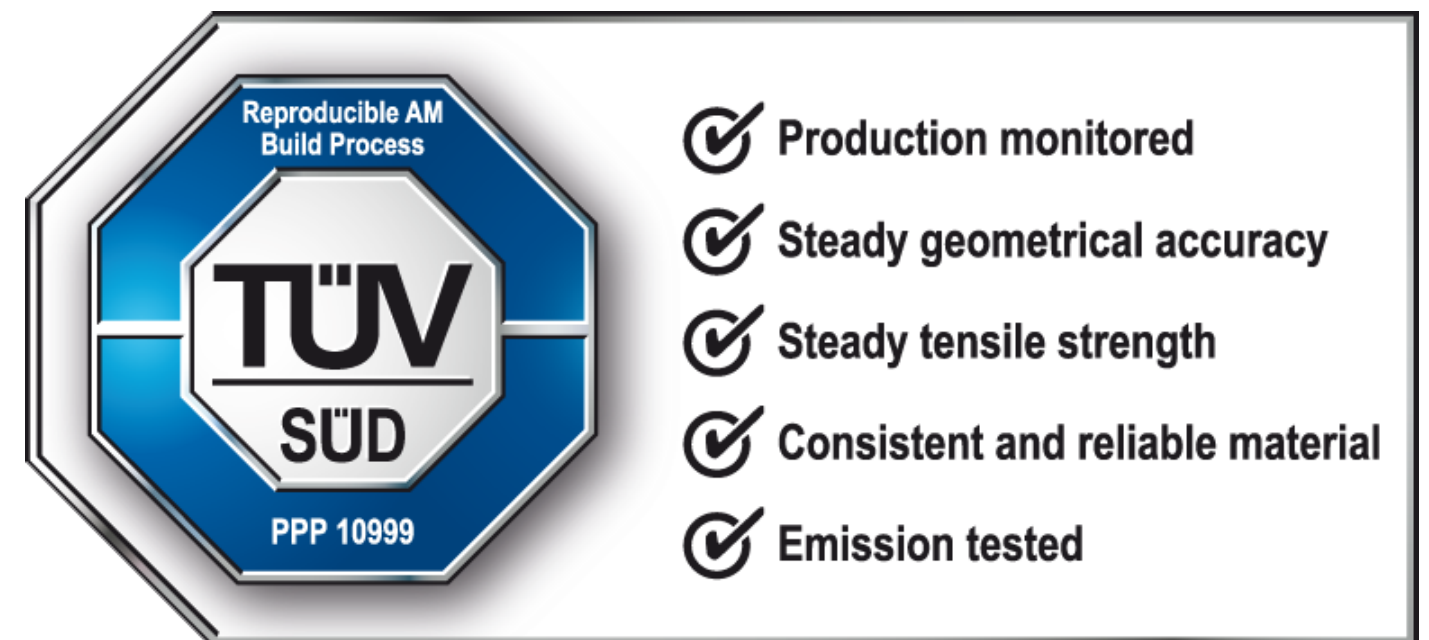
En réalité, ils sont assez « peu clairs sur le caractère durable de [leurs matériaux], par exemple le pourcentage de matériaux recyclés, la provenance de la partie recyclée, etc. Pour accroître l'adoption de matériaux durables dans la production, les clients doivent être convaincus que le matériau est durable, qu'il possède de bonnes propriétés techniques et, surtout, qu'il sera reproductible », explique **Thiago Medeiros Araujo**, chef de produit mondial de LUVOCOM 3F.

Des caractéristiques telles que la recyclabilité et la réutilisabilité ont été une tendance qui s'est imposée en 2021 comme une approche différente de la durabilité dans l'impression 3D, mais les mentionner ne suffit plus aujourd'hui.

Certification.

La question de la certification a souvent été posée par des utilisateurs domestiques qui devaient s'assurer que leurs matériaux respectaient une norme de sécurité en matière de qualité de l'air intérieur. Dans un cadre industriel, cette caractéristique tend à rassurer les ingénieurs sur la qualité du matériau utilisé pour leurs projets.

