

additive

FABRICATION

FABRICATION

additive

3D ADEPT MAG



IMPRESSION 3D

**LA F.A PEUT-ELLE JOUER UN RÔLE DANS L'ADOPTION DES TURBINES À GAZ ALIMENTÉES À L'HYDROGÈNE ?
F.A METALLIQUE - POST-TRAITEMENT - LOGICIELS - MATÉRIAUX**

N°5 - Vol 5 / Septembre - Octobre 2022

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



3DADEPT.COM

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

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

Envoyez un email à contact@3dadept.com

Fabrication Additive / Impression 3D

RAPPORTS
DOSSIERS
APPLICATIONS
PROMOTIONS
COLLABORATION



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

Edité par **3D ADEPT MEDIA**

Création graphique

Martial Y., Charles Ernest K.

Rédaction

Kety S., Yosra K.

Correction

Jeanne Geraldine N.N.

Publicité

Laura Depret

Laura.d@3dadept.com

Périodicité & Accessibilité :

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

Exactitude du contenu

Même si nous investissons des efforts supplémentaires et continus pour garantir l'exactitude des informations contenues dans cette publication, l'éditeur décline toute responsabilité en cas d'erreurs ou d'omissions ou pour toute conséquence en découlant. 3D 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.



Image de couverture : EOS

Questions et feedback:

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

LA FABRICATION ADDITIVE PEUT-ELLE JOUER UN RÔLE DANS L'ADOPTION DES TURBINES À GAZ ALIMENTÉES À L'HYDROGÈNE?

Interviews.....13

- MARKUS TACKE : LA STRATÉGIE D'OERLIKON DANS SON AVENTURE EN FA ET LE MANTRA « ÉCHOUER RAPIDEMENT, ÉCHOUER SOUVENT »

- EOS SUR LA QUESTION DES COÛTS ET SUR L'INTÉRÊT D'INTÉGRER LA NUMÉRISATION ET L'AUTOMATISATION DANS UN ENVIRONNEMENT DE PRODUCTION PAR LA FA.

Post-traitement.....19

- LE LOGICIEL SPR-PATHFINDER® DE SOLUKON FAIT PASSER LE DÉPOUDRAGE DES PIÈCES IMPRIMÉES EN 3D AU NIVEAU SUPÉRIEUR

- COMMENT POST-TRAITER DES PIÈCES IMPRIMÉES EN 3D EN RÉSINE ?

Logiciels25

« LA TECHNOLOGIE BLOCKCHAIN VIENT DE SURMONTER SON BATTAGE MÉDIATIQUE ». LE VOYAGE DOIT MAINTENANT FAIRE CONVERGER LA FA ET LE DÉVELOPPEMENT DURABLE.

Matériaux29

LA FA DES MÉTAUX PRÉCIEUX DANS LA JOAILLERIE : LE CAS D'APPLICATION IDÉAL EN MATIÈRE D'ÉCONOMIE CIRCULAIRE, MAIS UN SECTEUR QUI PEINE À SE DÉVELOPPER. POURQUOI ?

“AM Shapers”35

LE CERCLE VERTUEUX : LE TRIPLE BILAN ET LA CONFLUENCE DES FORCES QUI MODIFIENT LE PAYSAGE DE LA FABRICATION DES VALVES (IMPRIMÉES EN 3D)

Interview du Mois.....39

UNE NOUVELLE ÈRE DE TITANE À FAIBLE COÛT POUR LA FABRICATION ADDITIVE COMMENCE AVEC IPERIONX

Chronique de l'Invité.....43

OÙ SE TROUVE LE BIG DATA DANS LA FABRICATION ADDITIVE ?

Bonjour & bienvenue

La température monte!

Nous sommes de nouveau à ce moment de l'année où nos yeux et nos pensées sont tournés vers Formnext, qui se tiendra à Francfort du 15 au 18 novembre 2022. Personne ne le dira à voix haute, mais il y a cette pression intense pour obtenir de grandes performances et des résultats solides, et la participation des entreprises à Formnext est aussi un moyen d'annoncer leur nouvelle vision - s'il y en a une - et leur stratégie, et les résultats sont ce que nous voyons tout au long de l'année suivante à travers l'exécution de cette stratégie.

La température monte donc avec cette saison de salons professionnels, mais elle monte encore plus avec les préoccupations et la pression croissantes entourant la lutte contre le changement climatique et la lutte pour la durabilité ; une lutte qui prend des proportions énormes avec les problèmes de gaz et d'énergie qui résultent de la guerre en Ukraine.

Si nous faisons abstraction de ces conséquences pendant une seconde et que nous nous concentrons sur ce que nous (comprenez «organisations») avons le pouvoir de contrôler, nous nous rendons compte que l'objectif visant à trouver un équilibre entre la préservation des mesures de sécurité et la « durabilité » est souvent difficile à atteindre.

En effet, c'est une chose et c'est facile de dire que nous sommes « durables », c'en est une autre de joindre le geste à la parole. Les entreprises de FA ont tendance à oublier la triple performance - plus connue sous le nom de « triple bottom line » en anglais - (personnes, planète et profit) qui incarne une véritable vision durable, pour se concentrer uniquement sur le développement de produits durables - pour lesquels il est souvent difficile de fournir des données.

Dans cette édition de 3D ADEPT Mag, nous voulions replacer les choses dans leur contexte. Nous avons présenté cette « triple bottom line » à travers différentes rubriques et comment elle pouvait être prise en compte dans une « vision de durabilité » qui inclut la fabrication additive. Bien sûr, certaines industries ont plus de chances de leurs côtés pour l'intégrer, mais le démontrer à travers des données tangibles (qui résultent éventuellement des analyses de cycle de vie) est l'exemple que les autres attendent pour se mettre au travail. C'est là tout l'enjeu de ce nouveau numéro de 3D ADEPT Mag.



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

Editorial

Significant Cost Savings on Additive Tool

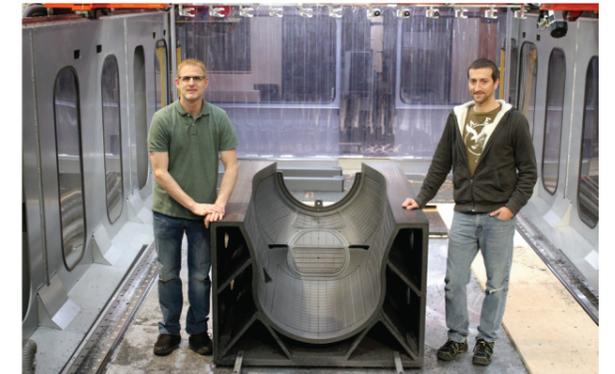
Partnership between Thermwood and General Atomics

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.

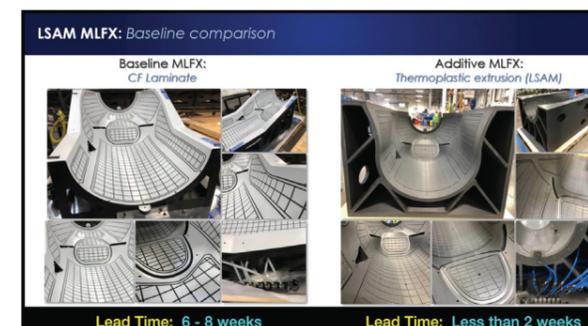
Cost Savings of around \$50,000 vs traditional methods

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

La fabrication additive peut-elle jouer un rôle dans l'adoption des turbines à gaz alimentées à l'hydrogène ?

Pour éviter une catastrophe climatique, des milliards de dollars sont investis dans l'hydrogène, qui devrait répondre à un quart de nos besoins énergétiques d'ici 2050. Pour permettre cette transition, les industries qui produisent du dioxyde de carbone (CO2) ont un rôle important à jouer. L'industrie de production d'électricité produisant au total ~46 % des émissions mondiales de CO2 provenant des combustibles fossiles, la plupart des organisations explorent une transition vers l'hydrogène comme carburant de turbine à gaz sans carbone. À quoi ressemble cette transition vers les énergies renouvelables avec la fabrication additive (FA) ?

J'ai beau travailler dans une presse professionnelle axée sur la technologie, il y a des sujets qui m'ont toujours paru utopiques. L'hydrogène est l'un d'entre eux. Cela a toujours semblé tellement fictif... comme dans L'île mystérieuse, un roman de l'écrivain français Jules Verne (publié en 1875), où un ingénieur explique à un journaliste comment l'eau pourrait un jour remplacer le charbon comme source d'énergie. Nous ne sommes pas très loin de cette réalité aujourd'hui, car l'hydrogène retient de plus en plus l'attention en tant que vecteur énergétique intersectoriel possible qui pourrait permettre de réduire les émissions dans plusieurs domaines d'activité, y compris ceux qui sont difficiles à maîtriser. Et je dois l'admettre : il ne s'agit pas d'un roman de science-fiction. C'est une réalité.

L'hydrogène est un combustible propre qui, lorsqu'il est consommé dans une pile à combustible, produit de l'eau. Il peut être obtenu à partir de l'eau en utilisant l'électricité produite par le soleil ou le vent. Comme il ne dégage aucun CO2 lorsqu'il est utilisé comme combustible, il jouerait un rôle crucial dans la décarbonisation de la production d'énergie thermique. Il est intéressant de noter que les turbines à gaz ne sont qu'un des nombreux types de production d'énergie thermique. Pour permettre cette transition vers une économie de l'hydrogène, les organisations repensent le rôle des turbines à gaz en tenant compte d'un certain nombre de variables propres à l'hydrogène.

Le présent dossier a pour ambition de comprendre le rôle des turbines à gaz dans cette transition vers les énergies renouvelables et le rôle que peut jouer la FA pour la rendre possible. Pour traiter ce sujet, nous aborderons les points suivants :

I - Le rôle des turbines à gaz dans un système énergétique durable.

II - Les stratégies de FA qu'on peut explorer pour rapprocher l'économie de l'hydrogène d'une mise en œuvre effective dans l'ensemble du secteur de la production d'énergie thermique ou pour permettre le démarrage de turbines à gaz vertes alimentées à l'hydrogène.

I - Le rôle des turbines à gaz dans un système énergétique durable

Une turbine à gaz est un type de moteur à combustion capable de transformer du gaz naturel ou d'autres combustibles en énergie rotative. Elle

fait actuellement partie des solutions de production d'électricité à base de combustibles fossiles les plus propres, solutions qui peuvent absorber les fluctuations des énergies renouvelables et permettre de réduire les émissions, en utilisant des combustibles à faible teneur ou neutres en carbone comme le gaz naturel, le biogaz, les gaz résiduels de l'industrie et les combustibles enrichis en hydrogène.

La discussion sur les turbines à gaz alimentées à l'hydrogène est en priorité des agendas de plusieurs pays, car bon nombre d'entre eux cherchent à réduire leur dépendance à l'égard des combustibles fossiles. L'hydrogène devient donc une alternative intéressante lorsque les autres sources d'énergie renouvelables sont disponibles en quantité limitée ou fluctuante.

« Les turbines à gaz sont efficaces lorsqu'il s'agit d'équilibrer une production d'énergie renouvelable volatile, grâce à leur flexibilité et à leurs courts temps de montée en puissance. La production future d'électricité sans carbone nécessite une montée en puissance de la capacité d'hydrogène des turbines à gaz avec de l'hydrogène produit à partir d'eau et d'électricité renouvelable excédentaire. La production d'énergie à l'aide de turbines à gaz alimentées à l'hydrogène présente un autre avantage considérable : il s'agit d'une technologie de production d'énergie bien connue et bien établie dans le monde entier, ce qui signifie une introduction potentiellement beaucoup plus rapide, techniquement et économiquement réalisable, de la production d'énergie verte », déclare **Eduard Hryha**, professeur, division des matériaux et de la fabrication, science industrielle et des matériaux, directeur de CAM2.



Eduard Hryha, professeur, division des matériaux et de la fabrication, science industrielle et des matériaux, directeur de CAM2



L'image présente une turbine à gaz Siemens SGT-8000H - Crédit: Siemens

Pour **Vladimir Navrotsky**, Chief Technology Officer de la FA et Senior Principle Key Expert chez Siemens Energy, l'intérêt pour les turbines à gaz alimentées à l'hydrogène est motivé par des considérations environnementales, politiques, technologiques et économiques qui méritent d'être mentionnées. Outre les objectifs nationaux spécifiques en matière d'émissions nettes nulles, les organisations devront très bientôt faire face à « des réglementations plus strictes sur les émissions et l'utilisation des combustibles fossiles en raison de l'accord de Paris (COP21), [ainsi que] d'autres initiatives (par exemple, le Green Deal européen, la Taxonomie européenne). » D'un point de vue économique, on note une « tarification croissante du carbone par le biais de taxes sur le CO2 ou d'échanges de droits d'émission et une pression des clients » : non seulement les entreprises et les services publics ont leurs propres exigences en matière de réduction de l'empreinte carbone, mais ils reçoivent également des exigences de la part des clients, des investisseurs et des institutions financières (par exemple, la Banque européenne d'investissement (BEI)). D'un point de vue technologique, Navrotsky note que, par exemple, pour l'industrie chimique, la « possibilité d'utiliser des effluents gazeux riches en hydrogène provenant de raffineries et de processus chimiques » constitue une forte incitation à l'utilisation de turbines à gaz alimentées à l'hydrogène. Pour les industriels et les services publics, « le mélange futur potentiel d'hydrogène dans les réseaux et les gazoducs existants exige que les turbines à gaz et les centrales électriques existantes soient capables de faire face à une certaine part de la teneur en hydrogène du carburant. »



Vladimir Navrotsky, Chief Technology Officer de la FA et Senior Principle Key Expert chez Siemens Energy

En d'autres termes, pour envisager un « avenir net zéro », une centrale électrique pourrait vouloir recourir au captage du carbone en postcombustion ou exploiter l'hydrogène vert dans des turbines à gaz nouvelles ou modernisées dans sa centrale existante. Les turbines à gaz prêtes pour l'hydrogène peuvent également fonctionner dans des centrales à cycle combiné. Dans ce cas, elles utilisent la chaleur excédentaire pour produire de la vapeur qui alimente une deuxième turbine.

La société de technologie énergétique **Siemens Energy**, par exemple, a obtenu une certification de l'organisme indépendant TÜV SÜD pour son concept de centrale électrique «H2-Ready». Selon le représentant de la société, cette certification couvre les trois phases du cycle de vie d'une centrale :

- La **phase d'appel d'offres** - lorsque le concept de préparation à l'hydrogène est établi conformément à la feuille de route H2 du client (certificat de concept - générique).

- La **phase de projet** - lorsque le concept est mis en œuvre dans la conception et la construction d'une centrale électrique H2-Ready (certificat de projet - projet spécifique).

II - Stratégies de FA qu'on peut explorer pour mettre en œuvre une économie d'hydrogène ou pour permettre une utilisation effective de turbines à gaz vertes alimentées à l'hydrogène.

« La FA joue un certain nombre de rôles importants lorsqu'il s'agit de produire de l'hydrogène (par exemple par catalyse) ou de l'utiliser comme carburant », commente Hryha.

Simplifions les choses pour les non-initiés et expliquons le fonctionnement d'une turbine à gaz pour mieux comprendre le commentaire du Professeur Hryha. Une



Atelier de FA autonome chez Siemens Energy - ©Siemens Energy

- Et la **phase de transition** - lorsque la centrale est convertie en centrale à hydrogène, une fois l'hydrogène disponible (certificat de transition - spécifique au projet).

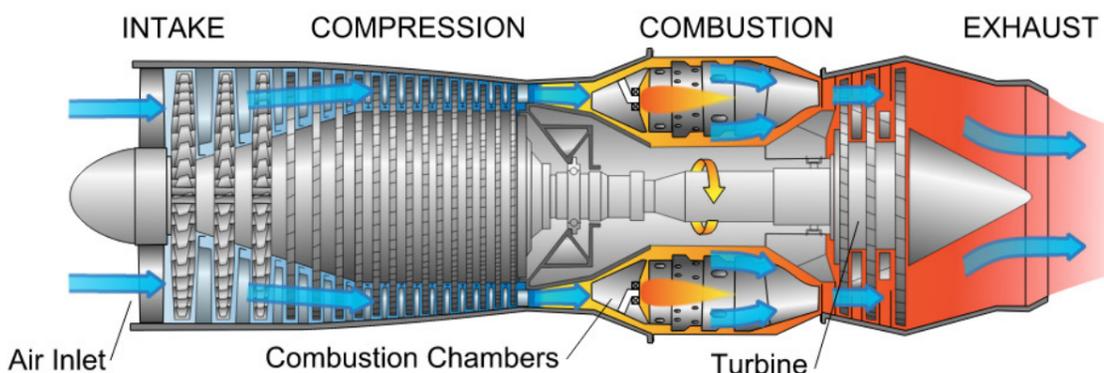
« Le certificat de concept «H2-Ready» fournit une feuille de route décrivant comment une nouvelle centrale électrique doit être conçue pour la co-combustion d'hydrogène ou même brûler de l'hydrogène pur », Navrotsky explique.

Le fait est que, malgré ces avantages, l'hydrogène n'est pas un élément chimique parfait. Il reste actuellement cher et n'est pas la

source d'énergie la plus sûre à traiter. « L'hydrogène est un combustible très réactif, dont la température de la flamme est nettement supérieure à celle du gaz naturel. Par rapport au gaz naturel, sa vitesse de flamme est plus de trois fois supérieure et son délai d'auto-inflammation plus de trois fois inférieur », souligne Navrotsky.

Une partie de ce problème peut être résolue par l'intégration de processus de fabrication permettant d'adapter les composants des turbines à gaz à l'utilisation effective de l'hydrogène. C'est certainement là que la FA et la numérisation entrent en jeu.

turbine à gaz se compose de trois éléments principaux : un **compresseur** qui aspire l'air à l'extérieur de la turbine et en augmente la pression ; une **chambre de combustion** qui brûle le combustible et produit un gaz à haute pression et à grande vitesse et une **turbine** qui extrait l'énergie du gaz provenant de la chambre de combustion.



©Energy education

Deux des aspects les plus importants de la chaîne de valeur de la FA sur lesquels les industries concentrent leur stratégie sont la conception (le « design ») et les matériaux.

Du côté de la conception

« La combustion de l'hydrogène est confrontée à de nombreux défis liés à la réactivité élevée de ce gaz et à la température élevée de la flamme. Par conséquent, pour faciliter cette opération, il faut une conception nouvelle et nettement plus complexe des brûleurs de combustible, qu'il n'est pas possible de produire à l'aide des technologies classiques de formage des métaux pour les matériaux modernes à haute température, afin de garantir un mélange de combustibles approprié et de permettre une combustion efficace de l'hydrogène. Par conséquent, les possibilités de conception presque illimitées offertes par la FA ouvrent de nouvelles voies pour la fabrication de brûleurs à combustible complexes, impossibles jusqu'à présent », souligne le professeur Hryha.

Siemens Energy a spécifiquement travaillé sur des applications de ce genre. Avec plus de 50 imprimantes 3D industrielles en interne, Siemens Energy a déjà réalisé plusieurs applications dans cette filière et cherche actuellement à industrialiser davantage ses processus. Au cours d'une conversation avec 3D ADEPT Media, Navrotsky souligne comment la fabrication additive a joué un rôle essentiel dans l'accélération de la conception et du prototypage des brûleurs H2 de ses turbines à gaz :

« Dans notre atelier de Finspong, nous avons commencé à étendre la capacité H2 des turbines à gaz de taille moyenne avec la combustion DLE (**Dry Low Emission**) de troisième génération en 2008. En 2016, nous avons atteint 10 % de la capacité H2. La mise en œuvre de la FA pour la conception et la fabrication des brûleurs 'MGT' en 2016 a considérablement accéléré la progression de la capacité H2. En conséquence, en 2018, nous avons déjà atteint 50 % de H2, et en 2022 75 % de H2. En 2023, nous prévoyons de tester 100 % de H2 pour certains châssis de turbine. La FA permet une conception qui peut gérer tous les problèmes mentionnés liés à la combustion du H2. La mise en œuvre d'une structure en treillis dans la conception du brûleur permet non seulement un bon mélange de l'hydrogène et de l'air du compresseur, mais elle agit également comme

un dispositif de refroidissement - le combustible agit comme un liquide de refroidissement. Cela a permis d'abaisser la température du métal du brûleur pendant le fonctionnement. Actuellement, nos brûleurs de turbine à gaz SGT-600, -700 et -800 avec capacité H2 sont fabriqués avec la technologie de FA. »

Qu'en est-il des matériaux ?

Selon le professeur Hryha, « [le besoin de] matériaux à haute température, nécessaires pour une telle flamme à haute température, [dépasser] l'état actuel de la technique. C'est là que la FA présente un autre avantage : le contrôle des processus de solidification et de formation de la microstructure pendant la fabrication additive du composant complexe peut être utilisé pour synthétiser de nouveaux matériaux à haute température. »

Dans le cadre d'un projet cofinancé par l'agence suédoise pour l'innovation Vinnova, Hryha étudie actuellement de nouveaux matériaux pour les turbines à gaz vertes alimentées à l'hydrogène par le biais de la fabrication additive. Avec plusieurs partenaires, Hryha va explorer les facteurs critiques de la conception de l'alliage, les caractéristiques de la poudre et les recettes de fabrication additive idéales pour réussir la fabrication d'alliages sur mesure à base de nickel avec d'excellentes propriétés

mécaniques et de corrosion à haute température. Les résultats de ce projet permettront à Höganäs d'introduire de nouvelles poudres sur le marché de la FA, à Siemens de mieux utiliser la FA sur lit de poudre métallique pour la production de composants des turbines à gaz alimentées à l'hydrogène, et d'introduire de nouveaux procédés LB-PBF (EOS) et de post-traitement (Quintus) permettant la fabrication additive de matériaux difficiles à réaliser.

Lorsqu'on lui demande pourquoi l'accent est mis sur les alliages à base de Ni, Hryha répond que ce « sont les matériaux candidats les plus appropriés pour les applications à haute température grâce à la combinaison d'une résistance et d'une stabilité élevées. » Le fait est que « les superalliages à base de Ni à haute performance nécessaires aux applications avancées, comme les composants des turbines à gaz alimentées à l'hydrogène, sont très difficiles à traiter par FA sans rencontrer d'importants problèmes de fissuration. Nous mettons en œuvre une approche complète et holistique pour atténuer la fissuration dans les superalliages avancés à base de Ni pour les applications à haute température, en combinant trois ingrédients principaux : une conception d'alliage sur mesure, un procédé LB-PBF dédié et le développement du procédé de



Pièce imprimée 3D - ©Siemens Energy



Atelier de FA autonome chez Siemens Energy - ©Siemens Energy

post-traitement. De nombreuses données rapportées se concentrent sur l'un de ces aspects, mais pour un matériau et une conception aussi complexes, le matériau, la FA et le processus de post-traitement doivent être développés en synergie pour garantir une fabrication additive robuste. Le procédé LB-PBF offre une grande liberté de conception et de contrôle du processus, ce qui signifie qu'une combinaison intelligente avec le processus de post-traitement HIP nous permet non seulement de minimiser/éviter les défauts, mais aussi de contrôler la microstructure et les propriétés par l'intégration du HIP et du traitement thermique en un seul cycle (ce qui minimise également les coûts de fabrication) », poursuit-il.

Même s'il n'a pas pu s'étendre davantage sur le projet pour l'instant, il a indiqué qu'il était important de bien comprendre les possibilités et les limites physiques et techniques au cours des trois étapes afin d'assurer la réussite, la faisabilité économique et technologique du matériau, du processus de fabrication et du post-traitement.

Autres considérations à prendre en compte

« De nombreux producteurs d'électricité peuvent penser qu'il suffit de remplacer les brûleurs des turbines à gaz, mais qu'il s'agisse de convertir une vieille centrale

ou d'en construire une nouvelle, la préparation au H2 ne se limite pas à cela. Les combustibles à haute teneur en hydrogène posent des problèmes non seulement au système de combustion de la turbine à gaz, mais aussi à l'ensemble de la turbine à gaz et à la centrale. La conception de l'ensemble doit être évaluée pour s'assurer que tous les composants et systèmes sont capables de fonctionner en toute sécurité avec des teneurs en hydrogène plus élevées dans le combustible. En amont du système de combustion, les combustibles à base d'hydrogène peuvent nécessiter des modifications des matériaux des composants, de la taille des tuyaux, ainsi que des capteurs et des systèmes de sécurité. En aval, le circuit d'échappement doit être évalué. Les propriétés variables des gaz d'échappement peuvent avoir une incidence sur le transfert de chaleur et les taux de corrosion, ce qui peut avoir un impact sur la durée de vie des composants », Navrotsky nous avertit.

Comme vous pouvez le constater, nous n'avons abordé qu'une infime partie du problème. Non seulement l'hydrogène n'en est qu'à ses balbutiements, mais l'utilisation de la FA en tant que technologie susceptible de favoriser son adoption et sa mise en œuvre effective dans l'industrie des turbines à gaz nécessite également de

prendre en compte la complexité de la technologie et sa maturité à l'état actuel du marché. Comme le laisse entendre Navrotsky, il reste encore un long chemin à parcourir compte tenu des considérations actuelles à prendre en compte au niveau de la conception, des matériaux, des machines et, surtout, des normes. Et ces dernières ne peuvent être efficaces qu'à travers la coopération avec les universités d'une part, et la coopération avec les fournisseurs de machines et de poudres d'autre part.

Conclusions

On attend beaucoup de l'hydrogène et de ses avantages pour un avenir énergétique respectueux du climat. Au milieu de ce battage médiatique, il est juste de dire que c'est l'hydrogène vert, généré à partir de sources renouvelables, qui apportera probablement les avantages environnementaux les plus significatifs, pour autant que les industries et les gouvernements puissent prouver sa rentabilité - ce n'est peut-être que le début d'une nouvelle ère, mais cet infime rôle qu'a la fabrication additive ne doit pas être négligé.

Find your flexible solution for industrial metal 3D printing!



Visit us at Formnext in Frankfurt! Get your free ticket! November 15-18th, hall 12.0, booth D81



Have a look on our TruPrint 3000. In addition to performance increase with fullfield Multilaser option, the focus of the TruPrint 3000 is on improving process robustness and various operating scenarios. High process reliability due to newly developed gas flow and high part quality are proven with Melt Pool Monitoring. The 3D printer can be tailored to your production process needs.

More information www.trumpf.com/s/additivemanufacturing

Larger, Better, Cheaper Parts -

By using Farsoon *Multi-Laser* Powderbed Fusion Systems.

Learn your full benefits, visit us in-person @ Formnext 2022!

formnext Hall 11.1 Booth D29
November 15-18th, 2022 | Frankfurt, Germany



FS621M-4 4x500W Lasers
620x620x1100mm Envelope



FS422M-4 4x500W Lasers
425x425x420mm Envelope



Flight® HT1001P-2 2x300W Lasers
1000x500x450mm Envelope



Flight® HT403P-2 2x300W Lasers
400x400x540mm Envelope

FARSOON
TECHNOLOGIES

oerlikon

Markus Tacke : la stratégie d'Oerlikon dans son aventure en FA et le mantra « échouer rapidement, échouer souvent »



Markus Tacke, CEO of Oerlikon
Surface Solutions

Décembre 2016. La société suisse **Oerlikon Corporation AG** a acquis **citim GmbH** – principal producteur de pièces métalliques imprimées en 3D – donnant ainsi les premiers indices des ambitions du groupe en matière de fabrication additive. Cette période a vu une combinaison d'acquisitions et de nouveaux investissements dans les installations permettant à l'entreprise de s'imposer comme un développeur à la fois de matériaux et de pièces imprimées en 3D, offrant à ses clients la chaîne complète de processus, du développement de nouveaux alliages au post-traitement et aux tests des composants. Voilà ce que je savais d'Oerlikon lorsque j'ai rencontré les représentants de l'entreprise pour la première fois, lors de leur lancement officiel sur la scène de la FA à Formnext 2017.

Avance rapide jusqu'en 2022. Les activités de l'entreprise dans le secteur de la FA rayonnent sur d'autres secteurs d'activité dans lesquels elle dispose d'une expertise approfondie, démontrant comment ces différents métiers peuvent se compléter d'une certaine manière, d'où le nouveau positionnement de l'entreprise sous le nom de **ONE Oerlikon**. Pour mieux comprendre son positionnement actuel au sein de l'industrie, explorer ce que l'avenir réserve au groupe et discuter de cette approche multiforme dans ce métier de l'innovation, j'ai eu à mes côtés la bonne personne : **Markus Tacke**, CEO d'Oerlikon Surface Solutions.

ONE Oerlikon

Avec +/- 11 000 employés dans trente-huit pays, Oerlikon connaît une croissance rapide. En dehors de l'industrie de la FA, l'entreprise est surtout connue pour sa division de revêtement de surface et pour la construction de systèmes et d'usines pour la production de fibres synthétiques. Toutefois, le nouveau changement de marque met en lumière l'ensemble de son portefeuille, qui se compose de 7 marques :

- Oerlikon Additive Manufacturing, sa division de FA qui fournit des poudres métalliques, du prototypage et de la production en série ;
- Oerlikon Metco qui fournit des matériaux et des solutions de surface ;
- Oerlikon Balzers connue pour ses technologies de surface ;
- Oerlikon Barmag pour le développement de systèmes de filage de fibres synthétiques et de machines à texturer ;
- Oerlikon Neugmag pour les usines de fils pour tapis et de fibres synthétiques discontinues BCF ;
- Oerlikon Nonwoven reconnue pour une gamme complète de solutions pour tous les processus importants de production de non-tissés ; et
- Oerlikon HRSflow qui développe des systèmes de canaux chauds pour l'industrie de transformation des polymères.

Lorsqu'on lui demande quelle est la marque qui gagne actuellement le plus de terrain, Tacke donne une réponse nuancée qui reflète la différence entre « **tendance sur le marché** » et « **forte croissance** ».

« Il s'avère qu'Oerlikon a un positionnement fort dans chacun des marchés

sur lesquels il opère. Nous constatons que les matériaux et les solutions de surface suscitent beaucoup d'intérêt alors que notre division de FA connaît la plus forte croissance. En ce qui concerne la FA, nous nous concentrons sur les processus et les applications de FA métal », commente Tacke. Et les explications du CEO sur leur activité de FA me font comprendre que la technologie est plus qu'une simple stratégie de fabrication, **c'est une stratégie d'entreprise**.

La stratégie d'entreprise au cœur d'Oerlikon

Pour un groupe tel qu'Oerlikon qui opère dans de multiples secteurs, la mise en œuvre de la FA nécessite une perspective et une stratégie globale, une compréhension claire des avantages qui pourraient en découler, ainsi que de la manière dont les différentes activités de l'entreprise devront s'adapter (ou pourraient s'entremêler). La FA est souvent décrite comme un outil parmi tant d'autres dans l'environnement de production, mais si on emprunte le regard d'un exécutif, on se rend compte qu'il s'agit d'une chaîne d'approvisionnement dans une boîte qui exige une réflexion originale sur la manière dont l'entreprise peut s'adapter pour tenir ses promesses.

Dans le cas d'Oerlikon par exemple, la FA n'a pas été intégrée entièrement à partir de zéro dans les activités du groupe. La **solide expertise de l'entreprise en matière de matériaux** a été le moteur de son positionnement dans l'industrie de la FA.

« Nous avons abordé la FA à partir de nos compétences en matière de matériaux. Nous avons une expérience clé dans le développement de poudres pour des applications et nous combinons cette expérience avec nos capacités de processus et les alignons avec les exigences du marché de la FA », explique

le CEO.

Ce n'est là qu'un des nombreux points de vue du regard de la direction sur la question. Un autre stratégie d'intégration consiste **à combiner sa profonde expertise en FA avec celle qu'elle possède dans d'autres domaines d'activité.**

« Si vous regardez les projets de FA, la plupart d'entre eux portent sur l'optimisation des processus. Chez Oerlikon, nous avons la chance de disposer de toutes les ressources en interne pour fabriquer les composants les plus exigeants. Notre expertise en matière de conception réside dans notre capacité à développer certains des matériaux les plus complexes, notre expertise en matière de FA englobe aujourd'hui tout ce que nous devons savoir pour faire fonctionner une imprimante 3D jusqu'à l'inspection visuelle, et améliorer l'efficacité et la qualité. Ajouté à cela nos connaissances approfondies en matière de revêtement de surface, nous repoussons les limites de la FA au-delà du processus de fabrication lui-même », ajoute-t-il.

En outre, pour se positionner durablement sur ce marché, il est crucial d'étendre ses capacités technologiques. Pour ce faire, **les entreprises peuvent soit acquérir d'autres activités, soit développer des produits.**

Oerlikon a fait les deux. Si ses débuts ont été marqués par des acquisitions, l'entreprise « développe aussi une certaine expertise ». « À l'avenir, nous allons continuer à faire les deux. D'un point de vue technologique, vous pouvez avoir une excellente technologie, mais si vous ne savez pas comment tirer parti de toutes ses capacités, vous ne serez jamais au top. C'est la raison pour laquelle nous investissons beaucoup dans nos activités de R&D », souligne Tacke.

Dans le cadre de leurs activités de R&D, l'équipe se concentre sur le développement de matériaux de FA plus adaptés – l'aluminium est un domaine d'intérêt clé car il permet de réaliser des pièces aérospatiales légères avec une grande efficacité – et sur l'optimisation de leurs propriétés avec les machines de FA qu'ils utilisent. Parmi les autres domaines d'intérêt figurent le contrôle visuel du processus d'impression (inspection visuelle in situ et optimisation du panneau de flux) ainsi que le développement d'autres processus pour en faire des applications viables.

Un rapide coup d'œil aux principales

étapes franchies par Oerlikon au cours des cinq dernières années montre comment cette stratégie a été mise en œuvre :

En 2020 par exemple, Oerlikon AM et Hirtenberger Engineered Surfaces ont uni leurs forces pour appliquer le [processus d'hirtisation à l'activité de prototypage](#), ce qui devrait améliorer la productivité en éliminant les étapes de finition supplémentaires. L'année dernière, l'entreprise a annoncé le développement [d'un nouvel alliage à haute entropie](#) qui pourrait remplacer les aciers inoxydables super duplex dans la production additive de composants structurels, tels que les roues de pompes centrifuges. Cette année, l'entreprise montre sa volonté de faire progresser les activités de R&D dans le secteur de la fabrication additive en cofondant le [TUM-Oerlikon Advanced Manufacturing Institute](#). Au cours des cinq prochaines années, jusqu'à trente thèses axées sur la recherche technique tout au long de la chaîne de valeur seront supervisées. Il s'agit notamment du développement de nouveaux matériaux sur mesure, d'études sur le processus d'impression et les interactions réciproques entre les processus et les matériaux, ainsi que sur l'ensemble de la procédure de fabrication additive.

Le mantra « échouer rapidement, échouer souvent »

On pourrait facilement penser que parce qu'Oerlikon a les ressources financières, donc les moyens de soutenir son objectif, l'entreprise évolue dans un « conte de fées » où tout fonctionne bien. Ce n'est pas (toujours) le cas.

Et pour cause : la plupart des fabricants de pièces détachées commencent leur aventure en FA avec des attentes erronées quant à l'endroit où le voyage pourrait mener, et des attentes étroites quant à l'endroit où les bénéfices pourraient être réalisés. Et je pense qu'Oerlikon ne fait pas exception. La vérité est que ce point de vue ne prend pas toujours en compte les différentes voies de transformation (par exemple, la conception, la production, les opérations, la comptabilité et l'image) que la FA pourrait affecter, ni toutes les applications possibles où des économies significatives peuvent être réalisées – oui, parce qu'en fin de compte, la FA,

en particulier la FA métal et les processus connexes restent des technologies coûteuses.

S'il ne s'est pas étendu sur leurs défis, Tacke a reconnu qu'ils ont connu les hauts et les bas que tout le monde connaît :

« Le monde de la FA a un esprit de start-up. Si nous reconnaissons la liberté de conception qui ouvre de nouvelles possibilités, je vois un élan différent dans cette industrie par rapport aux applications d'ingénierie classiques. La technologie peut être une nouvelle solution à de nombreux problèmes de fabrication, mais elle ne progresse pas à un rythme aussi rapide que d'autres domaines technologiques, comme l'informatique par exemple. Il y a plusieurs raisons à cela, l'une d'entre elles étant de trouver le moyen idéal de gérer cet environnement. Avec la FA, vous pouvez échouer rapidement, mais si vous avez trouvé votre voie, vous pouvez croître rapidement. »

En fin de compte, le succès de la bonne stratégie de FA dépend aussi de la mise en œuvre et de la compréhension des bons processus par l'ingénieur. Pour Tacke, cette partie du travail dépend fortement de l'éducation qui doit être dispensée pour permettre aux (futurs) ingénieurs de comprendre les capacités de la FA. Pour le reste, et parce que la FA reste une technologie relativement « nouvelle », il est crucial de pouvoir adapter son activité. Oerlikon a certainement beaucoup essayé, a échoué mais, surtout, a rebondi rapidement. Pour toute entreprise de fabrication, qu'il s'agisse d'Oerlikon ou d'une PME, ne pas s'adapter peut être fatal.

Cette double interview a été réalisée à l'approche d'AMTC, la conférence européenne de niveau C consacrée à la fabrication additive – et où EOS a joué un rôle influent.



EOS sur la question des coûts et sur l'intérêt d'intégrer la numérisation et l'automatisation dans un environnement de production par la FA.

Mettez deux vétérans de la fabrication additive ensemble, avec une expertise respective sur le marché commercial et économique actuel de l'industrie de la FA et le côté technologique, et vous pouvez vous attendre à une conversation sur les idées qui comptent dans le monde de la fabrication additive. Il y a quelques semaines, lors d'un café matinal, **Markus Glasser**, vice-président senior de la région EMEA chez EOS, et **Marius Lakomic**, chef d'équipe des solutions numériques de FA chez EOS, se sont assis avec moi pour discuter de la numérisation et de l'automatisation. On peut dire que je suis passée par toute une série d'émotions ce jour-là – et je vais vous dire pourquoi ci-dessous – mais j'ai fini par admettre que l'entreprise d'impression 3D industrielle **EOS** fait des miracles lorsqu'il s'agit d'intégrer la numérisation et l'automatisation dans les industries les plus exigeantes qui utilisent les technologies de FA.

Si vous m'aviez dit, il y a quatre ans, de m'asseoir avec Glasser et Lakomic pour discuter de la numérisation et de l'automatisation dans l'industrie de la FA, j'aurais refusé. Pour une simple raison : Je suis très prudente avec les « buzzwords » – s'ils ne sont pas bien utilisés, ils peuvent facilement devenir une arme de marketing solide que les entreprises utilisent pour promettre beaucoup et délivrer peu. Et si nous devions dresser une liste des « buzzwords » les plus répandus dans notre secteur, la numérisation et l'automatisation figureraient en tête de liste. Ainsi, si j'étais dubitative au début de cette conversation avec les représentants d'EOS, j'ai prêté une oreille attentive à l'état d'esprit, la stratégie, aux atouts technologiques de l'équipe et à la manière dont ils sont actuellement déployés pour atteindre leurs objectifs.

Par ailleurs, il est crucial de prendre en considération le marché actuel – qui est animé par de nombreux changements économiques, politiques et même sanitaires (en raison de la pandémie de Covid-19), et ces changements poussent les industries à reconnaître l'importance désormais vitale de la numérisation et des processus d'automatisation, afin de favoriser leur adoption pour le bien de leur entreprise.