Si la certification confère au matériau une certaine légitimité, **Medeiros Araujo** attire l'attention sur le fait qu'elle ne signifie pas nécessairement que ce matériau présente des «capacités industrielles» :



Thiago Medeiros Araujo

« Certifier un matériau en soi dans le cadre de l'impression 3D n'est pas quelque chose qui apporte une valeur ajoutée, car dans la plupart des cas, ses propriétés sont directement liées à la façon dont le matériau a été imprimé. Cependant, le fait de disposer d'un processus de fabrication certifié de manière indépendante a un impact énorme sur l'adoption du matériau, car il donne au client suffisamment de confiance pour utiliser le matériau immédiatement. Ainsi, l'utilisateur économise non seulement les coûts liés à l'évaluation du matériau, mais il réduit également le temps d'adoption. »

Impression 3D métal.

L'extrusion de filaments métal-polymère prend actuellement de l'ampleur car les professionnels sont constamment à la recherche d'une solution d'impression 3D métal abordable.

D'un point de vue commercial, ce segment d'activité se développe de plus en plus, donnant l'opportunité aux fabricants industriels d'imprimantes 3D FDM comme 3DGence de développer des machines capables de traiter des filaments d'impression 3D métalliques ou aux producteurs de matériaux comme Nanovia ou BASF de développer des filaments métalliques.

« Cependant, il faut garder à l'esprit qu'il ne s'agit pas seulement de produire le filament métallique mais de fournir au client l'ensemble de la structure pour le traitement ultérieur des pièces, par exemple le déliantage et le frittage », alerte l'expert de Lehvoss.

En effet, au niveau de la fabrication, les filaments métalliques d'impression 3D et d'autres matériaux contenant des additifs doivent souvent être frittés pour augmenter la densité des pièces, ce qui aide les utilisateurs à obtenir l'ensemble des propriétés mécaniques de haute performance.

Pour l'avenir, l'un des principaux défis de l'industrie reste de parvenir à une solution « bonne du premier coup », quel que soit le matériau utilisé. Et pour ce faire, il est important de rappeler que c'est une étape qui peut être atteinte grâce à des collaborations entre les différentes parties prenantes. Comme le dit Medeiros Araujo, « chaque partenariat

exige beaucoup d'engagement et d'efforts de la part des deux parties pour que l'expérience soit sans faille dans le parcours de fabrication additive des clients. »

Notes aux lecteurs

L'article ci-dessus a mis en lumière les points de vue de producteurs de matériaux sur des sujets qui suscitent actuellement des débats dans les industries. Les principales opinions partagées sur ce sujet proviennent de **3Dresyns**, **Hexcel** et **Lehvoss Group**. Leurs représentants partagent leurs points de vue sur les résines, les composites et les filaments.

3Dresyns est un producteur de matériaux basé en Espagne qui fournit une gamme complète de résines 3D, fabriquées sur commande et prêtes à être imprimées dans la majorité des imprimantes commerciales SLA, DLP et LCD en mode ouvert ou fermé. Les nouvelles résines d'impression 3D de la société sont basées sur des bioplastiques, sont biosourcées et respectueuses de l'environnement. Elles rivalisent en termes de performances avec les meilleurs plastiques techniques, tels que le TPU, le nylon, le PEEK, le POM, le PP, le HDPE, le LDPE, le PC, etc. Elles peuvent être utilisées dans un large éventail d'applications, notamment dans les domaines de l'orthodontie, de la dentisterie, du biomédical, de l'ingénierie, de la bijouterie, etc. à des fins de modélisation ou de prototypage.

Hexcel a fait de la technologie des composites son activité principale. L'entreprise développe des renforts en fibre de carbone et des matériaux aérospatiaux. Avec l'acquisition de l'activité Aérospatiale et Défense (A&D) d'Oxford Performance Materials (OPM), spécialisée dans les matériaux de fabrication additive PEKK et qui a fourni des pièces imprimées en 3D pour l'avion Boeing Starliner, Hexcel s'est positionné comme un acteur clé de l'industrie de la FA. L'entreprise commercialise actuellement son composite d'impression 3D PEKK sous la marque HexAM. À ce jour, elle se concentre sur le soutien des multiples programmes commerciaux et de défense dans lesquels les pièces de HexPEKK-100

sont utilisées.