« Nous ne pouvons pas aller de l'avant sans prendre en considération tous ces aspects », dit Glasser, en parlant des changements économiques, politiques et même sanitaires actuels. « Nous devons même désormais prendre en considération l'augmentation des coûts énergétiques à laquelle le marché doit faire face. Cela signifie que nous devons explorer de nouvelles façons de créer des marchés et des produits qui économisent l'énergie. La numérisation et l'automatisation jouent un rôle clé à cet égard. Prenons l'exemple de l'industrie automobile : alors que le monde a besoin d'une alternative fiable aux transports à base de carburant – ce à quoi les véhicules électriques pourraient très bien contribuer – les équipementiers automobiles sont confrontés à plusieurs défis concernant l'approvisionnement en composants, la chaîne d'approvisionnement et les problèmes de qualité – pour n'en citer que quelques-uns –, qui peuvent tous être résolus par la transformation numérique, la FA et l'automatisation. Les fabricants du secteur des biens de consommation, qui dépendent beaucoup des ressources provenant de Chine pour fabriquer leurs produits finaux, sont confrontés à des problèmes similaires. Une chose que nous avons apprise de la pandémie est qu'il y a une opportunité à explorer si nous nous concentrons sur le marché local et cela peut être fait en toute sécurité si la numérisation et l'automatisation aident à atténuer ces risques », ajoute-t-il.

Avant de compléter les déclarations de Glasser, les



Markus Glasser, vice-président senior de la région EMEA chez EOS

premiers mots de Lakomic ont laissé entendre qu'il avait compris ces sentiments suscités par les « buzzwords » : « Le problème avec les « buzzwords », c'est qu'ils ne permettent pas aux professionnels de se concentrer sur ce qui compte : la technologie qui permet une véritable transformation ; ils donnent l'impression que [les processus de fabrication peuvent être ajustés et améliorés en un clin d'œil]. Industrie 4.0, numérisation et fil numérique sont de véritables « buzzwords » mais qui nécessite du temps pour qu'on puisse voir la transformation. Il devrait s'agir de la technologie et de la façon dont elle permet la transformation. » Prenant l'exemple de la chaîne d'approvisionnement au sein de l'industrie automobile, Lakomic explique que les équipementiers automobiles ont commencé à reconsidérer leur stratégie de production de composants. En réalité, le nombre d'obstacles ne cesse d'augmenter : pénurie de matières premières, inflation des prix, sans parler des problèmes de fabrication qui auraient pu être évités, etc. créant un effet domino sur toute la chaîne de valeur.

L'industrie automobile n'est qu'un exemple parmi tant d'autres et la vérité est qu'il y a tellement d'éléments à prendre en compte que cela peut rapidement devenir accablant pour les entreprises qui tentent de trouver leur voie. Tout en tenant compte de l'environnement économique, social et politique actuel, ma conversation avec les représentants d'EOS met en évidence trois domaines d'intérêt pour le marché actuel de la FA :

- Où il est judicieux d'intégrer la numérisation et l'automatisation dès maintenant.
- La considération des coûts et
- Le domaine d'intérêt où il faut concentrer son attention.

Où il est judicieux d'intégrer la numérisation et l'automatisation dès maintenant

Le thème de la numérisation et de l'automatisation est si vaste qu'il pourrait remplir un magazine entier. En tant que presse professionnelle mondiale axée sur la FA, il était logique d'en parler à travers le prisme des industries verticales adoptant les technologies de FA.

« Nous devons explorer chaque élément susceptible d'affecter la fabrication dans le cadre de la chaîne d'approvisionnement. Pour ce faire, dans notre division de FA, nous appliquons de véritables jumeaux numériques qui peuvent tout simuler en amont », souligne Lakomic.

Alors que l'élan vers la numérisation prend de l'ampleur et que la valeur du fil numérique est chantée aux quatre coins de l'industrie, le jumeau numérique s'est positionné comme l'un des concepts technologiques avancés qui pourraient aider les fabricants à gagner en crédibilité et en viabilité dans la fabrication numérique. Dans un [récent dossier consacré à la technologie du jumeau numérique \(JN\)](#), 3D ADEPT Media a découvert que le JN pourrait être une solution potentielle pour surmonter de nombreux problèmes dans la fabrication additive, mais le manque de compréhension approfondie de ce concept, du cadre et des méthodes de développement constituent des facteurs clés qui ralentissent le développement et l'intégration de cette technologie dans les environnements de production de FA. Le concept du JN va au-delà de ce qui peut arriver à un produit physique, pour englober la prédiction de la production et des

performances dans des environnements spécifiques. Cela signifie que la compréhension du JN par les professionnels de l'industrie peut varier d'une situation à l'autre, car ils peuvent se référer au JN **d'un produit, d'une production ou d'une performance.**

Dans ce cas précis, le responsable de l'équipe Digital AM Solutions d'EOS a mis l'accent sur l'importance du JN dans un **environnement de production.**

Cela signifie que leur technologie peut créer une copie virtuelle d'un composant du monde réel dans le processus de fabrication en utilisant les entrées d'un composant du monde réel pour refléter l'état, la fonctionnalité et/ou l'interaction de la pièce réelle avec d'autres dispositifs.

« En appliquant le JN, nous pouvons identifier, prévoir et résoudre les problèmes en amont. Nous pouvons savoir exactement la quantité de pièces qu'une production pourrait exiger, le nombre de machines nécessaires à leur production – si nous utilisons des machines de taille moyenne ou grande –, s'il y aura des goulots d'étranglement, où ces goulots d'étranglement se situeront s'ils se produisent, le nombre d'équipes nécessaires et même le nombre d'opérateurs qui seront



Marius Lakomic – chef d'équipe des solutions numériques de FA chez EOS

nécessaires pendant la production », explique le chef d'équipe Digital AM Solutions.

Si vous êtes comme moi, et qu'avant de regarder un film, vous regardez la bande-annonce et lisez le synopsis (et tout ce qu'il y a entre les deux) pour avoir la certitude que vous ne serez pas déçu parce que le film aura une fin heureuse, alors la technologie de JN est faite pour vous. Vous ne serez pas déçu à la fin de la production parce que vous aurez évalué la dynamique de la chaîne d'approvisionnement, identifié les problèmes avant qu'ils ne surviennent et anticipé la réussite du processus.

En parlant des industries verticales qui bénéficieront le plus du JN, le vice-président senior de la région EMEA mentionne « l'aérospatiale, l'énergie et les industries médicales si nous nous en tenons aux applications d'impression 3D métal.

» « Globalement, nous pouvons faire en sorte que le client bénéficie de l'ensemble de la chaîne de valeur. Nous travaillons actuellement avec différents partenaires tels que Siemens Energy pour optimiser un large éventail de solutions. Notre objectif à long terme est de permettre l'adoption de notre technologie de JN sur l'ensemble de la chaîne de valeur, du produit à la production et à la performance », ajoute-t-il.

En attendant, l'équipe se concentre sur les problèmes immédiats à résoudre et travaille main dans la main avec des partenaires qui apportent des compétences techniques différentes. En travaillant sur des projets spécifiques (comme le projet du « climatiseur » mentionné dans les lignes ci-dessous), l'équipe EOS peut développer des processus optimisés pour les applications finales. Cela dit, Glasser note que l'industrie verticale qui bénéficiera certainement le plus de la technologie du JN est **l'industrie aérospatiale.** Selon lui, c'est « une industrie qui tire actuellement parti de la FA pour la production en série. Avec les entreprises aérospatiales, la discussion ne porte plus sur l'adoption ou non du JN, mais sur la gestion du changement – (un sujet que nous avons abordé avec Markus Tacke, CEO d'Oerlikon – page 13). « Il s'agit de certifier l'ensemble du processus pour obtenir une production finale viable. »

Jusqu'à présent, en théorie, la technologie du JN est une technologie prometteuse qui peut changer radicalement toute activité de fabrication. En pratique, nous savons que toute solution avancée a un prix que toutes les entreprises ne peuvent pas toujours se permettre de dépenser et c'est une réalité que les fournisseurs de technologies de pointe ne doivent pas négliger.

La prise en compte des coûts

Dans l'industrie actuelle, les grands équipementiers et les grandes entreprises font régulièrement la une des journaux avec des annonces liées aux inaugurations et aux créations de centres technologiques du type « usine du futur ». Ces derniers présentent des solutions de fabrication numérique et d'automatisation, et nécessitent de gros investissements pour déployer les changements dans la production. Les acteurs plus petits ont une histoire différente. Pour eux, les changements de processus et de technologie sont motivés par un retour sur investissement plus concret et à plus court terme, ce qui signifie qu'ils ne peuvent pas toujours disposer des



Support d'antenne pour satellite (source : EOS)

ressources nécessaires pour intégrer des solutions de fabrication numérique, mais qu'ils devraient également être en mesure de tirer parti de ces technologies.

« Et elles le peuvent », s'enthousiasme Glasser. « Nous avons un processus de fabrication sous contrat avec des fabricants certifiés qui permet aux PME de bénéficier de solutions de fabrication numérique avancées. Nous travaillons actuellement avec Oerlikon dans ce domaine. Et il est possible de faire beaucoup plus : nous pouvons aussi remodeler un peu notre portefeuille et réduire le CAPEX pour les petites entités et nous travaillons à intégrer des centres d'innovation où les PME pourraient en apprendre davantage sur les solutions technologiques qu'elles pourraient exploiter dans leur activité ».

« Nous avons également vu des PME s'impliquer directement dans des projets financés par l'UE ou les régions. Ces projets fournissent aux entreprises des normes et des réglementations qu'elles peuvent utiliser dans leur activité. Le [projet POLYLINE](#) en est un bon exemple puisqu'il rassemble des experts de la science, de la recherche et de l'industrie autour du développement de solutions d'automatisation pour l'utilisation de la FA dans l'industrie automobile. D'autres solutions pour les PME pourraient consister à explorer les plateformes créées par les sociétés de logiciels qui visent à permettre la production (locale) dans plusieurs pays », commente Lakomic.

Le domaine d'intérêt où il faut concentrer son attention.

Avec tout ce qui a été dit dans les lignes qui précèdent, avec la pression croissante des coûts d'une part et le principal défi de la FA qui est d'assurer la répétabilité, d'autre part, les domaines d'intérêt actuels varient d'une entreprise à l'autre.

Lakomic souligne que l'assurance qualité, la numérisation et l'automatisation sont des sujets qui seront toujours discutés à de multiples niveaux et à des degrés différents, mais la conversation sur les coûts et la capacité à sécuriser et à contrôler la chaîne de valeur sont des éléments qui affecteront les processus de prise de décision et qui devraient donc être la prochaine priorité.

Pour Glasser, en revanche, le prochain domaine d'intérêt devrait être les applications. Comme de nombreux initiés du secteur, Glasser pense que le fait de travailler sur les bonnes applications permet de faire progresser et d'optimiser les processus de fabrication. L'un des récents partenariats montre qu'EOS est en train de joindre le geste à la parole. En effet, avec Hyperganic, ils vont construire un [climatiseur résidentiel](#) qui consomme 10 fois moins d'énergie grâce à la FA.

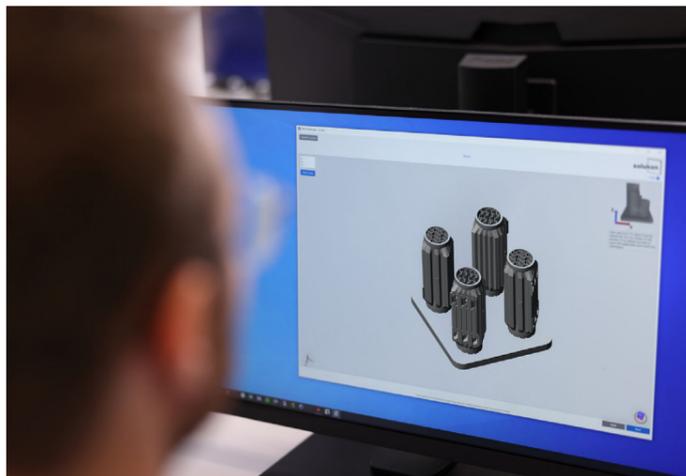
Pour l'avenir, je comprends leurs différentes visions : avoir un contrôle total des coûts, de l'assurance qualité et de la chaîne de valeur, c'est en quelque sorte avoir la certitude que votre application sera viable et respectera les normes industrielles, mais permettre aux applications de fonctionner grâce à ce processus est l'exemple tangible qui démontre qu'ils fonctionnent parfaitement ensemble. C'est un cercle vertueux.



LE LOGICIEL SPR-PATHFINDER® DE SOLUKON FAIT PASSER LE DÉPOUDRAGE DES PIÈCES IMPRIMÉES EN 3D AU NIVEAU SUPÉRIEUR

Le développement et l'amélioration des solutions d'enlèvement de poudre (communément appelé « dépoudrage ») ne reposent pas uniquement sur les machines. Un élément clé de leur fonctionnalité et de leur capacité à réaliser un travail automatisé et reproductible repose sur les capacités logicielles qu'ils exploitent. C'est en tout cas une chose que nous avons apprise avec le constructeur de machines [Solukon](#).

Au début – en 2018 –, nous ne parlions que des machines de dépoudrage de l'entreprise avec la solution logicielle intelligente développée en [collaboration avec Siemens](#) comme capacité clé. Depuis lors, le SFM-AT800-S a été la toute première et seule machine à bénéficier de cette solution.



Nommé **SIDAM**, le logiciel a été conçu par le **Dr Christoph Kiener**, principal expert clé en conception fonctionnelle pour la fabrication chez [Siemens Technology](#). « La poudre excitée par les vibrations se comporte presque comme un fluide lorsqu'elle s'écoule. C'est ainsi que nous avons rapidement réalisé que nous pouvions trouver le succès en utilisant l'identification de chemin ainsi que la simulation de particules et de flux dans le logiciel », explique Kiener.

Ce que nous ne savions pas, c'est que le prototype du logiciel n'était mis à la disposition que d'un nombre restreint de partenaires de développement de Siemens et de Solukon. Aujourd'hui, Solukon en est le **licencié exclusif**. Il l'a développé en un produit adapté à ses solutions et le propose désormais sur le marché de la FA sous le nouveau nom, **SPR-Pathfinder®**, permettant à ses clients d'acheter des licences pour la première fois.

« C'est une étape logique pour nous d'accorder une licence exclusive au logiciel de dépoudrage de Solukon, permettant ainsi au pionnier du dépoudrage industriel d'offrir au marché un produit encore plus efficace », déclare le **Dr Georg Bodammer**, Senior Venture Director chez Siemens Technology Accelerator. « De cette façon, les clients peuvent tout obtenir d'une seule source : le système de dépoudrage leader du marché et le logiciel exclusif et intelligent. »

Un timing parfait et un nom significatif

Le moment est parfait pour l'équipe de Solukon alors que l'entreprise s'est lancée dans un voyage pour améliorer ses solutions numériques. Pour rappel, l'année dernière a vu le développement [d'outils numériques sur l'Assurance Qualité](#), en intégrant l'automatisation et de nouvelles solutions IoT pour le dépoudrage.

Cette année, l'entreprise va encore plus loin puisque le logiciel SPR-Pathfinder® rend pour la première fois le jumeau numérique d'une pièce utilisable en post-traitement. J'adore les capacités des technologies de jumeau numérique. Nous y avons d'ailleurs consacré un dossier.

« Contrairement aux procédés de fabrication conventionnels, l'impression 3D utilise le jumeau numérique de la pièce. À ce jour, cependant, cela n'a été utilisé que lors de l'impression elle-même. Avec le logiciel **SPR-Pathfinder®**, le jumeau numérique de la pièce peut désormais également être utilisé lors du dépoudrage. C'est ainsi que nous nous assurons que le potentiel du jumeau numérique peut également être utilisé au maximum dans le post-traitement », **Andreas Hartmann**, CEO/CTO de Solukon souligne.

Je suis consciente des défis liés à la mise en œuvre d'un jumeau numérique dans les environnements de fabrication (additive), donc voir une telle solution avancée sonne comme de la bonne musique à mes oreilles.



Ce qui est encore plus intéressant, c'est que, dans ce cas précis, le nom SPR-Pathfinder® n'a pas été donné au hasard. Solukon s'est délibérément inspiré de la technologie de dépoudrage établie **Smart Powder Recupération**, également connue sous le nom de SPR®. Cette dernière implique généralement une rotation automatisée sur deux axes ainsi qu'une vibration réglable dans une atmosphère à sécurité contrôlée. Le SPR-Pathfinder® basé sur un algorithme calcule la séquence de mouvement idéale pour les géométries les plus complexes, trouvant le meilleur chemin pour permettre à la poudre de s'écouler complètement, lit-on dans un communiqué de presse.

Cependant, un nouveau nom ne signifie pas nécessairement une nouvelle procédure. En fait, les principales étapes pour tirer parti de la solution de dépoussiérage intelligent restent les mêmes : télécharger le fichier sur SPR-Pathfinder® – définir les paramètres de calcul – spécifier l'emplacement de stockage du fichier – démarrer le calcul – transférer le programme de nettoyage vers le Solukon système.

Le fonctionnement du processus

Pour éliminer l'excès de poudre des structures internes complexes, le logiciel SPR-Pathfinder® utilise le fichier CAO du travail de construction pour calculer la séquence de mouvement idéale dans le système Solukon. Les calculs SPR-Pathfinder® sont basés sur une simulation de flux qui analyse le jumeau numérique de la pièce. La séquence de mouvement calculée individuellement est ensuite lue par le système Solukon, qui exécute à son tour les trajectoires programmées. Cela garantit que même les pièces les plus complexes sont nettoyées, en un temps record et sans aucun effort de programmation humaine, explique l'entreprise.



Andreas Hartmann, CEO/CTO of Solukon



La solution logicielle est compatible avec les machines pour les défis de dépoudrage les plus élevés et les plus lourds, le SFM-AT800-S et le SFM-AT1000-S – commençant déjà par le numéro de série 1 de ces modèles. Il « est très important pour nous que la clientèle la plus large possible puisse bénéficier de notre logiciel dès son lancement sur le marché », déclare Hartmann. À long terme, la société prévoit **d'étendre la compatibilité logicielle avec d'autres modèles tels que le SFM-AT350**.

Autre chose importante à garder à l'esprit : le logiciel SPR-Pathfinder® fonctionne comme un logiciel sur site, ce qui signifie que les utilisateurs ne peuvent l'exploiter que sur les propres appareils de l'entreprise (PC ou ordinateur portable), et non dans le cloud. Chaque licence est liée à un appareil et est toujours valable pour la version actuelle au moment de l'achat.

Les visiteurs de Formnext 2022 auront l'occasion de découvrir comment le logiciel SPR-Pathfinder® dépoussière même les géométries les plus complexes dans un SFM-AT800-S, sur le stand de Solukon dans le **Hall 12.0, B21**. En plus du logiciel, les quatre systèmes métalliques seront également exposés. Nous sommes certains que les pièces impressionnantes des systèmes de dépoudrage attireront à nouveau beaucoup d'attention. Pour la première fois, Solukon abordera également sur son stand le déballage et le dépoudrage de pièces polymères. Des schémas et des vidéos expliqueront la conception du SFP770, annonce la société.

Au cas où vous manqueriez Formnext, sachez que les clients de Solukon peuvent également tester SPR-Pathfinder® gratuitement et sans engagement. Pour ce faire, ils devront s'inscrire pour une version d'essai de 30 jours sur [le site Web de Solukon](#).

Comment post-traiter des pièces imprimées en 3D en résine ?

Comme dans presque tous les processus de fabrication additive, le post-traitement est une étape essentielle qui doit être réalisée pour obtenir la pièce finale imprimée en 3D avec les propriétés souhaitées dans les technologies d'impression 3D résine. Qu'il s'agisse d'impression 3D par stéréolithographie (SLA), par traitement numérique de la lumière (DLP) ou par LCD, il est parfois nécessaire d'utiliser les bons outils de post-traitement pour obtenir la pièce finale afin de dissiper l'idée fautive selon laquelle l'impression 3D résine est uniquement destinée à la production de prototypes, alors que l'impression 3D par FDM convient mieux aux pièces de production.

L'article ci-dessous a pour but d'examiner les différentes méthodes/outils qui peuvent être utilisés pour obtenir une pièce imprimée en 3D résine avec une excellente finition. Il fait partie de deux séries de réflexions : une série qui a pour ambition de fournir une [compréhension approfondie de chaque tâche de post-traitement](#), et une autre qui a pour ambition de [comprendre les secrets de l'impression 3D résine](#). Cette dernière série nous a déjà fait approfondir les différentes considérations à prendre en compte pour choisir une imprimante 3D résine, ainsi que les différentes [formes de toxicité et les solutions](#) explorées pour la réduire dans de tels procédés. En bref, autant d'informations cruciales à connaître avant d'utiliser une technologie d'impression 3D résine.

Cela dit, il convient de noter que les technologies d'impression 3D résine peuvent produire des impressions avec des détails fins et de très petites caractéristiques (aussi petites que 0,3 mm). La mauvaise presse dont ces technologies font souvent l'objet est que la plupart des impressions doivent être orientées en biais, ce qui nécessite de fixer des structures de support au modèle. Ces supports finissent par laisser des marques sur la surface et créent des surfaces inégales, d'où la nécessité absolue d'au moins une étape de post-traitement.

Nous avons déjà identifié **trois étapes de post-traitement couramment utilisées** qui peuvent être exploitées dans un flux de travail d'impression 3D de résine. D'autres étapes de post-traitement peuvent être réalisées en fonction de l'objectif de fabrication



à atteindre.

« Le processus peut être décourageant pour toute organisation, simplement en raison du nombre d'étapes nécessaires pour terminer une pièce. Il comprend de multiples étapes qui sont traditionnellement effectuées manuellement par un technicien et qui nécessitent à la fois du temps et des compétences. Cela peut devenir encore plus difficile lorsque les entreprises transforment leur processus en production complète. Effectuer toutes ces étapes manuellement peut convenir pour quelques imprimantes de bureau, mais avec plusieurs imprimantes grand format ou une ferme de dizaines de machines de plus petit format, le travail manuel et la gestion de l'excédent de résine peuvent rapidement devenir problématiques. De nombreuses étapes de post-traitement doivent être réalisées dans un flux de résine, notamment le retrait des pièces de la plateforme, l'élimination de la résine non polymérisée, traditionnellement avec des solvants caustiques dans des réservoirs, et le retrait manuel des structures de support. Des étapes supplémentaires peuvent inclure le durcissement UV et/ou thermique », a déclaré un expert de PostProcess technologies à 3D ADEPT Media.

Avant d'aborder la toute première étape du post-processus, rappelons que le post-traitement doit être réalisé avec les précautions de sécurité requises : gants (en nitrile ou en néoprène), lunettes, vêtements en

papier pour récupérer les éventuelles gouttes. Jusqu'à la dernière étape du post-traitement (durcissement dans une boîte/chambre de séchage UV), la résine reste très sensible à la lumière UV, il est donc recommandé d'éviter de l'exposer à la lumière UV avant le post-traitement ; de cette façon, elle ne se polymérise pas.

1- Nettoyage de la pièce imprimée en 3D

Une fois le processus d'impression terminé, le composant (appelé pièce verte) doit être retiré de la plaque de construction. L'opérateur (déjà protégé par des gants) peut le faire en utilisant une lame ou un outil tranchant. Il est recommandé de ne pas utiliser d'eau ou de nettoyant quelconque pour retirer la résine de la plateforme de construction. Toutefois, il est possible d'appliquer de **l'alcool isopropylique (IPA), de l'éther monométhyle de tripropylène glycol (TPM), de l'éther monométhyle de dipropylène glycol (DPM** - idéal pour les applications industrielles -) ou du (bio)éthanol sur la serviette en papier qu'il utilisera pour nettoyer la plaque de construction.



Image via PostProcess Technologies

Même si toutes ces solutions peuvent être utilisées pour laver les pièces imprimées en 3D, on note une légère préférence pour l'IPA lorsqu'il s'agit de laver les impressions SLA. Cette étape doit être effectuée avant de retirer les structures de support. La pièce imprimée en 3D doit être déplacée dans le solvant ainsi que trempée pour un nettoyage optimal. En fonction de la complexité de la pièce (si elle comporte ou non des canaux étroits), ou de la résine utilisée lors de la fabrication, l'opérateur peut avoir besoin d'utiliser une seringue pour nettoyer la résine interne et empêcher la résine de durcir et de bloquer les canaux.

Si vous avez affaire à de grands lots de production ou si vous devez effectuer cette étape régulièrement, vous pouvez envisager des stations de lavage ou un bain à ultrasons. Les stations de lavage peuvent constituer une option supplémentaire dans le pack de votre imprimante 3D et parfois, elles peuvent être conçues à la

fois pour le lavage et le durcissement. Un bain à ultrasons est utilisé dans les environnements professionnels. Une fois que le bain est rempli de l'un des fluides susmentionnés, l'impression 3D doit reposer pendant quelques minutes afin que la fine couche de résine non polymérisée collée puisse être éliminée.

Dans de tels cas, l'automatisation complète de l'opération d'impression 3D résine intégrale mériterait d'être explorée. « Notre solution d'élimination de la résine automatise l'étape d'élimination de l'excès de résine dans le flux de travail de la résine. Une fois que la plaque de construction est retirée de l'imprimante, la plaque entière (pour la plupart des imprimantes) peut être placée directement dans une solution PostProcess de la série DEMI, où les pièces et la plaque sont nettoyées de la résine non polymérisée. Nos solutions sont automatisées grâce à la combinaison d'un logiciel propriétaire,

d'un matériel avancé et d'une chimie durable », explique PostProcess Technologies en parlant de sa solution. En raison des limites de saturation de leur détergent propriétaire par rapport à celles de l'IPA, la solution de l'entreprise crée moins de déchets pendant le processus d'élimination de la résine par rapport aux solvants traditionnels. « C'est également une option plus sûre que les solvants traditionnels, car son point d'éclair est nettement supérieur à celui de l'IPA. Il est prouvé que le système complet PostProcess, composé de logiciels, de matériel et de produits chimiques, réduit les étapes de post-traitement de 50 % ou plus. Le processus propriétaire élimine de manière fiable les matériaux résineux des pièces imprimées en 3D, même les plus complexes ou délicates, tout en augmentant la productivité et en réduisant la durée du cycle, en nettoyant régulièrement des plateaux complets en moins de 10 minutes », déclare PostProcess Technologies.

2- Enlever les structures de support



Cette étape peut être réalisée avant ou après le durcissement. En général, il est recommandé de retirer les structures avant le durcissement car le processus est plus facile. Les opérateurs qui les enlèvent après le durcissement prennent le risque d'endommager la pièce ou d'enlever de petits morceaux de matériau.

Dans tous les cas, l'étape de nettoyage doit avoir laissé très peu ou pas d'adhésif sur la surface. L'opérateur aura donc besoin d'un coupeur de modèle ou d'affleurer pour enlever les supports - s'il ne veut pas le faire à la main.

3- Durcissement ou post-durcissement de la pièce imprimée en 3D (selon l'imprimante 3D utilisée)

La résine d'imprimante 3D laissée sur la surface de votre impression peut être nocive et recouvrir les détails les plus fins de la pièce en formant une épaisse couche de résine non polymérisée ; sans compter que, parfois, la résine d'imprimante 3D ne polymérise pas correctement certaines zones de l'impression - laissant la pièce incapable d'être utilisée pour l'application finale. Une station de polymérisation UV entre en jeu pour polymériser le modèle et le rendre prêt pour l'application finale.

En termes plus techniques, on constate que la réaction de polymérisation n'est pas nécessairement achevée après le processus d'impression. Cela signifie que les pièces ne

peuvent pas présenter les propriétés finales du matériau si elles sont exposées à la lumière et à la chaleur. Ce processus est appelé **post-polymérisation** et permet de solidifier les propriétés du matériau.

Les pièces imprimées en 3D par SLA, DLP ou LCD peuvent nécessiter un séchage dans une boîte/chambre de séchage UV à haute puissance pendant 15 minutes à 65 degrés Celsius. La longueur d'onde préférée de l'unité de polymérisation doit être comprise entre 300 et 420 nanomètres (nm).

Cette étape peut également s'avérer très utile pour les pièces présentant une large gamme d'épaisseurs et de porte-à-faux non soutenus qui souffrent de déformation due à une déformation irréversible pendant le durcissement thermique. Comme on le voit dans le procédé d'impression 3D Carbon Digital Light Synthesis™ (Carbon DLSTM™), cette imprécision « induite par la cuisson » provient généralement d'un rétrécissement différentiel entre les parois les plus fines et les plus épaisses des pièces, et du ramollissement des pièces à des températures élevées. La post-polymérisation UV peut potentiellement résoudre ces problèmes en réduisant la perte de masse pendant la cuisson et en augmentant la résistance.

« Il existe différents flux de travail pour différentes résines. Cela peut nécessiter un flux de travail très spécifique pour créer le produit final souhaité. Par exemple, la plupart des impressions nécessiteront une étape de cuisson aux UV, mais l'exposition aux UV peut varier entre chaque résine pour obtenir les propriétés mécaniques annoncées par le fabricant de la résine. L'élimination de l'excès de résine des pièces se fait à l'aide de solvants, mais nous ne pouvons pas utiliser un seul solvant pour chaque résine. Des propriétés de résine différentes peuvent nécessiter des solvants différents », nous avertit PostProcess Technologies.

Certains fabricants d'imprimantes 3D en résine ont tendance à commercialiser ces machines de post-traitement en même temps que leurs imprimantes 3D résine pour offrir à l'utilisateur une configuration d'impression 3D résine de bout en bout. D'autres s'associent à des experts en post-traitement pour fournir une configuration d'impression 3D complète à leurs clients. Un partenariat similaire a été observé

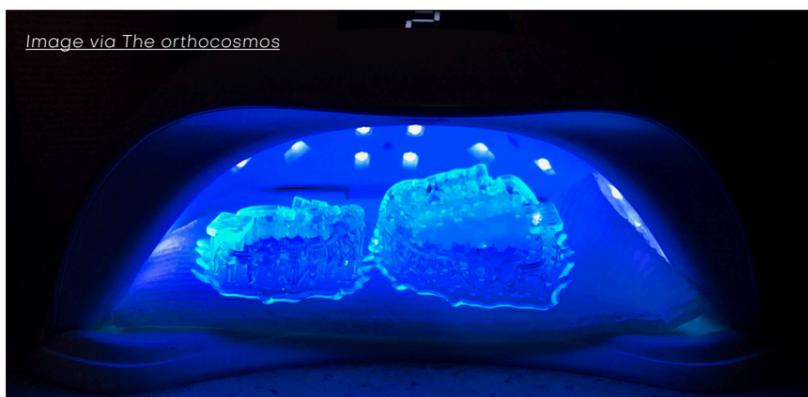


Image via The orthocosmos

avec [Carbon and Post-process Technologies](#) pour les solutions d'élimination de la résine. Ceux qui n'ont pas les moyens de payer une station de séchage peuvent utiliser une lampe à vernis à ongles et laisser le modèle reposer toute la nuit ou construire leur propre chambre de séchage. Si vous avez un lot limité de pièces et si vous n'êtes pas limité par des délais de production stricts, **une option respectueuse de l'environnement serait d'utiliser l'énergie solaire.**

Autres solutions de post-traitement pour les pièces imprimées en 3D en résine

En général, ces trois étapes principales constituent les principales qui peuvent être explorées pour fournir des pièces imprimées en 3D résine avec les propriétés souhaitées. D'autres solutions peuvent être explorées en fonction des exigences de fabrication spécifiques – pour livrer des finitions détaillées, des surfaces plus lisses et des pièces colorées. Elles comprennent par exemple le sablage, le meulage, la peinture, le revêtement ou l'électroplacage.

THE ANSWER TO CERAMIC DIGITAL MASS PRODUCTION

FORMNEXT BOOTH D39 HALL 11.1

AEROSPACE **MEDICAL** **INDUSTRIAL**

LITHOZ
We are ceramic 3D printing.

Number of Particles: 5545

formnext
Frankfurt, Germany,
15 – 18 November 2022
Booth **12.0 B21**

solukon

World premiere of a product for DIGITAL DEPOWDERING **NEW**

For SFM-AT800-S and SFM-AT1000-S

solukon.de

Infinity meets reality.

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

www.evonik.com/infinam

INFINAM®

Talk to us at the Formnext, booth C59, hall 12.1

LOGICIELS

« LA TECHNOLOGIE BLOCKCHAIN VIENT DE SURMONTER SON BATTAGE MÉDIATIQUE ». LE VOYAGE DOIT MAINTENANT FAIRE CONVERGER LA FA ET LE DÉVELOPPEMENT DURABLE.

Il y a tout juste quatorze ans, la blockchain est apparue sur la scène du marché financier comme la puissance derrière les cryptomonnaies. Au fil du temps, la technologie a trouvé sa place dans les chaînes d'approvisionnement, mais elle était limitée à des projets pilotes jusqu'à ce que la fabrication distribuée entre en jeu. Alors que des applications sont continuellement explorées pour faire progresser cette technologie, une chose est devenue certaine : faire converger blockchain et fabrication additive est un excellent moyen de permettre à la fabrication distribuée de prospérer, mais la transition vers une économie circulaire peut rendre la mise à l'échelle de cette voie difficile. L'article ci-dessous vise à contribuer à la littérature sur l'industrie 4.0 en examinant l'impact que la blockchain peut avoir sur la fabrication additive dans une optique d'économie circulaire.

Pour parler simplement, la blockchain est un protocole permettant de partager et de mettre à jour des informations en reliant des bases de données dans un réseau décentralisé, de pair à pair et à accès libre. Cette technologie de registres distribués (en anglais Distributed Ledger Technology = DLT), qui est apparue pour la première fois comme un moyen de

faciliter les cryptomonnaies, peut conduire à un mariage puissant lorsqu'elle est combinée à d'autres technologies. Au départ, l'idée de garder la fabrication centralisée a été basée sur la volonté de réduire les coûts et de garder le contrôle, mais gardez-vous vraiment le contrôle lorsque les chaînes d'approvisionnement sont continuellement étirées au point que la confiance est

dégradée ?

Prenons l'exemple d'un avion militaire : d'une part, les militaires sur le terrain sont frustrés par les retards et les obstacles de la chaîne d'approvisionnement aérospatiale conventionnelle, d'autre part, les fournisseurs passent parfois beaucoup trop de temps à obtenir les **fichiers de pièces à droits numériques gérés** (en anglais digital rights-managed =

DRM) d'une pièce cruciale - sans parler du temps de fabrication. Cela implique que sans les fichiers de pièces à droits numériques gérés (DRM), il existe un risque que le fichier soit corrompu ou altéré dès le départ, que les concepteurs ne sachent tout simplement pas combien de fois un dessin peut être imprimé une fois vendu, ou même que la propriété intellectuelle puisse être volée. Cet objectif initial de réduction des coûts peut donc être avorté ou entraîner des coûts supplémentaires si les mauvais fichiers sont achetés.

Avec tous ces problèmes qui surgissent, les fabricants de pièces, les équipementiers et les parties prenantes

des industries verticales ont commencé à explorer l'utilisation de la blockchain comme solution miracle. Il est intéressant de noter que l'utilisation de la FA nécessite d'explorer cette solution à plusieurs niveaux. C'est ce qu'explique **Johannes Schweifer**, CEO et cofondateur de la société d'infrastructure blockchain **CoreLedger** à 3D ADEPT Media :

« La fabrication additive est une solution idéale pour le prototypage rapide, la production de pièces détachées, et pour réduire les coûts de transport grâce à une fabrication décentralisée. **Le problème central est la prévention des copies illégales**, car une fois que vous avez obtenu le fichier d'impression, vous pouvez faire autant de copies que vous le souhaitez. C'est là que la technologie blockchain peut offrir une solution, et la plupart des cas d'utilisation de la technologie dans l'industrie sont donc basés sur la prévention des copies illégales. Cet objectif peut être atteint de plusieurs manières. La première est la **transparence**. Les numéros de série peuvent être créés sur blockchain et intégrés dans le modèle 3D. Les numéros de série sur blockchain sont uniques par conception, de sorte que toute réutilisation peut être exclue. Si cette mesure n'est pas suffisante, elle peut être complétée par un **système de «suivi et de traçabilité»** sur blockchain pour suivre le parcours de chaque pièce imprimée.

Un autre cas d'utilisation implique **la modification du matériel ou du logiciel de l'imprimante (idéalement les deux)**, de sorte qu'elle exige un «jeton» du fichier de conception pour chaque impression.

La technologie Blockchain entre également en jeu **lorsque le fichier d'impression réel est stocké sur un système de fichiers décentralisé** tel que IPFS, et que les droits d'accès sont administrés par des contrats intelligents. Il peut s'agir d'un jeton ou simplement d'une gestion des droits numériques basée sur des

preuves cryptographiques.

Outre la prévention des copies illégales, **la blockchain peut contribuer à garantir la qualité d'un produit**. La transparence permet également d'atteindre cet objectif. L'obtention d'une empreinte cryptographique des données, appelée «hachage de fichier», est essentielle pour garantir qu'un fichier n'a pas été altéré. Lorsque vous imprimez un modèle, vous voulez vous assurer que personne ne l'a modifié, par exemple en réduisant ou en augmentant l'épaisseur des parois ou les structures de support, ou en changeant les étiquettes, les logos ou d'autres éléments. Cette sécurité est essentielle, surtout dans le domaine de l'impression 3D pour les applications biotechnologiques et médicales. La blockchain est la base de données inviolable par excellence, car elle ne permet pas de modifier les données à rebours. Ce sont les cas d'utilisation les plus pertinents à ce jour, avec un avantage économique évident. ». Si l'accent est actuellement mis sur l'utilisation de la blockchain dans un environnement de production de FA, la plateforme blockchain de CoreLedger peut être utilisée dans diverses industries.

Le **système d'exploitation de l'économie des jetons (TEOS = Token Economy Operating System)** de l'entreprise fournit toutes les fonctionnalités pour construire des cas d'utilisation viables de bout en bout, en commençant par la documentation sur la blockchain, la tokenisation et la comptabilité, jusqu'à la gouvernance et le commerce. L'une des réalisations les plus significatives de l'entreprise dans ce domaine est son partenariat avec la société suisse **AMBITORIO AG** avec laquelle elle développe une solution pour utiliser la blockchain afin de tokeniser les fichiers de modèles d'impression 3D et ainsi limiter le nombre de copies qui peuvent être faites.

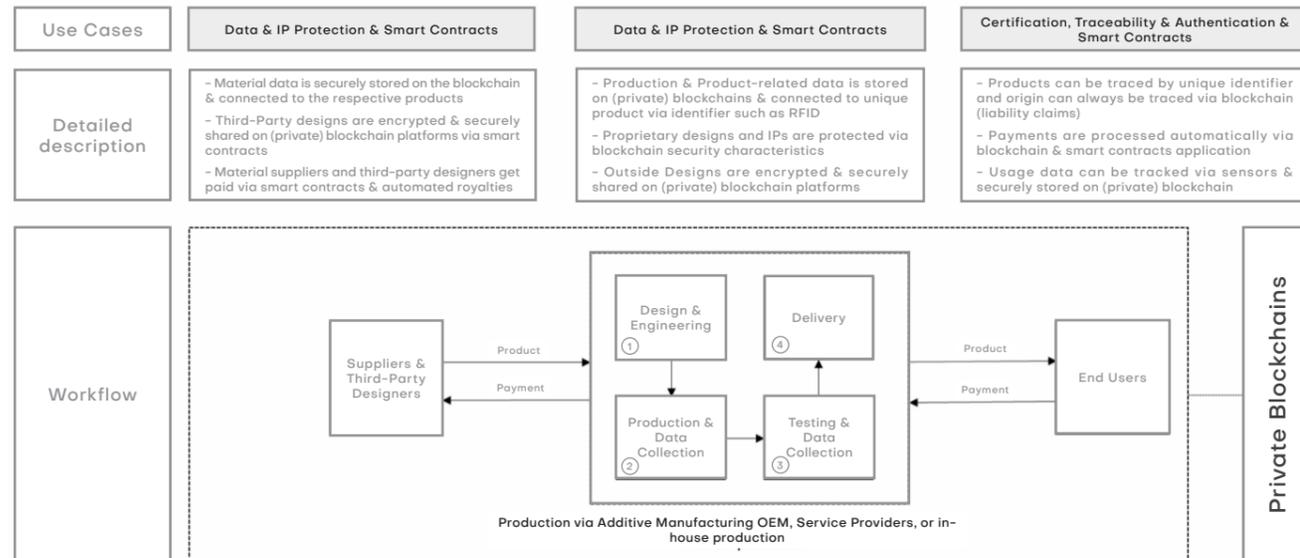


Figure disponible en anglais : Cadre de la fabrication additive basée sur la blockchain | Source : Trouton, Vitale, Killmeyer (2016), Blechschmidt, Stöcker (2016), et illustration personnelle.
Graphique disponible en anglais uniquement.