« Au fur et à mesure que les taux de fabrication augmentent pour ces programmes, cela nous donne plus d'occasions de démontrer que l'HexPEKK-100 est un matériau et une technologie de production. Nous prévoyons également la publication de notre base de données NCAMP dans les prochains mois. Cela permettra à tous les utilisateurs finaux potentiels de disposer d'un ensemble de données conformes à la FAA sur lesquelles baser leurs conceptions, sans que chaque utilisateur final ait à investir dans un ensemble de données de tolérance propriétaire. De nouveaux clients des secteurs de l'aviation et de l'espace nous ont déjà contactés, enthousiastes à l'idée d'utiliser ces données pour concevoir avec HexPEKK-100 dans leurs systèmes », a déclaré son représentant.

Lehvoss Group est dirigée par sa société mère, Lehmann&Voss&Co, et comprend plusieurs entreprises chimiques qui développent et commercialisent des matériaux spéciaux pour divers clients industriels. L'entreprise se concentre actuellement sur la création de nouveaux processus (ThermoMELT) ou sur la certification de processus (certification de processus TÜV Süd AM Build). Son équipe de FA a pour ambition de faire en sorte que la technologie devienne un outil de plus dans la boîte à outils de chaque ingénieur, au point de permettre une production décentralisée et une production locale, en somme d'établir une manière beaucoup plus durable de produire des objets.

Événements

DISTRIBUTION

rapid.tech
3D CONFERENCE
EXHIBITION
NETWORKING

ADDIT3D

THE
Advanced Materials
SHOW

CERAMICS
UK



**6th Additive Manufacturing
Forum Berlin 2022**

WORLD
PM22
CONGRESS & EXHIBITION

AM

**advanced
manufacturing**
madrid22



AM Medical Days 2022
Berlin

formnext

Am

Additive Manufacturing
for Aerospace & Space

**ADDITIVE
MANUFACTURING**
STRATEGIES



Vous pouvez récupérer votre exemplaire imprimé du AM Solutions catalogue 2022 lors des événements partenaires suivants :



**Rapid.Tech 3D – Conference +
Exhibition,**
17-19 Mai 2022 | Allemagne



Addit3D, 13-17 Juin, Bilbao, Espagne



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



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



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



**World PM2022 Congress &
Exhibition** | 9-13 Octobre 2022 |
France



**Metal Madrid – part of Advanced
Manufacturing Madrid**
19-20 Octobre 2022 | Espagne



AM Medical Days
19-20 Octobre 2022 | Allemagne



Formnext
15-18 Novembre 2022 | Allemagne



**7th Military Additive
Manufacturing Summit**
Février 2023 | USA



**Additive Manufacturing for
Aerospace and Space Conference**
Février 2023 | Allemagne



**Additive Manufacturing
Strategies** | Q1 2023 – Date à
confirmer – | USA



Start-up AREA

6 ANS PLUS TARD, VALCUN RÉVÈLE LE NOM, LE TYPE DE PROCÉDÉ DE FA QU'ILS DÉVELOPPENT, SES CAPACITÉS ET SON POTENTIEL.

« Il n'avait pas de réponse à cette question fondamentale ». Jan De Pauw, CTO & Co-fondateur de ValCUN a pris 40 minutes de son temps de vendredi pour partager le parcours de son entreprise – et à un moment donné, la façon dont l'entreprise a commencé est un rappel que la seule question stupide est celle qui n'est jamais posée.

En 2014, lorsque Jonas Galle, l'autre cofondateur de ValCUN, concevait un moteur de fusée pour l'aérospatiale, il a immédiatement pensé à la FA comme méthode de production. S'il comprenait les capacités de l'impression 3D métal (LPBF) pour ce procédé, il s'est rapidement rendu compte de son coût élevé. La volonté de réduire les coûts pour une telle production a conduit Galle à considérer l'impression 3D FDM comme une option. Le seul bémol est que la FDM ne pouvait pas traiter l'aluminium ou d'autres métaux. **Pourquoi la FDM ne peut-elle pas traiter l'aluminium ou d'autres**

métaux ?