En outre, la combinaison des défis soulevés par chacun de ces cas d'utilisation entrave également l'évolutivité de la technologie dans un environnement de FA – sans parler de leurs implications en termes de coûts. Schweifer met l'accent sur certains des défis et des solutions sur cette voie :

« Tout d'abord, il y a l'**obstacle technique**. Une protection efficace contre la copie nécessite une modification matérielle et logicielle. Le modèle lui-même n'est que des bits et des octets, et il existe de nombreuses façons de le voler sans aucune autorisation de la blockchain. Le cryptage de bout en bout joue ici un rôle important. **Le deuxième obstacle est la transparence**. Tous les secteurs ne sont pas prêts à une ouverture totale lorsqu'il s'agit de fournir des informations sur la localisation des produits imprimés. La géolocalisation, l'identité d'une personne et même le nom d'une entreprise peuvent être sensibles. Cela est particulièrement vrai dans les applications médicales et biotechnologiques. La cryptographie peut être utilisée pour obscurcir les données, mais cela réduirait la transparence. La **blockchain sous-jacente** constitue également un défi. De nombreuses solutions proposées sont basées sur la technologie Ethereum, mais elles ont été écrites lorsque les transactions sur la blockchain Ethereum étaient bon marché ».

[Ethereum est un vaste écosystème de blockchain].

« Lorsque la limite d'essence est devenue un problème, les transactions sont devenues assez chères. Il ne serait pas économique de payer 30 ou 40 USD juste pour créer un numéro de série sur Ethereum. En dehors d'Ethereum, il existe de nombreux autres choix, mais c'est exactement le problème. Comment éviter de se heurter au même problème de coût (...) Et quelle blockchain choisir ? En l'absence d'une norme industrielle, il n'y a pas non plus de « blockchain de choix » facile, et ce avant d'en arriver à la question de savoir s'il doit s'agir d'une chaîne publique ou privée. Ces questions doivent être traitées au cas par cas et par entreprise, en fonction de leurs besoins spécifiques. Ensuite, il y a des obstacles pratiques. Si nous supposons que le nombre de copies est limité par le nombre de jetons, alors chaque jeton représente le droit d'imprimer exactement une copie. Mais les imprimantes 3D n'ont pas un taux de réussite de 100 %, surtout lorsqu'il s'agit d'imprimer des géométries complexes.



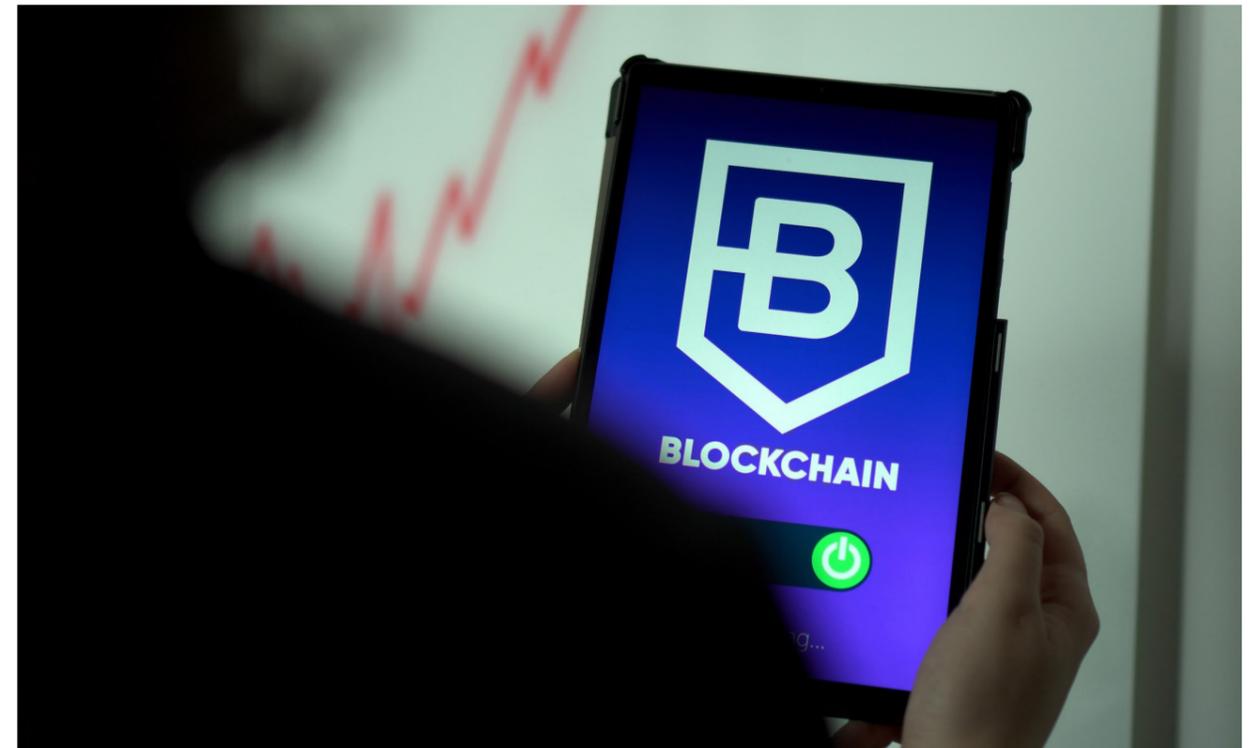
Johannes Schweifer - CEO and Co-Founder of CoreLedger

Les approches basées sur les jetons nécessitent donc un contrôle de qualité automatisé, qui peut accorder un remboursement », poursuit-il.

Vu le nombre de questions que Schweifer suscite, il est difficile d'envisager un modèle commercial basé sur la blockchain dans le domaine de la FA – et encore moins un modèle conforme à la durabilité.

Un modèle économique basé sur la blockchain peut-il être conforme à la durabilité ?

Le représentant de CoreLedger soulève un certain nombre de questions qui méritent d'être explorées par les entreprises qui cherchent à intégrer la blockchain dans leur environnement de production. Du point de vue de la fabrication et de la protection de la propriété intellectuelle, je suppose qu'il n'y a plus grand-chose à dire. Le CEO a clairement indiqué



que le bon processus réside dans la confiance que l'utilisateur a dans le jeton et non dans l'acheteur.

Du point de vue de la rentabilité, l'intégration de la blockchain peut être attrayante pour les entreprises manufacturières locales. Même si [un consortium d'entreprises affirme avoir été en mesure d'intégrer la blockchain dans un environnement de fabrication additive distribuée à l'échelle du continent](#), je reste très prudente quant à un tel déploiement étant donné que nous manquons encore de repères viables.

En outre, la fabrication locale peut également apporter les avantages de la durabilité que nous connaissons probablement tous déjà : production locale = moins de transport, donc moins d'émissions de CO2 et production à la demande. À cet argument, Schweifer ajoute :

« Il doit être possible de recycler les pièces imprimées en 3D en matière première. Les thermoplastiques sont le matériau le plus viable à cette fin, ce qui exclut déjà certaines techniques additives. La technologie blockchain entre en jeu lorsque des mécanismes de suivi et de traçabilité peuvent être utilisés pour récompenser le retour des pièces cassées ou retirées du marché dans le cycle du produit. Les produits peuvent, par exemple, être étiquetés avec des numéros de série et lorsqu'ils sont recyclés, le numéro

de série est invalidé et des jetons de récompense sont payés, qui sont à leur tour utilisés au début du cycle du produit, par exemple pour payer les tirages (nouveaux numéros de série) ou les matières premières. »

Cet argument peut être valable, mais là encore, je reste prudente en raison d'un autre contre-argument : **l'objectif de trouver un équilibre entre la préservation des mesures de sécurité et le « vert » est difficile à atteindre**, de sorte que la technologie a acquis une mauvaise réputation pour la mise en œuvre d'un mécanisme de consensus qui est énergivore.

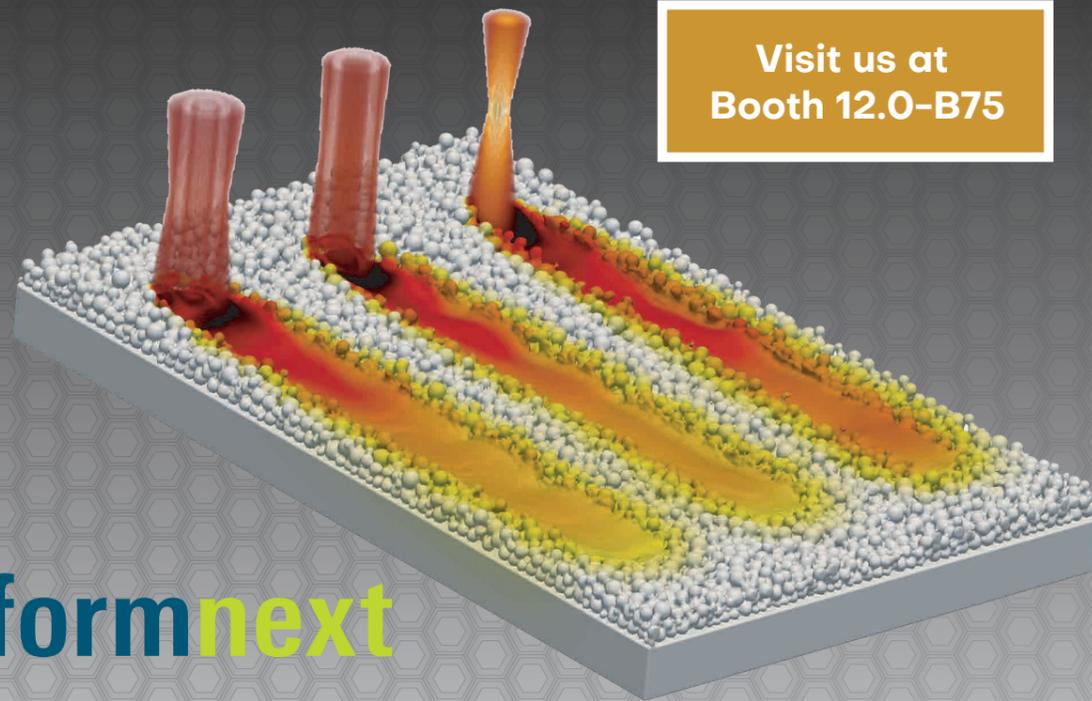
Nous devons reconnaître qu'il existe plusieurs variétés de ces algorithmes de consensus, dont certaines sont meilleures que d'autres. Ces mécanismes de consensus comprennent la preuve de travail (PoW – Proof of Work), la preuve d'enjeu (PoS – Proof of Stake) et la preuve d'autorité (PoA – Proof of Authority). C'est à l'utilisateur de bien comprendre chacun d'entre eux afin de déterminer sur quoi il doit faire des compromis.

« Le marché actuel de la blockchain et de la FA n'en est encore qu'à ses débuts, avec de nombreuses idées et projets. La technologie blockchain vient de surmonter son battage médiatique. Les NFT et les tokens ont éclipsé tous les cas d'utilisation alternatifs de la technologie au cours

des dernières années, asséchant le financement des projets non financiers. Les blockchains n'ont cessé d'émerger, rendant obsolètes les implémentations précédentes sur des blockchains plus coûteuses ou plus lentes. Cela entrave naturellement le progrès.

Néanmoins, on constate aujourd'hui un intérêt croissant de la part du secteur. La technologie blockchain peut finalement aider à économiser de l'argent ou à prévenir les pertes, par exemple en cas de copies illégales. Ce n'est certainement pas négligeable en termes de valeur économique. L'intérêt de la blockchain dans la fabrication additive est clair : **résoudre le problème de la protection contre la copie** (une certaine forme de gestion des droits numériques, essentiellement). La technologie blockchain est l'outil parfait pour empêcher les copies et les contrefaçons, elle est donc naturellement adaptée à cette tâche. Lorsque les concepteurs de modèles 3D se sentiront en sécurité et pourront publier leurs fichiers sur une plateforme de droits numériques basée sur la blockchain sans rechigner, parce qu'ils sauront que leur propriété intellectuelle est protégée contre toute utilisation illégale, nous aurons franchi une étape importante », Schweifer conclut.

CFD Simulations for Additive Manufacturing



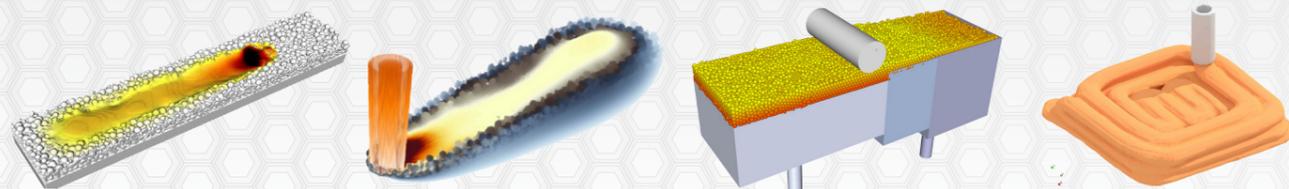
Visit us at
Booth 12.0-B75

formnext

Frankfurt, Germany,
15 – 18 November 2022

[FLOW3D.COM/AM](https://www.flow3d.com/am)

LASER POWDER BED FUSION - DIRECTED ENERGY DEPOSITION - FUSED DEPOSITION MODELLING - MATERIAL EXTRUSION



Contact us at info@flow3d.com or +1 (505) 982-0088 to learn how **FLOW-3D AM**'s multiphysics capabilities can improve your Additive Manufacturing process.

FLOW Science®

credit: Progold



MATÉRIAUX

La FA des métaux précieux dans la joaillerie : le cas d'application idéal en matière d'économie circulaire, mais un secteur qui peine à se développer. Pourquoi ?

L'une des toutes premières applications de la fabrication additive dans le secteur de la bijouterie remonte à 2008 : une bague imprimée en 3D en or, l'un des métaux précieux les plus prisés pour la bijouterie fine. Au fil du temps, l'innovation dans ce domaine a permis aux bijoutiers et aux bureaux de services d'exploiter les possibilités offertes par la FA. Le problème est que, comme pour toute entreprise de fabrication, il est nécessaire de passer à l'échelle supérieure, et de le faire de manière responsable – et c'est quelque chose que l'industrie de la bijouterie s'efforce de réaliser avec les métaux précieux et la FA.

Décrits comme des métaux rares à forte valeur économique, les métaux précieux sont chimiquement inertes et moins réactifs que les autres éléments. Contrairement au passé où ils étaient principalement utilisés comme monnaie, ils sont aujourd'hui considérés comme des investissements et des matières premières industrielles qui peuvent être exploités dans des industries spécifiques.

Pour ce marché de niche, la discussion surgit à un moment où les consommateurs ont des attentes élevées pour ce qu'ils achètent. Les questions d'approvisionnement éthique et de durabilité sont désormais trop importantes pour être ignorées, même par les marques les plus luxueuses qui ont bâti leur empire sur une politique non dite de «ne pas demander, ne pas dire» qui permettrait de conserver le caractère mystique de leurs œuvres étonnantes – ou peut-être de les rendre plus attrayantes aux yeux de l'acheteur.

La présomption actuelle est que, puisque la FA est par nature un «processus de fabrication durable», il

serait beaucoup plus facile de démontrer l'approche durable des marques de bijoux de luxe fabriquant des produits avec des métaux précieux. À quel point sommes-nous proches de cette présomption ? C'est la question à un milliard de dollars que nous souhaitons aborder dans ce dossier exclusif.

Pour aborder ce sujet, nous allons explorer :

- I – Types et principales caractéristiques des métaux précieux
- II – Types de technologies de FA pouvant traiter les métaux précieux
- III – Le cas commercial de l'économie circulaire et la raison pour laquelle il est difficile de développer la FA des métaux précieux dans l'industrie de la bijouterie.

Même si l'accent est mis sur les applications de la bijouterie, il convient de noter que les métaux précieux peuvent également être utilisés dans d'autres industries verticales. Ces industries pourraient être citées quand et où cela est nécessaire.

I- Types et principales caractéristiques des métaux précieux

« Les métaux précieux présentent des caractéristiques uniques par rapport aux autres métaux. Ils ne s'oxydent pas à des températures élevées, résistent à une forte corrosion et n'interagissent pas chimiquement avec l'environnement. Caractérisés par une longue durée de vie, ils sont généralement ductiles et ont un aspect plus lustré. Alors que les normes introduiront d'autres matériaux candidats en tant que métaux précieux, il existe actuellement quatre métaux précieux principaux sur le marché : l'or, le platine, l'argent et le palladium », a déclaré d'emblée **Damiano Zito**, CEO du service de bureau de FA **Progold S.p.A.** à 3D ADEPT Media.

En ce qui concerne la FA, la technologie est adaptée aux applications industrielles lorsqu'elle traite de fines poudres sphériques de métaux précieux en alliages d'or, d'argent, de platine et de palladium. Une fois raffinées pour la FA, elles intègrent une microstructure à grain très fin, qui peuvent être facilement manipulées et offrent une grande pureté et une excellente fluidité.

« Si l'or et le platine restent les métaux précieux les plus utilisés en FA, l'argent reste le métal le moins cher. C'est pourquoi, nous voyons facilement plus d'applications avec l'argent », complète **David Fletcher**. Ce dernier est un expert de l'impression 3D de métaux précieux et ex-responsable du développement commercial de la FA chez **Cooksongold**, le plus grand guichet unique du Royaume-Uni pour les fabricants de bijoux.

Disponible sous différentes formes, les **formes granulés ou éponge / poudre** sont les plus appropriées pour un usage industriel.

L'or – l'un des plus connus en bijouterie – est unique pour sa durabilité, sa malléabilité et sa capacité à conduire à la fois la chaleur et l'électricité.

Utilisé en bijouterie et dans d'autres applications industrielles, l'argent est connu pour ses propriétés conductrices, antibactériennes et malléables.

Le platine, quant à lui, est très demandé par l'industrie automobile, où il est utilisé pour réduire la nocivité des émissions. Transformé en alliage, il permet de réaliser des applications clés en bijouterie et en dentisterie. « Le platine est beaucoup plus mature si l'on considère les applications d'impression 3D de métaux qui peuvent être réalisées avec des métaux précieux ; sans compter



qu'il est conforme aux normes de l'industrie », note le représentant de Progold. Contrairement à d'autres métaux précieux, il est facile d'imprimer en 3D le platine grâce à sa faible réflectivité et à sa faible conductivité thermique. Par exemple, une application qui peut être produite en trois heures avec du platine peut prendre jusqu'à dix heures avec de l'argent.

Il n'est peut-être pas aussi connu que l'or, l'argent et le platine, mais le palladium est un métal noble qui convient parfaitement aux applications de bijouterie et d'horlogerie. Résistant à l'érosion de l'air et des acides, ce matériau est apprécié pour sa biocompatibilité et sa résistance à l'usure thermique. C'est également l'un des matériaux les plus difficiles à traiter et à raffiner ; il entraîne ainsi des coûts élevés en capital.

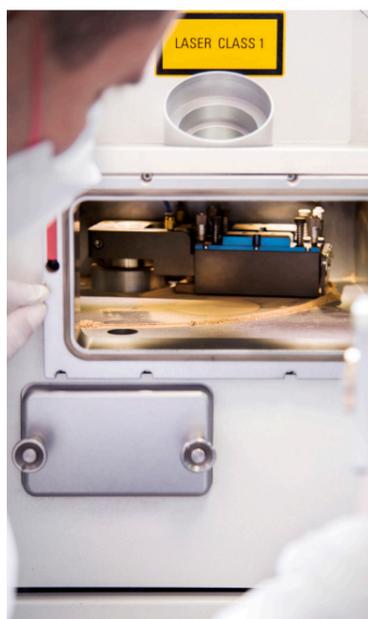
II – Types de technologies de FA pouvant traiter les métaux précieux

Selon Fletcher, **les difficultés de l'impression 3D de métaux précieux résident dans la capacité de l'opérateur à comprendre les interdépendances entre la machine, la poudre et l'ensemble du processus.** Prenant l'exemple de Cooksongold, il a expliqué que l'entreprise peut imprimer en 3D de l'or jaune 18k, de l'or rouge 18k, de l'or blanc 18k, de l'argent 925 et du platine 950 grâce aux paramètres qu'elle a qualifiés pour leur utilisation sur les machines EOS.

Cela dit, les technologies de fabrication additive qui peuvent traiter les métaux précieux se divisent en deux groupes : **les méthodes d'impression 3D indirectes et les méthodes d'impression 3D directes.** Pour ceux qui l'ignorent, la fabrication indirecte fait référence à l'utilisation de la

technologie pour produire des outils tels que des matrices et des moules pour les processus traditionnels, tandis que l'impression 3D / fabrication directe fait référence à la création de pièces directement à partir de la conception.

Dans l'impression 3D indirecte, l'opérateur imprime en 3D un modèle en cire qui sera utilisé en fonderie à cire perdue pour produire le produit final. Dans ce type d'opération, les technologies d'impression 3D résine, comme la SLA, sont utilisées pour créer les modèles à partir de résines coulables, semblables à de la cire. Une fois le modèle fabriqué, il est recouvert d'un matériau résistant à la chaleur, comme le plâtre, et placé dans un four où la cire est fondue. Le métal précieux fondu est ensuite versé dans le moule, remplissant l'espace laissé par la cire.



En ce qui concerne la fabrication directe, le CEO de Progold explique que la fusion laser sur lit de poudre (également connue sous le nom de fusion sélective par laser) est le procédé de FA le plus utilisé avec les métaux précieux. D'autres technologies qui peuvent également valoir la peine d'être explorées sont le jet de liant et la technologie Material Jetting.

« En général, toute technologie qui peut traiter des métaux, peut également traiter des métaux précieux. Toutefois, l'utilisation appropriée des poudres est d'une importance capitale pour tirer le meilleur parti du processus de fabrication et fournir un produit présentant un bon rapport qualité-prix », souligne Zito.

Un argument similaire a été mis en avant par Fletcher. La vérité est que, compte tenu de la valeur élevée des métaux précieux, **la poudre utilisée pour la production additive vaut parfois plus que la machine elle-même.** En fait, **le prix du métal précieux peut parfois**

dépasser le prix de l'imprimante 3D utilisée pour le traiter. C'est la raison pour laquelle, une perte dans une production additive de métaux non précieux est moins coûteuse qu'une perte dans une production additive de métaux précieux.

« D'autre part, il existe un intérêt pour l'utilisation de la technologie jet de liant pour la fabrication de l'argent. [Rappelez-vous cette [qualification de l'argent sterling pour la technologie de jet de liant de Desktop Metal](#)]. Cependant, l'un des principaux défis à relever est le fait que l'argent est un métal précieux idéal pour la production de masse, mais que la résolution du jet de liant ne répond pas encore aux exigences de la production de masse. Du point de vue de la durabilité, cette technologie a la même empreinte carbone que les technologies traditionnelles. Cependant, le SLM reste actuellement une technologie de premier plan pour les métaux précieux, car la petite taille du volume de construction permet

d'économiser beaucoup de matériaux d'une part ; d'autre part, la technologie peut permettre d'économiser 3 ou 4 fois l'empreinte carbone que vous générez habituellement avec la technologie traditionnelle », explique Zito.

Dans un autre ordre d'idées, l'impression par jet de matière est peut-être la moins mise en avant, mais elle est généralement utilisée avec des encres argentées ou dorées hautement conductrices pour imprimer en 3D des dispositifs électroniques tels que des antennes, des prototypes de circuits imprimés, des circuits et des capteurs.

Cela dit, l'impression 3D indirecte est peut-être l'option la plus populaire et la moins coûteuse lorsqu'on travaille avec des métaux précieux, mais l'utilisation de procédés d'impression 3D directe est actuellement encouragée par le besoin d'une plus grande personnalisation et d'une mise sur le marché plus rapide. **Mais les marques de bijoux peuvent-elles faire évoluer ce processus tout en restant durables ?**

III - Le business model de l'économie circulaire et la raison pour laquelle il est difficile de faire évoluer la fabrication additive des métaux précieux dans l'industrie de la bijouterie.

Les trois experts invités à cet article sont d'accord avec cette vérité : « il n'y a pas d'économie linéaire dans la fabrication additive de métaux précieux (PMAM) ». L'industrie des métaux précieux elle-même s'appuie sur une approche d'économie circulaire.

L'idée de base de l'économie circulaire est de créer des boucles fermées où les déchets et les nouveaux entrants sont réduits au minimum et où les articles/matériaux existants sont réutilisés, réparés ou recyclés. Dans une économie linéaire, les matières premières sont extraites, transformées en produits (produisant souvent des déchets au cours du processus), et finalement mises au rebut.

Dans le cas des bijoux de qualité, la plupart des composants qui entrent dans leur fabrication sont entièrement recyclables. Les métaux précieux tels que l'or, l'argent et le platine peuvent être recyclés à l'infini

sans perte de qualité.

Alors, où se situe le problème ? Probablement dans la corrélation qui devrait exister entre durabilité et évolutivité. Par définition, la durabilité est « l'idée que les biens et les services doivent être produits de manière à ne pas utiliser de ressources qui ne peuvent être remplacées et à ne pas endommager l'environnement. » C'est aussi « la capacité de se maintenir à un niveau particulier pendant une certaine période de temps ».

Alors que les organisations explorent actuellement de nouveaux moyens d'avancer sur la voie de la durabilité, **Michela Ferraro-Cuda**, directrice de cours, MA Luxury Jewellery Management, et chargée de cours en bijouterie de luxe et en branding éthique, à la **Birmingham City University**, au Royaume-Uni, attire l'attention sur le fait que la durabilité concerne actuellement trois aspects principaux : **le profit, les personnes et la planète.**



« Tout d'abord, nous devons non seulement nous mettre d'accord sur le type de durabilité auquel nous nous référons, mais nous devons également garder à l'esprit qu'une organisation peut vraiment dire qu'elle est durable lorsqu'elle est responsable vis-à-vis de ces trois aspects : elle doit être rentable, et responsable vis-à-vis de ses employés et de la planète » souligne **Ferraro-Cuda**. D'après notre conversation avec Ferraro-Cuda, il y a deux groupes de personnes dans ce voyage vers la durabilité, chacun d'entre eux employant ou pouvant employer un chemin différent vers la durabilité :

	Personnes	Planète	Profit
Artisans	Petit groupe de personnes.	Produisent et distribuent localement, ce qui est bon pour l'environnement. Cependant, ils utilisent du «mercure» dans leurs procédés parce qu'il est bon marché, mais il est très nuisible pour l'environnement car il dégage des gaz nocifs.	Ne font pas trop de bénéfices.
Les grandes entreprises	L'industrie traditionnelle de la bijouterie est souvent montrée du doigt comme une industrie qui exploite les gens et qui n'a pas des conditions de travail idéales (salaire minimum, environnement, etc.) mais cela peut changer avec la FA. Moins de personnes impliquées dans la chaîne de valeur de la fabrication grâce à des technologies appropriées.	Avec la FA en particulier, ils peuvent utiliser la quantité exacte de poudre nécessaire à la fabrication – et selon la technologie utilisée, ils peuvent économiser du temps et de l'énergie. Ils peuvent appliquer le concept de « fabrication distribuée » pour produire localement avec la FA.	Peut facilement faire des bénéfices grâce aux ressources marketing.

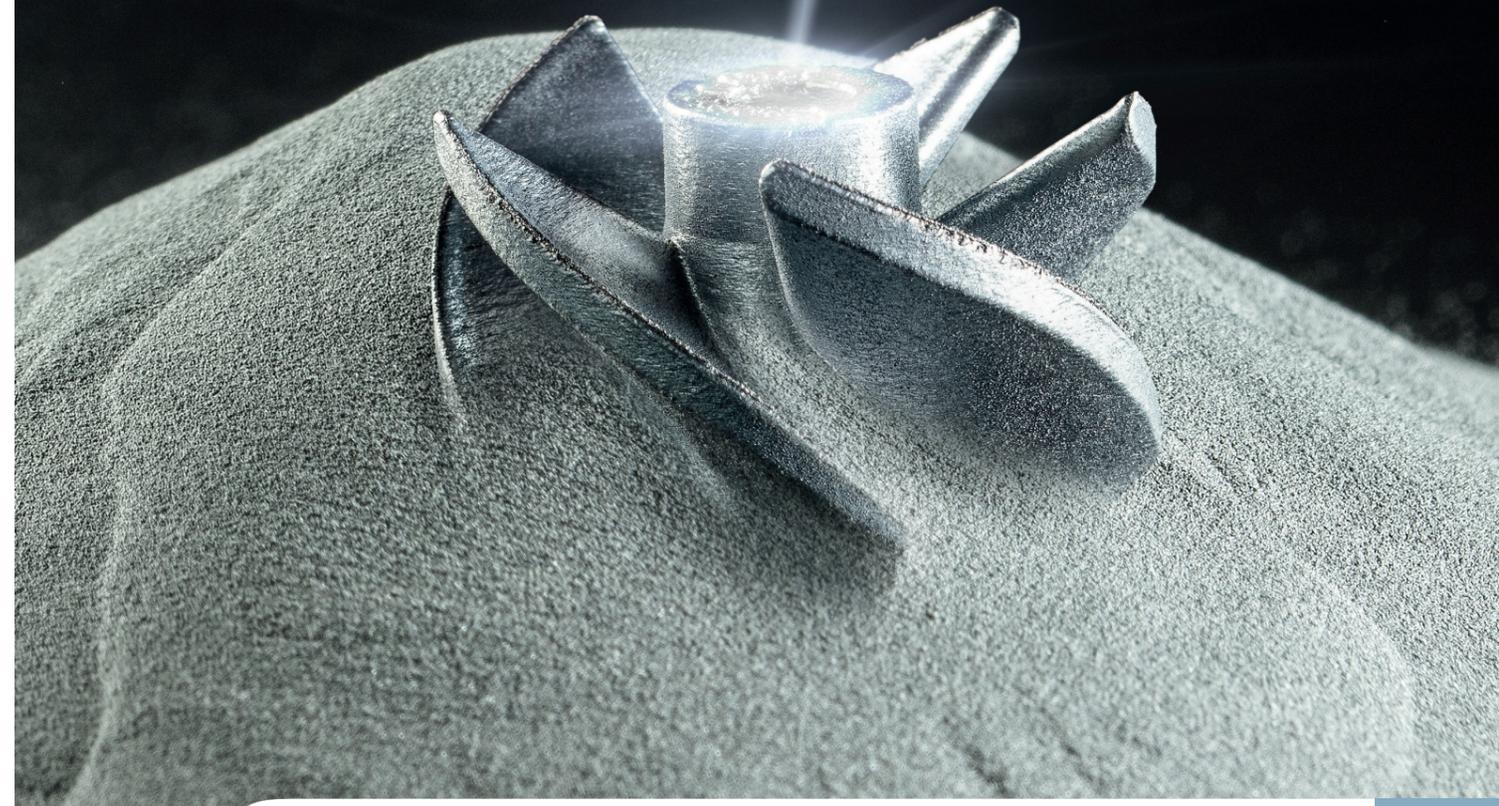
Sur le papier, les grandes marques de joaillerie ont toutes les cartes en main (y compris les ressources financières) pour réussir à utiliser la FA des métaux précieux. En réalité, seul un très petit nombre d'organisations explorent la voie de la FA. Pour Ferraro, une seule raison peut expliquer cela : « le manque de données pour étayer leurs décisions ». N'est-ce pas la seule chose que nous demandons aux entreprises et aux utilisateurs de la FA ? La publication de données démontrant le caractère durable d'un cas d'utilisation est le seul moyen de joindre le geste à la parole.

En fin de compte, le prix des métaux précieux reste très élevé, sans parler du prix des technologies de FA. Les grandes entreprises ne prendront pas le risque de produire avec la FA ce qu'elles peuvent produire à moindre coût avec la CNC ou le moulage.

À cela, **Damiano Zeto** répond que les grandes entreprises devraient se rendre compte que le client final aime changer et qu'il veut de plus en plus de produits personnalisés, et c'est quelque chose que la FA seule peut réaliser tout en permettant un contrôle des coûts

liés à la fabrication. Pour le CEO, c'est « une question de temps et un problème de culture ». En réfléchissant au parcours de son entreprise, il s'est rendu compte qu'ils sont présents sur ce marché depuis une dizaine d'années maintenant, et que cela fait quelques années que d'autres entreprises ont pénétré ce marché. « Cela signifie qu'il y a une demande qui augmente avec le temps, et c'est positif pour l'industrie de la FA », conclut-il.

Metal powders one-stop for AM



Get to know the strongest aluminium alloy worldwide: Our patent-protected **A205** alloy and the corresponding **A20X** metal powder stand out for their exceptional mechanical properties.

With our flexible production concepts and our ability to atomize spherical powders in temperature ranges of up to 2,500° C, we are your partner of choice for DIN EN 9100:2018 certified production and customized solutions.

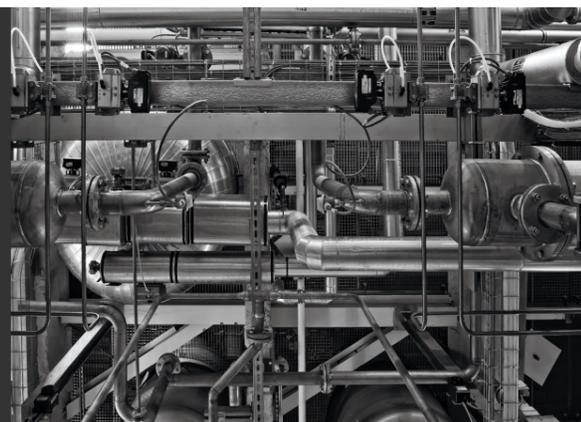
Learn more about our extensive portfolio of metal alloy powders – titanium, aluminium and copper based.

We look forward to your visit at formnext, Frankfurt, November 15 – 18, 2022, at booth 12.0-A101.

For further information please contact:
ECKART GmbH · Guentersthal 4 · 91235 Hartenstein · Germany
E-Mail: dominik.reuschel@altana.com · info.eckart@altana.com

www.am.eckart.net

AM Shapers



Le cercle vertueux : le triple bilan et la confluence des forces qui modifient le paysage de la fabrication des valves (imprimées en 3D)

Compte tenu de la situation économique actuelle, il est difficile d'avoir une conversation décente sur le pétrole et le gaz sans avoir à se plaindre de la fluctuation actuelle des prix. Pourtant, si on regarde la situation dans son ensemble – et qu'on laisse les gouvernements s'occuper de la guerre en Ukraine et de ses conséquences –, on réalisera qu'une manière pour les entreprises pétrolières et gazières de réduire leurs coûts et d'augmenter leurs marges serait de se concentrer sur la durabilité. Comme cela a été mentionné à plusieurs reprises dans cette édition de 3D ADEPT Mag, «une organisation peut vraiment dire qu'elle est durable lorsqu'elle est responsable vis-à-vis de ces trois aspects : le profit, les personnes et la planète» – le triple bilan – ou plus communément «triple bottom line» en anglais. Ce qui est fou dans cette idée, c'est que plus on y réfléchit, plus on se rend compte que la fabrication additive peut jouer un rôle clé dans le respect des directives liées à chacun de ces aspects. C'est un cercle vertueux.

Les défis de l'industrie pétrolière et gazière en matière de durabilité ont déjà été abordés dans une édition précédente de 3D ADEPT Mag. Au fil du temps, nous nous sommes rendu compte que, si les réglementations dictées par les organes directeurs continuent d'établir des directives strictes à suivre, les clients eux-mêmes fixent de plus en plus d'exigences strictes pour les vannes dans les processus industriels.

Au cas où vous ne connaissiez pas ce secteur, sachez que les vannes sont un élément central de tout système de tuyauterie, d'où leur importance pour l'industrie pétrolière et gazière. Elles peuvent être utilisées pour contrôler les débits, isoler, protéger les équipements et intervenir dans le processus de raffinage du pétrole, du gaz, de l'hydrogène et d'autres milieux similaires. Elles sont donc essentielles à un large éventail de fonctions et d'applications.

Le fait est que les entreprises qui fabriquent des vannes doivent répondre à une confluence de forces qui modifient leur paysage manufacturier – automatisation, agilité et numérisation, pour n'en citer que quelques-unes –. Quelles que soient ces forces, elles doivent être parfaitement en phase avec cette triple bottom line.

La triple bottom line

Les personnes

Pour toute organisation du secteur pétrolier et gazier, l'une des pires situations qui puisse se produire est de voir quelqu'un se blesser dans ses installations. Pour

atténuer certains de ces risques, de nombreuses entreprises investissent dans l'intelligence artificielle (IA) et la robotique pour effectuer des tests à haute pression sur leurs vannes. D'autres utilisent le diagnostic des vannes de contrôle pour **surveiller leurs performances, remettre en état** les anciennes vannes ou simplement les **remplacer**. Il est intéressant de noter que dans l'une ou l'autre de ces deux dernières solutions (reconditionnement et remplacement), vous pouvez réaliser des bénéfices tout en respectant les directives environnementales.

Profit et planète

Ceux qui choisissent de reconditionner de vieilles vannes le font souvent par l'intermédiaire d'un centre de réparation de vannes qualifié qui les reconditionne selon les spécifications d'usine, c'est-à-dire dans un état «comme neuf». Par ce biais, ils peuvent économiser 40 à 60 % par rapport à l'achat de nouvelles vannes. Parfois, cela permet également de réduire les déchets et les coûts de recyclage.

Dans un autre ordre d'idées, lorsque les vannes sont remplacées, elles sont souvent jetées dans une décharge ou envoyées au recyclage. Cela peut nécessiter une certaine quantité d'énergie pour recycler le métal, mais avec le bon processus de fabrication et les bonnes poudres, il est possible d'obtenir un meilleur retour sur investissement. C'est ce que nous avons découvert avec le producteur de matériaux **f3nice** et la société pétrolière et gazière **Valland**.

La confluence des forces qui modifient le paysage de la fabrication des vannes

Si vous êtes un lecteur régulier de 3D ADEPT Media, vous avez peut-être déjà entendu parler de f3nice. Tout ce qui concerne ce producteur de matériaux est intéressant : [l'histoire de sa création, sa vision, sa façon de travailler...](#) mais ce qu'il faut retenir ici, c'est qu'il s'approvisionne en déchets métalliques et en pièces désaffectées et les transforme en poudre métallique imprimable en 3D.

Valland, quant à lui, opère dans le secteur du pétrole et du gaz depuis 2006. Fondée par des experts qui travaillent depuis plus de trois décennies dans le domaine des vannes, l'entreprise se concentre sur les vannes d'ingénierie. Leur marché principal est les secteurs de l'exploration et de la production de pétrole et de gaz, y compris le sous-marin et la transmission, et d'autres applications industrielles de services spéciaux. En 2016, ils ont commencé à faire l'expérience de la fabrication additive (FA) et de la façon dont la technologie pourrait bénéficier à leurs industries cibles. L'année 2019 marque une période d'engagement dans le développement d'une activité liée à la FA avec l'installation de 2 imprimantes 3D FDM. Cette activité se développe continuellement et 2021 a vu le développement d'une unité commerciale dédiée à la FA, nommée **Valland3D**, avec un laboratoire d'impression 3D capable de traiter une large gamme de matériaux couvrant les polymères, les résines et les métaux.