Cette question en a entraîné plusieurs autres, une enquête dont l'ambition est d'explorer comment on peut réduire le coût d'une pièce métallique avec la FA et en 2016 à ValCUN. Pourtant, cela fait 6 ans et la startup belge reste intrigante, suscitant continuellement l'intérêt de ceux qui sont en dehors de sa bulle. Parfois, «moins, c'est plus», rappelle Christoph Hansen, COO de Sauber Technologies dans cette édition de 3D ADEPT Mag (« AM Shapers Segment » – Page 17).

La volonté de ValCUN d'opérer en mode furtif est légitime quand on sait que moins on en dit, plus on garde un avantage concurrentiel sur les autres ; surtout, quand on sait que les entreprises de hardware-tech ne bénéficient pas de la même « générosité » des investisseurs pour lever des fonds en Belgique

qu'ailleurs. Seulement voilà, cette stratégie peut être une arme à double tranchant, car si vous ne vous définissez pas fermement, vous laissez les autres vous définir.

C'est la raison pour laquelle, dans cette série de questions-réponses, De Pauw révèle certaines des principales capacités de sa technologie – du moins les principaux atouts qui vous feront frapper à leur porte pour un éventuel partenariat.



Jan De Pauw, CTO & Co-founder of ValCUN

3DA : Quel type de procédé de FA ValCUN développe-t-il ? Et comment fonctionne-t-il ?

Nous opérons dans le segment de la FA métal et nous nous concentrons sur l'aluminium. Il s'agit non seulement d'un matériau dur qui peut être traité par différents types de technologies de FA métal (fusion sur lit de poudre, jet de liant, etc.), mais aussi d'un matériau très intéressant en termes de propriétés et d'applications.

Nous avons baptisé notre technologie «dépôt de métal fondu» (MMD – **molten metal deposition**). C'est une analogie avec la FDM, mais avec des métaux fondus. Il est facile de penser que notre technologie est similaire au système de FA de bureau de Markforged, mais ce n'est pas le cas. La principale différence est que dans notre cas, tous les filaments sont des fils d'alliages d'aluminium directs alors que chez d'autres OEMs comme Desktop Metal et Markforged, ils sont un mélange de métal et de polymère. De plus, leur processus nécessite **trois étapes** pour arriver au processus final (impression – déliantage et frittage) alors que **tout est réalisé en une seule étape** dans notre cas. C'est la différence fondamentale entre les technologies «FDM métal» les plus connues et notre technologie.

Jusqu'à présent, nous pensons être le seul équipementier à développer une méthode basée sur l'extrusion continue pour les pièces imprimées en 3D métal qui traite les métaux fondus. Peu de gens ont essayé cette méthode et ont arrêté leurs activités de R&D car il est difficile d'obtenir des taux d'extrusion stables et fiables. Nous en sommes conscients et c'est la raison pour laquelle il nous a fallu tant de temps pour trouver une solution. Mais tant que la physique a un sens, la persévérance est toujours gagnante.

3DA : Les matériaux sont souvent mis en avant comme un défi majeur pour réaliser des pièces reproductibles et de production industrielle. Êtes-vous confrontés au même défi avec votre technologie ?

La réponse courte est NON ;)

La réponse longue consiste à comparer le procédé avec d'autres

procédés. Pour le procédé LPBF par exemple, les experts changent les alliages, ceux qui sont le plus fréquemment utilisés aujourd'hui dans l'industrie (AA6061 – AA7075). Tout le monde les apprécie dans l'industrie, sauf un qui a des difficultés à imprimer avec le procédé LPBF. En changeant les alliages, les industriels se méfient et ne sont pas prêts à explorer des applications avec eux. C'est la raison pour laquelle la FA de l'aluminium n'est pas encore très répandue.