«Valland3D utilise actuellement les technologies de FA pour développer des solutions innovantes et produire des composants afin d'obtenir des vannes de haute qualité et sur mesure pour les secteurs du pétrole, du gaz et de l'énergie. Sur cette base, la société vise à diffuser dans l'industrie de la FA une approche innovante basée sur le concept de travail en synergie avec le client (par exemple, les utilisateurs finaux ou les EPC) en l'assistant tout au long de la chaîne de valeur de la FA. Pour confirmer cela, en plus des services purement liés à l'impression 3D, nous offrons la conception ou la re-conception de composants en utilisant des outils avancés d'optimisation de la topologie et des services de simulation de processus additifs. En outre, l'action de Valland3D vise également à soutenir les partenaires pendant le cycle de vie des composants en leur offrant la possibilité d'adopter des solutions d'inventaire numérique des pièces de rechange, ce qui contribue de manière significative à réduire le délai de livraison des pièces de rechange et permet ainsi de mettre en œuvre une approche de maintenance à la demande», a déclaré **Alex Giorgini**, ingénieur R&D, à 3D ADEPT Media. En plus de ses capacités internes de FA qui incluent les technologies FDM, SLA, LB-PBF et une plateforme hybride



3D printed valve component – ©Valland

de R&D d'atomisation de poudre métallique capable de combiner des technologies alternatives de production de FA, Valland3D peut également prendre en charge des activités de post-traitement telles que le traitement thermique des composants et l'optimisation du degré de finition de surface par des processus de grenailage et de sablage.

Valland3D est l'une de ces entreprises qui pensent que la FA peut influencer positivement le passage à un paradigme de triple résultat. En fait, l'équipe a pris l'habitude de soutenir les projets de FA par des études d'**analyse du cycle de vie** (ACV). L'année dernière, elle a pris part à un projet industriel conjoint promu par **Wilhelmsen** et **Thyssenkrupp**, portant sur la reconception pour la FA et l'impression 3D subséquente de composants critiques de vannes. «Dans le contexte du projet décrit, environ 50 % des économies d'émissions de gaz à effet de serre ont été évaluées en comparant le scénario de la FA à celui de la fabrication conventionnelle grâce au développement d'un modèle de simulation basé sur des méthodologies d'ACV», commente Giorgini.

Cependant, ce qui suscite davantage notre intérêt est l'ACV d'une pièce fabriquée de manière additive, réalisée en collaboration avec f3nice. Cette dernière visait à fournir une évaluation qualitative des économies environnementales liées à la reconception et à l'impression du corps et des pièces de fermeture d'une vanne.

Analyse du cycle de vie des composants de vannes imprimés en 3D

Dans le cadre de ce projet, f3nice a apporté son expertise dans le développement de poudres métalliques imprimables en 3D grâce à l'approvisionnement en déchets métalliques et en pièces désaffectées, tandis que Valland a apporté son expérience dans la conception et la fabrication de composants de vannes dans l'industrie pétrolière et gazière.

Selon un rapport publié à ce sujet, cinq contributions principales concernant les voies conventionnelles et la fabrication additive (FA) ont été prises en compte :

- L'énergie intrinsèque du matériau en acier, qui correspond au coût énergétique associé à l'extraction de nouveaux matériaux pour produire l'acier et/ou au recyclage de déchets métalliques préexistants.

- La création du produit brut. Ce terme désigne la fabrication de la barre métallique qui est ensuite utilisée pour fabriquer les composants des vannes à partir d'un usinage traditionnel. En revanche, dans la chaîne de valeur de FA, l'énergie nécessaire à la production de la poudre d'acier est prise en compte.

- La fabrication des composants finis, comprenant l'usinage CNC pour les pièces conventionnelles, l'impression et la finition pour les



pièces imprimées en 3D.

- L'utilisation, une contribution relative basée sur la réduction du poids des pièces imprimées installées sur le navire FPSO.

- Le transport et la logistique, en raison des différents modèles de chaîne d'approvisionnement adoptés dans les approches conventionnelles et les approches de FA.

L'équipe du projet a étudié trois scénarios pour cette dernière considération (transport et logistique).

Dans le scénario 1 dédié à un processus de fabrication conventionnel, ils ont pris en compte le fait que la production des billettes d'acier a lieu dans les principaux pays situés dans la région de l'Asie du Sud-Est, comme l'Inde ou la Chine, tandis que l'usinage CNC

est effectué à Singapour.

Deux autres scénarios ont été explorés pour la FA : l'un (Scénario 2) où la poudre est atomisée en Allemagne à partir du recyclage de la ferraille provenant d'Europe - et ensuite utilisée à Singapour pour la production par FA de la pièce et un autre (Scénario 3) où la poudre est atomisée à proximité de Singapour (à nouveau, en Indonésie ou en Malaisie) à partir de la ferraille locale, et imprimée en 3D à Singapour.

Les calculs ont été effectués en prenant des données de référence pour chaque processus spécifique (c'est-à-dire des valeurs de consommation d'énergie en MJ/kg). Lorsque cela était possible, des données réelles ont été utilisées, à commencer par l'atomisation de la poudre réalisée par f3nice en 2021, peut-on lire. Les résultats finaux ont été partagés à travers différents tableaux :

Consommation d'énergie (MJ/unité)

	Scenario 1 Fabrication conventionnelle	Scenario 2 FA à partir de l'Europe	Scenario 3 FA à Singapour
Énergie intrinsèque	874	95	95
Produit brut	266	80	80
Fabrication	93	867	867
Utilisation	0	-116	-116
Logistique	15	18	2
TOTAL	1248	945	928

L'équipe du projet a pu obtenir ces résultats grâce au contenu 100% recyclé de la poudre f3nice. Les économies d'énergie sont de l'ordre de 24 % à 26 % par rapport à la chaîne d'approvisionnement conventionnelle. Malgré la contribution significative de la phase de fabrication (c'est-à-dire l'impression) dans les scénarios de FA, l'utilisation de matériaux de rebut garantit une meilleure ACV. En même temps,

la réduction du poids total des pièces imprimées en 3D diminue également les coûts des produits bruts (moins de métal à traiter). Enfin, la réduction du poids est également bénéfique dans la phase d'utilisation, puisque la présente analyse porte sur des composants qui seront transportés tout au long de leur durée de vie, note l'équipe.

Les résultats de la consommation d'énergie dans chaque scénario ont également permis d'estimer l'empreinte carbone de chacun d'entre eux. Dans le but de faciliter les calculs, les mix énergétiques standard des pays susmentionnés ont été considérés comme des paramètres d'entrée.

Carbon emissions [kgCO2eq/unit]

	Scenario 1 Fabrication conventionnelle	Scenario 2 FA à partir de l'Europe	Scenario 3 FA à Singapour
Énergie intrinsèque	64,6	3,4	4,9
Produit brut	19,6	2,8	4,1
Fabrication	4,8	44,8	44,8
Utilisation	0	-8,2	-8,2
Logistique	1,1	1,3	0,1
TOTAL	90,1	44,1	45,7

Les résultats concernant les émissions de carbone sont encore plus positifs que ce qui a été observé précédemment pour les consommations d'énergie. Les émissions totales de carbone par unité sont près de la moitié de ce qui a été calculé pour la chaîne d'approvisionnement conventionnelle. Les économies réalisées avec la FA se situent entre 51 % et 49 % pour la poudre produite en Europe ou localement à Singapour, respectivement. L'augmentation des économies dépend de l'intensité de carbone (c'est-à-dire du mix énergétique) des pays considérés dans les calculs. Comme pour la création du produit brut dans la chaîne d'approvisionnement classique, l'intensité de carbone de l'Inde ou de la Chine aggrave considérablement l'empreinte carbone totale du scénario 1. D'autre part, les intensités moyennes en carbone de l'Europe (par exemple, l'Allemagne ou

l'Italie) et de Singapour apportent une contribution bénéfique aux calculs des émissions de carbone, ce qui accroît encore l'écart entre les chaînes d'approvisionnement conventionnelle et la FA, précise le rapport.

En fin de compte, malgré leurs résultats encourageants, ces scénarios ne sont pas (encore) appliqués dans la vie réelle - du moins la partie concernant l'utilisation de la FA et du métal recyclé pour produire des composants de vannes. L'une des toutes premières mesures qui encourageront les organisations à suivre les scénarios de FA et à bénéficier des avantages du triple bilan pourrait être de favoriser l'adoption de matières premières durables produites à partir de déchets ou de composants en fin de vie. Pour l'ingénieur en R&D de Valland, un autre domaine d'intérêt serait «l'efficacité de la

consommation d'énergie et de consommables des technologies de FA». En se concentrant sur ce domaine, l'impact environnemental lié au processus de fabrication des composants serait considérablement réduit.

En outre, alors que les fournisseurs de technologies de FA devraient continuellement travailler à l'optimisation de leurs processus, l'exploration du remplacement des composants de vannes par la FA et la poudre de métal recyclé imprimable en 3D pourrait être une solution gagnante pour l'utilisateur final et les activités des producteurs de matériaux. Le rôle des «fournisseurs de matières premières pour la FA (...) deviendra de plus en plus pertinent compte tenu des problèmes de disponibilité des matières premières critiques auxquels l'économie mondiale devra progressivement faire face», explique Giorgini.

Agilité et changement

Alors que les considérations croissantes en matière de durabilité affectent la conception et la fabrication des vannes, il est important de garder à l'esprit que toutes les actions de durabilité ne doivent pas nécessairement être compliquées et énormes. Parfois, les solutions permettant de sauver des vies peuvent se résumer à l'utilisation de la fabrication agile, qui fait appel à des outils d'automatisation et de numérisation, à la FA et à la poudre métallique recyclée imprimable en 3D. Il est trop tôt pour dire où se dirige ce secteur de niche, mais le moment est bien choisi pour dire aux entreprises qu'elles doivent prévoir des changements dans leur processus de fabrication afin de rester compétitives. C'est en tout cas ce que font les entreprises comme Valland en aidant les industries cibles à naviguer dans cette nouvelle ère de fabrication de vannes en gardant à l'esprit la durabilité.



UNE NOUVELLE ÈRE DE TITANE À FAIBLE COÛT POUR LA FABRICATION ADDITIVE COMMENCE AVEC IPERIONX



Utilisé pour tout, des voitures aux implants médicaux, en passant par les bijoux et les échangeurs thermiques, le titane séduit par sa légèreté, sa solidité, ses propriétés stables et sa capacité à résister à la corrosion. Sa faible densité et sa grande résistance en font le matériau idéal pour un large éventail d'applications exigeantes, mais ces caractéristiques sont également celles qui le rendent difficile à traiter par les voies de fabrication conventionnelles telles que le moulage, d'où l'intérêt croissant des utilisateurs de la fabrication additive pour l'explorer. Seulement voilà, le titane souffre souvent d'une mauvaise réputation due à sa « rareté ». Si les fabricants ne disent pas explicitement qu'il est « rare », ils reconnaissent qu'il est plus rare que d'autres métaux, ce qui se traduit par un prix de vente plus élevé.

Ce contexte manufacturier et économique a attiré l'attention d'**Anastasios «Taso» Arima**, fondateur et CEO d'**IperionX**, qui a fait de **la revitalisation d'une industrie américaine du titane à faible coût et à faible teneur en carbone un objectif commercial clé**.



Anastasios "Taso" Arima, Founder and CEO of IperionX

« Le titane a le potentiel pour devenir un matériau critique clé pouvant se substituer aux métaux à plus forte teneur en carbone plus largement utilisés, notamment l'acier inoxydable et l'aluminium. C'est un métal supérieur à l'acier inoxydable et à l'aluminium en raison de ses propriétés telles qu'un rapport résistance/poids élevé et une excellente résistance à la corrosion. Il est essentiel pour les secteurs mondiaux de l'aérospatiale, de la médecine, de l'espace et de la défense. Sans oublier que le titane figure dans la liste des 50 principaux minéraux jugés essentiels à la sécurité économique et nationale par le ministère américain de l'Intérieur », a déclaré Taso à 3D ADEPT Media.

Fondée en 2020, IperionX a désactivé le mode furtif cette année en plantant son drapeau pour être le premier nom du titane américain, des matières premières à la fabrication. L'ambition audacieuse de l'entreprise, qui consiste à développer des chaînes d'approvisionnement durables de minéraux et de matériaux critiques basées aux États-Unis, afin de faciliter la transition mondiale vers une économie verte en boucle fermée, à émission de carbone faible à nulle, efficace en termes de ressources et socialement inclusive, s'appuie sur la solide expérience du fondateur en matière d'exploration, de mise en œuvre, de financement et d'autorisation de projets.

« J'ai développé avec succès l'un des principaux projets de lithium en Amérique du Nord, Piedmont Lithium. Une fois que ce projet était bien avancé et qu'une solide équipe de gestion était en place, j'ai commencé à examiner d'autres chaînes d'approvisionnement aux États-Unis qui sont vulnérables et qui doivent être délocalisées ; le titane était une exception. Nous avons identifié très rapidement que les chaînes d'approvisionnement en minerai et en métal de titane devaient être reconstruites aux États-Unis. Nous avons obtenu un très grand gisement minéral dans le Tennessee et l'avons associé à une technologie de production de titane métal avancée et hautement durable », souligne Taso.

En un an seulement (depuis qu'elle a désactivé le mode furtif), IperionX a franchi des étapes que d'autres n'auraient pas pu atteindre en plusieurs années d'activité. Parmi celles-ci, citons un [partenariat avec l'ORNL](#) pour développer des alliages de titane à faible coût pour la fabrication additive, la [production de titane sphérique](#) à faible teneur en carbone à partir de minéraux du Tennessee, une cotation au Nasdaq et même un partenariat [avec l'horloger de luxe Panerai](#) pour la fabrication additive de montres en titane.

Au cœur de chacune de ces étapes importantes, se trouve une technologie de production exclusive capable de produire du titane métallique sphérique à faible teneur en carbone en utilisant « 100 % de déchets métalliques de titane recyclés comme matière première »

Comment fonctionne ce processus de production ?

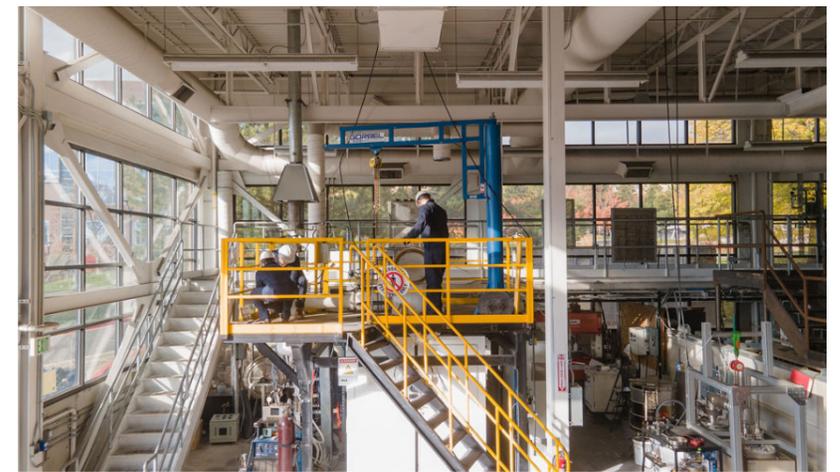
Afin de comprendre les capacités de ce processus de production, il est essentiel de faire la lumière sur les différents types de titane pour les non-initiés à cette sphère. En effet, déterminer que le titane est le bon métal pour une production est une chose, choisir le bon grade de ce matériau en est une autre - et certainement l'une des étapes les plus cruciales car le bon grade est essentiel pour garantir la réussite d'une production.

Quatre grades commerciaux de titane pur (grades 1, 2, 3 et 4) ont été identifiés sur le marché de la fabrication. En ce qui concerne les alliages de titane, certains des grades les plus connus sont le titane de grade 5 (Ti 6Al-4V), les grades 7, 12 et 23 (Ti 6Al-4V ELI).

Si tous les grades sont résistants à la corrosion, solides et légers, il existe néanmoins des différences importantes qui peuvent avoir un impact sur les résultats finaux. Pour choisir une nuance de titane, il faut tenir compte de la manière dont le métal sera utilisé, des conditions dans lesquelles le titane sera utilisé et de la taille des pièces en titane.

Prenant l'exemple de **l'alliage de poudre de titane sphérique Ti64** récemment mis au point, Taso a expliqué comment son équipe est parvenue à respecter les importantes spécifications de qualité du grade 5. Le grade 5 est considéré comme le « cheval de bataille » des alliages de titane - et de l'industrie aérospatiale. Il représente 50 % de l'utilisation totale de titane dans le monde.

Du point de vue de la fabrication, il peut être traité thermiquement pour augmenter sa résistance, utilisé dans les constructions soudées à des températures de service allant jusqu'à 600° F, et il offre une résistance élevée pour un poids léger, une formabilité utile



et une résistance élevée à la corrosion.

Ce matériau convient parfaitement à la production de turbines et de pièces structurales d'avions ; il est également utilisé dans les pièces de moteurs à haute performance, les équipements sportifs et les implants biomédicaux, pour ne citer que quelques applications.

Il est intéressant de noter que pour produire une telle poudre d'alliage de titane sphérique de haute qualité et la rendre compatible avec la FA, l'équipe d'IperionX s'appuie sur un **processus de production breveté en trois étapes** : elle s'est approvisionnée en minéraux de titane de qualité moyenne (ilménite) qu'elle a transformés en une matière première de dioxyde de titane à +99 % en utilisant les technologies exclusives du rutile synthétique et du processus de grillage et d'hydrolyse alcaline (« ARH »). Ils ont mélangé la matière première de titane de haute qualité avec des oxydes d'éléments d'alliage et l'ont réduite à l'aide de la technologie brevetée de réduction métallo-thermique assistée par l'hydrogène (« HAMR ») pour obtenir des poudres de titane angulaire à faible teneur en carbone. La dernière

étape consiste à utiliser la technologie brevetée de granulation, frittage et désoxygénation (« GSD ») pour produire l'alliage de poudre de titane sphérique de haute qualité Ti64.

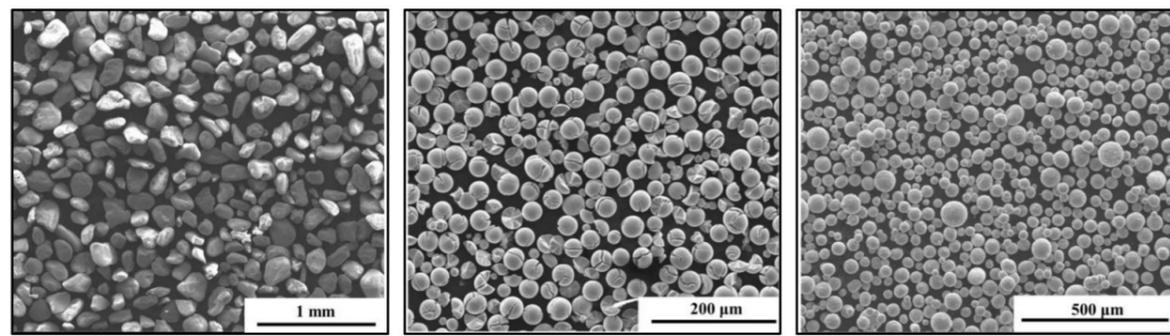
« Nous pouvons traiter cette ferraille pour créer une poudre de titane angulaire et sphérique sous forme de titane commercialement pur, ou sous forme de divers alliages de titane à utiliser dans des applications comprenant la fabrication additive et la métallurgie des poudres », explique Taso.