Avec notre technologie, vous pouvez prendre n'importe quel alliage d'aluminium et le transformer. Les raisons principales sont la nature de la physique dans notre processus qui est significativement différente des technologies basées sur la poudre. Cela signifie que tous les alliages d'aluminium qui ont été utilisés au cours de la dernière décennie dans le cadre de procédés de fabrication conventionnels peuvent désormais être disponibles en FA. Cela change la donne pour l'industrie.

3DA : Concentrons-nous sur l'automobile. ValCUN pourrait être un fournisseur pour le marché des véhicules électriques. Quels défis votre technologie peut-elle relever dans ce secteur spécifique ?

Nous nous concentrons sur les échangeurs de chaleur. L'électricité ou l'électronique de puissance a tendance à être considérée comme l'un des principaux défis dans la production de véhicules électriques, mais ce n'est pas le cas. C'est la chaleur générée par l'électricité et l'évacuation de cette chaleur qui constituent la limite technologique de cette production. La FA s'est déjà révélée être un excellent outil pour résoudre ce problème. Dans notre cas, nous pouvons imprimer de très grands porte-à-faux et des ponts, comme avec la FDM. Le fait que nous nous concentrons uniquement sur l'impression d'aluminium joue sur nos points forts. Tout d'abord, l'aluminium présente des propriétés idéales pour les échangeurs de chaleur. En outre, étant donné que des poudres métalliques sont utilisées avec la SLM, il peut être difficile de produire des échangeurs de chaleur avec des canaux internes, car ils peuvent ne pas être exempts

à 100 % de poudre métallique ou avoir des particules à moitié collées. C'est la raison pour laquelle les opérateurs préfèrent explorer le WAAM, le binder jetting, le MMD ou tout autre procédé de FA qui n'utilise pas de poudres pour cette application.

3DA : Y a-t-il des exemples d'applications que vous pouvez mentionner dans ce secteur vertical ?

Notre technologie peut également être un bon candidat pour la production d'échangeurs de chaleur dans les centres TIC. Une autre catégorie qui suscite notre intérêt est la production de formes nettes. Avec ce type de fabrication, nous pouvons facilement obtenir les résultats de production souhaités avec un post-traitement. À long terme, nous nous concentrons sur des produits allant de quelques centaines à quelques milliers de pièces.

3DA : ValCUN a obtenu une levée de fonds de 1,5 million d'euros. Que s'est-il passé depuis cette levée de fonds ?

Nous avons agrandi notre équipe, de 3 à 5 ETP. Nous avons développé nos machines. Nous avons acquis un nouveau brevet et nous avons développé une nouvelle extrudeuse.

3DA : Quelles sont les prochaines étapes urgentes que l'entreprise ambitionne de réaliser ?

C'est la période des projets pilotes pour notre technologie. Nous sommes prêts à démontrer les capacités de notre technologie et nous avons absolument besoin de le faire – comme vous le savez peut-être, toute nouvelle technologie est suspecte, les industries ont donc besoin de savoir et de sentir ce qu'elles peuvent faire avec la MMD. Pour l'instant, les projets qui s'inscrivent dans notre feuille de route sont ceux liés aux pièces en aluminium, aux structures à parois minces... Nous invitons donc toute entreprise désireuse d'explorer ces applications à nous contacter. À long terme, nous obtiendrons un nouveau cycle de financement et nous espérons l'annoncer au premier trimestre de l'année prochaine.

**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



Contact us !!!

contact@3dadept.com

www.3dadept.com

+32 (0)4 89 82 46 19

Rue Borrens 51, 1050 Brussels - BELGIUM

www.3dadept.com

AM Solutions Catalogue 2022

AM SOLUTIONS

—
INTERNATIONAL
CATALOGUE
2022

INDUSTRIAL
3D PRINTERS &
POST-PROCESSING
SOLUTIONS

Published by 3D ADEPT Media

Edited by 3D ADEPT MEDIA

You can pick up your print copy of the 2022 AM Solutions Catalogue at our partner events