Si le procédé Kroll conventionnel reste la technologie dominante pour la production de titane métal, le fondateur d'IperionX souligne que le fait d'éviter ce procédé a permis à l'équipe de contourner une série de procédés de fusion du titane à forte intensité énergétique, de fabrication de lingots, de production de fils et d'atomisation de gaz, qui au final prennent du temps, augmentent le coût final du matériau et ne sont pas nécessairement respectueux de l'environnement.

Dans quelle mesure les technologies brevetées de traitement du titane d'IperionX sont-elles durables ?



Légende : Images au microscope électronique à numérisation (« SEM ») du processus de production de la poudre métallique IperionX



Titan ilmenite (~60% TiO₂) +99% TiO₂ Ti-6Al-4V

Legend: Scanning Electron Microscope ("SEM") images of IperionX metal powder production process

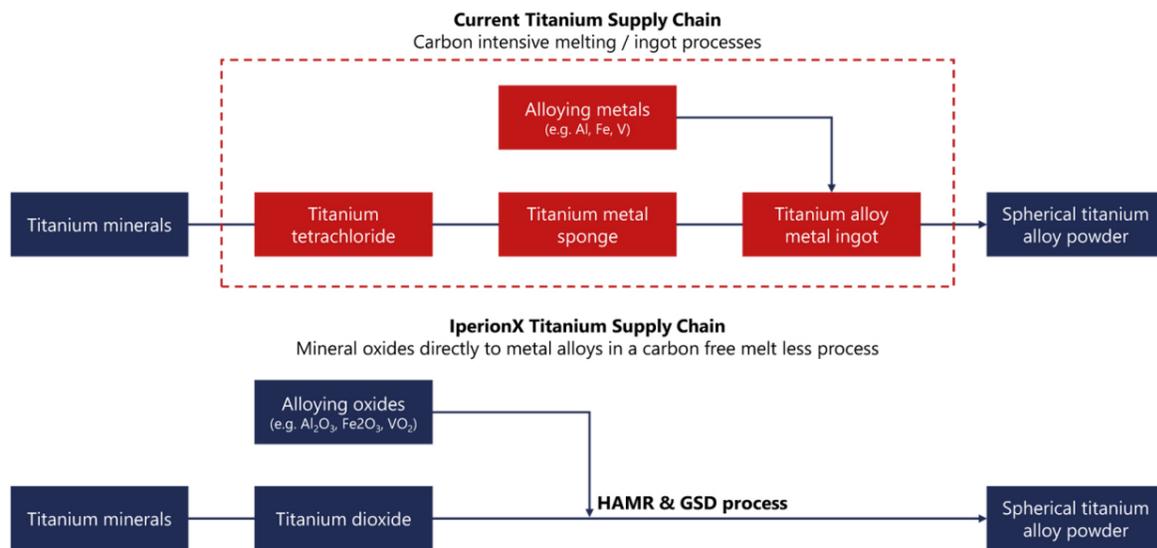
Comme discuté avec **Michela Ferraro-Cuda** dans l'article consacré à la FA des métaux précieux (page ? de cette édition de 3D ADEPT Mag), « une organisation peut vraiment dire qu'elle est durable lorsqu'elle est responsable vis-à-vis de ces trois aspects : elle doit être rentable, et responsable vis-à-vis de ses collaborateurs et de la planète. »

Malgré la charge actuelle qui pèse sur la plupart des producteurs de matériaux, il s'avère qu'IperionX est en mesure de dire légitimement qu'elle est une organisation axée sur le développement durable. En effet, produire des matériaux de haute qualité est une bonne chose, mais être capable de le faire tout en respectant les exigences d'une production écologique est encore mieux. En faisant les deux, IperionX n'a actuellement rien à envier aux autres producteurs de poudre métallique.

« Dans notre économie actuelle, nous prenons souvent des matériaux sur la Terre, nous en faisons des produits et nous

finissons par les jeter comme des déchets - le processus est linéaire. Les entreprises de l'industrie des minéraux ont tendance à produire beaucoup de déchets avec leurs procédés et les produits ne sont pas recyclés. À l'heure actuelle, une quantité importante de déchets de titane finit à la décharge et est trop difficile à recycler en raison de sa forte teneur en oxygène, mais avec notre technologie, tout cela va changer. Notre technologie **HAMR** nous permet de réduire considérablement la teneur en oxygène du titane produit à partir de ferraille, et permet une chaîne d'approvisionnement en titane entièrement recyclée, de haute qualité, intégrée et à faible coût », souligne le représentant de la société.

Pour démontrer que ses technologies n'impliquent pas les nombreux processus de fusion à forte intensité de carbone du procédé Kroll, l'équipe d'IperionX compare les différentes étapes qu'elle suit pour produire des alliages de titane avec celles que la plupart des fabricants suivent en utilisant le procédé Kroll :



Légende : Chaîne d'approvisionnement en titane existante et chaîne d'approvisionnement en titane utilisant les technologies d'IperionX -Crédit : IperionX

Taso souligne : « Nos technologies peuvent produire du titane soit à partir de déchets de titane à 100 %, soit à partir de minéraux de titane conventionnels. Alors que cette image montre la production de titane à partir de minéraux de titane, que nous avons le potentiel d'approvisionner de manière

durable à partir de notre projet Titan au Tennessee, nous pouvons également faire exactement la même chose mais avec des déchets de titane. »

En outre, des chercheurs de [l'université de l'Utah](#) ont récemment effectué une analyse technico-économique et une

simulation complète du processus dans **ExtendSim** (un logiciel de simulation de traitement chimique bien connu) afin d'estimer la consommation d'énergie, les émissions et le coût d'une production de masse ; l'objectif final était d'évaluer la viabilité commerciale du processus HAMR.

En mettant l'accent sur les matières premières, les conditions de réaction (température et pression) et les processus secondaires (prétraitement des matières premières et post-traitement des produits), les résultats révèlent que le procédé HAMR consomme 50 % moins d'énergie et génère 30 % moins d'émissions que le **procédé Kroll**, même en tenant compte d'une étape supplémentaire de purification du TiO₂ avant le procédé HAMR.

La majeure partie des économies d'énergie et d'émissions provient de l'élimination de la nécessité de chlorer le TiO₂ pour produire du TiCl₄, et de la distillation sous vide après la réduction du TiCl₄. Pour le procédé GSD, les rendements améliorés de cette nouvelle voie permettent une production à un coût inférieur de plus de 50 %, ce qui réduit considérablement le prix potentiel de la poudre de Ti de haute qualité tout en maintenant une consommation d'énergie et des émissions comparables à l'état de la pratique, peut-on lire dans un rapport.

À long terme, du point de vue des coûts et grâce à des partenariats avec des organisations telles que l'ORNL, Taso a déclaré que son « processus

pourra potentiellement réduire les coûts de fabrication de plus de 75 % » - en tenant compte du fait que le prix actuel de la poudre sphérique se situe généralement entre 150 et 250 dollars par kilogramme.

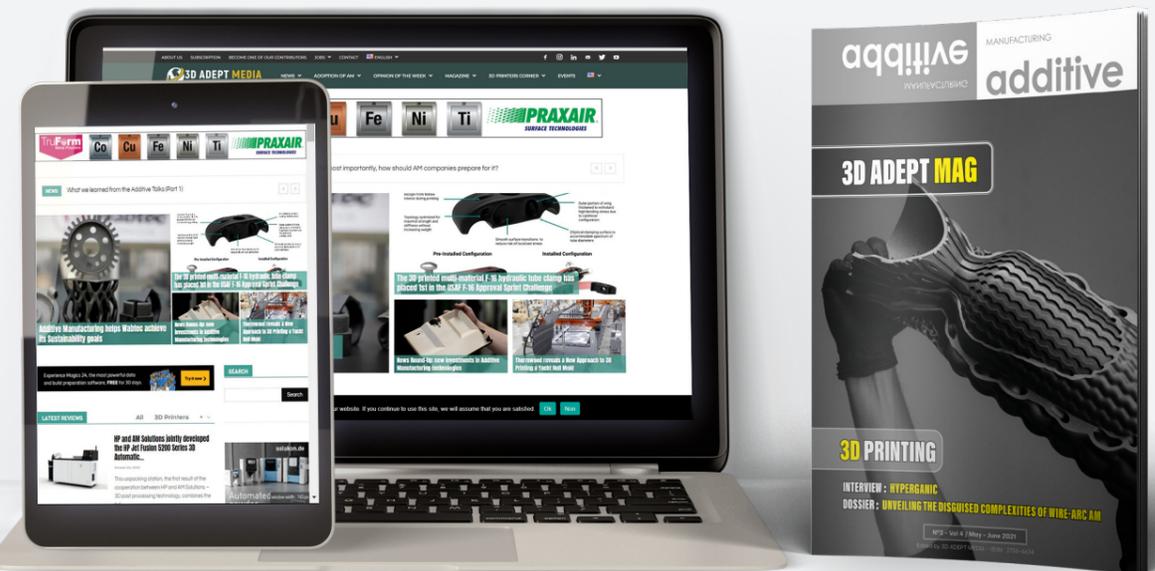
La prochaine étape qu'on peut attendre d'IperionX

Même si son objectif actuel est d'apporter une valeur ajoutée au marché de la fabrication additive, il convient de noter qu'IperionX peut produire des poudres sphériques et angulaires. Pour délocaliser la chaîne d'approvisionnement en titane, l'entreprise concentre pour l'instant ses activités aux États-Unis. Pour Taso, « les États-Unis doivent réduire leur dépendance vis-à-vis du titane russe et chinois. Rendre ces processus plus durables et à faible coût est essentiel pour assurer un meilleur avenir aux générations à venir. »

« Au fur et à mesure que nous nous développons et continuons à changer d'échelle, nous pensons que nous avons le potentiel de produire à un point de prix très compétitif avec la possibilité de capturer des parts de marché sur les marchés de l'aluminium et de l'acier inoxydable. [Pour l'instant, nous devons nous concentrer sur la

réapparition de chaînes d'approvisionnement nationales en titane, mais créées de manière durable et à faible coût », conclut Taso.

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

Où se trouve le big data dans la Fabrication Additive ?

L'industrie de la fabrication additive est une niche par rapport aux technologies de fabrication établies et elle doit évoluer vers un niveau de production plus élevé pour devenir plus compétitive que les technologies existantes. Le Big Data joue un rôle clé dans cette évolution. La collecte de ces données dans le domaine de la fabrication additive n'en est encore qu'à ses débuts. Dans cette chronique, **Patricia van der Voort d'AM Flow** partage la vision de l'entreprise sur ce que le Big Data implique pour l'industrie de la FA. Il ne s'agit en aucun cas d'un article exhaustif sur le sujet, car la définition du Big Data et le Big Data dans la FA évoluent en permanence.

Commençons par l'évidence : la fabrication additive est une technologie de fabrication numérique. Qui dit numérique dit données. Dans la fabrication additive, presque toutes les étapes d'une usine de FA peuvent générer des données utiles. Tout d'abord, le client : tous les «points de données» qui composent ses conceptions numériques N=1, puis le processus d'impression lui-même, les processus de fabrication en général, la «qualité» des impressions, etc. Toutes ces données peuvent servir d'entrée à un système de retour d'information sur le contrôle de la qualité, générant un ensemble d'entrées de processus optimisées, et conduisant à de meilleurs produits finis, à une plus grande efficacité de la production, à une industrie manufacturière plus durable, à davantage de ressources et à des réductions de coûts.

Avant d'aller plus en profondeur, nous aimerions souligner ce qui rend le Big Data dans la FA complexe : vous pouvez imprimer n'importe quel objet, à tout moment et en tout lieu. Comme le marché se dirige actuellement vers la personnalisation de masse ou ce que nous appelons « une infinité de géométries », le Big Data dans la FA sera basé sur un flux continu de données hautement variables. Ces données sont :

- **Les données d'impression**
- **Les données sur les matériaux**
- **Les données de post-traitement**
- **Les données de production**
- **...Et plus encore.**

Les données d'impression

Les données d'impression concernent toutes les données générées pendant le processus d'impression. Mais j'aimerais aussi ajouter quelques autres points de données autour de l'impression :

- Les données géométriques numériques (par exemple, dans les formats STL, STEP, EPS, DWG ou autres).
- Les données d'imbrication des constructions (c'est-à-dire où sont situées et orientées les géométries/impressions).
- Les métadonnées (infos client ou contraintes

de qualité spécifiques).

• ...

Les fabricants d'imprimantes 3D génèrent et rassemblent déjà des données sur le processus d'impression réel afin d'identifier les anomalies au cours du processus lui-même et de signaler automatiquement la nécessité de réimprimer une impression spécifique (ce qui accélère le délai d'exécution d'une impression). Ces données peuvent ensuite être combinées avec les données de conception ou d'imbrication réelles. Les facteurs qui influencent le résultat de l'imprimante sont, entre autres, les suivants :

- **Les paramètres de l'imprimante :**
 - La température de préchauffage
 - La température du laser
 - Les paramètres de résolution
 - La hauteur des couches
- **Impressions (+ données de la construction)**
 - Conception et géométrie
 - Densité de construction
 - Orientations de l'impression
 - Emplacement de l'impression
 - La proximité d'autres impressions
- **Le nettoyage**
- **Refroidissement**
 - Gradient de température (forme de l'extérieur vers l'intérieur).
 - Vitesse du refroidissement (déformations, gauchissements).
 - Le delta de température (quantité totale de refroidissement ou variations locales en dehors du gradient de température plus global).
- **Le déballage**
 - Température initiale
 - Déballage automatique vs. Manuel
 - Déballage
- ...

Les données sur les matériaux

Il va sans dire que la qualité de chaque lot individuel de matériau aura un impact et déterminera la qualité d'impression à proprement parler. La répétabilité du processus d'impression est influencée par la constance de la qualité du matériau. Les aspects qui peuvent être inclus dans l'analyse de la qualité de l'impression sont par exemple :

- Les caractéristiques de production d'un lot de poudre.
- La granularité de la poudre.
- Le taux de recyclage.
- ...

Les données de post-traitement.

Presque toutes les impressions imprimées en polymère subissent un certain niveau de post-traitement. Nous distinguons le sous-ensemble suivant de technologies de post-traitement :

- **Enlèvement du substrat.**
- **Le ponçage**
- **Le polissage**
- **Le sablage**
- **Dépôt en phase vapeur**
- **La teinture**
- **La peinture**
- **Assemblage**

• ...

Même si une pièce a été imprimée dans la meilleure qualité possible, dans ce domaine spécifique de l'impression 3D, divers aspects influencent la qualité de la fabrication additive plus tard dans son traitement. Plusieurs de ces aspects par activité comprennent :

- **Le polissage**
 - Le type de pierres/moyens.
 - Durée
 - Quantité d'eau
 - Produits chimiques ajoutés ou non
- **Le ponçage**
 - Granularité
 - Durée
 - Vitesse

Le sablage

- Type de support
- Durée
- Pression

Le nettoyage

- Enlèvement du substrat
- Technologie de déballage

La fusion des vapeurs

- Matériaux utilisés
- Dépôt
- Durée
- Température et pression

La teinture

- Type de colorant
- Durée
- Vitesse
- Température

• ...

...et beaucoup d'autres (sous-)paramètres qui pourraient avoir un impact sur la qualité future des impressions peuvent être identifiés (nous pourrions ne pas remarquer/voir, mais qu'en est-il de l'IA ?).

Automatisation du flux de travail

Le monde de la FA est aujourd'hui bien plus qu'une simple impression de prototypes en 3D. Il s'agit de plus en plus d'une technologie de fabrication complète et mature.

Le nombre d'opérations manuelles après l'impression augmente et, avec lui, le nombre d'erreurs dues à un tri et/ou une édition incorrects, ainsi que le temps nécessaire aux évaluations de la qualité.

Par conséquent, pour rivaliser avec le monde de la fabrication traditionnelle d'aujourd'hui, il faut d'une part tenir compte de l'automatisation des flux de travail et de la qualité numérique, et d'autre part automatiser les étapes de post-traitement, afin de livrer aux clients des commandes sans erreur et de haute qualité dans les délais les plus courts possibles.



AM-Flow a développé AM-VISION et AM-SORT pour l'automatisation du flux de travail.

Ces modules permettent de reconnaître les géométries imprimées en 3D (ou impressions) en fonction de leur forme, de leur couleur et de leur taille, puis de les trier pour l'étape d'usinage suivante ; cette étape peut faire partie du post-traitement, de l'évaluation de la qualité ou de l'expédition. Cette automatisation reposera en grande partie sur les diverses entrées de données (c'est-à-dire les paramètres) décrites ci-dessus. L'automatisation du flux de travail nécessitera également des informations relatives au client, telles que le numéro de client, le numéro de commande, l'adresse de livraison, etc.

Toutes ces données sont nécessaires pour pouvoir reconnaître, attribuer et trier une impression tout au long du processus de commande en fonction de ses valeurs uniques. Toutes ces données sont nécessaires pour reconnaître, attribuer et trier une impression tout au long du processus de commande en fonction de ses valeurs uniques. Même si certaines données relatives au flux de travail sont disponibles, il reste encore des lacunes à combler, notamment en ce

qui concerne le flux de données vers et pour le « manufacturing execution system » (MES - système d'exécution de la fabrication).

Suivi et traçabilité

L'un des domaines pour lesquels les données ne sont pas disponibles est le suivi complet des opérations sur le lieu de travail. AM-Flow travaille au développement d'un système Track & Trace. La base de ce système reste la reconnaissance et le tri des pièces, sur la base des données disponibles. Toutefois, ces données sont complétées par toutes les informations relatives au déplacement des impressions dans l'usine. Les empreintes peuvent ainsi être suivies tout au long du processus, tant physiquement que numériquement.

Outre la localisation, il est également possible d'ajouter le facteur temps aux données ; combien de temps une pièce reste-t-elle quelque part, est-elle en attente ou quelles opérations a-t-elle subies ? D'un point de vue de fabrication agile, chaque pièce imprimée en 3D doit trouver le chemin de la sortie dans le délai le plus court possible. Cela nécessite une planification sécurisée si un client a commandé plusieurs

articles, chacun devant être produit avec différentes technologies d'impression, donc avec des temps d'exécution différents impactant le délai de chaque pièce individuelle.

Avec toutes ces données collectées, vous obtenez un aperçu de l'ensemble du processus de production. Les processus et flux de travail existants peuvent être analysés, puis optimisés. Les goulets d'étranglement peuvent être identifiés, puis des solutions intelligentes peuvent être développées.

Les opérateurs reçoivent également de l'aide dans certains choix :

- Quelle commande doit être prête en premier ?
- Quelles activités doivent être réalisées en premier à cette fin ?

Ces informations peuvent ensuite être données comme entrées contraignantes à l'IA également. AM-Flow est convaincu qu'avec l'automatisation du flux de travail, y compris le Track & Trace, un grand rattrapage peut être effectué par rapport au monde de production actuel, un monde où les données en temps réel sont beaucoup moins disponibles.

Évaluation de la qualité

À cela s'ajoute l'aspect qualitatif.

La qualité des impressions a été un sujet de débat dans l'industrie de l'impression 3D. À l'heure actuelle, nous pensons en toute honnêteté qu'il est encore impossible de garantir une qualité constante et reproductible.

Même si vous deviez imprimer le même lot tous les jours, la qualité des produits peut toujours varier - déformation des impressions, création de dolines, différences de taille...

Mesurer et vérifier chaque impression séparément est presque impossible lorsque des centaines, voire des milliers de géométries sont imprimées par jour. Et même si cela pouvait être fait manuellement à

l'aide des instruments actuellement disponibles, certaines déviations sont difficiles, voire impossibles, à détecter à l'œil nu.

En outre, l'évaluation de la qualité intervient généralement en dernière étape. Si un produit n'a pas été imprimé correctement ou si une étape du traitement ne s'est pas bien déroulée, on ne le découvre qu'à la fin du processus et le produit doit être réimprimé et traité. Cela prend actuellement beaucoup de temps. Cependant, le contrôle après plusieurs étapes de production est tout simplement trop laborieux.

Une évaluation de la qualité entièrement automatisée après chaque étape de traitement, sur la base du modèle 3D et de la finition, est donc hautement souhaitable, et non une simple automatisation

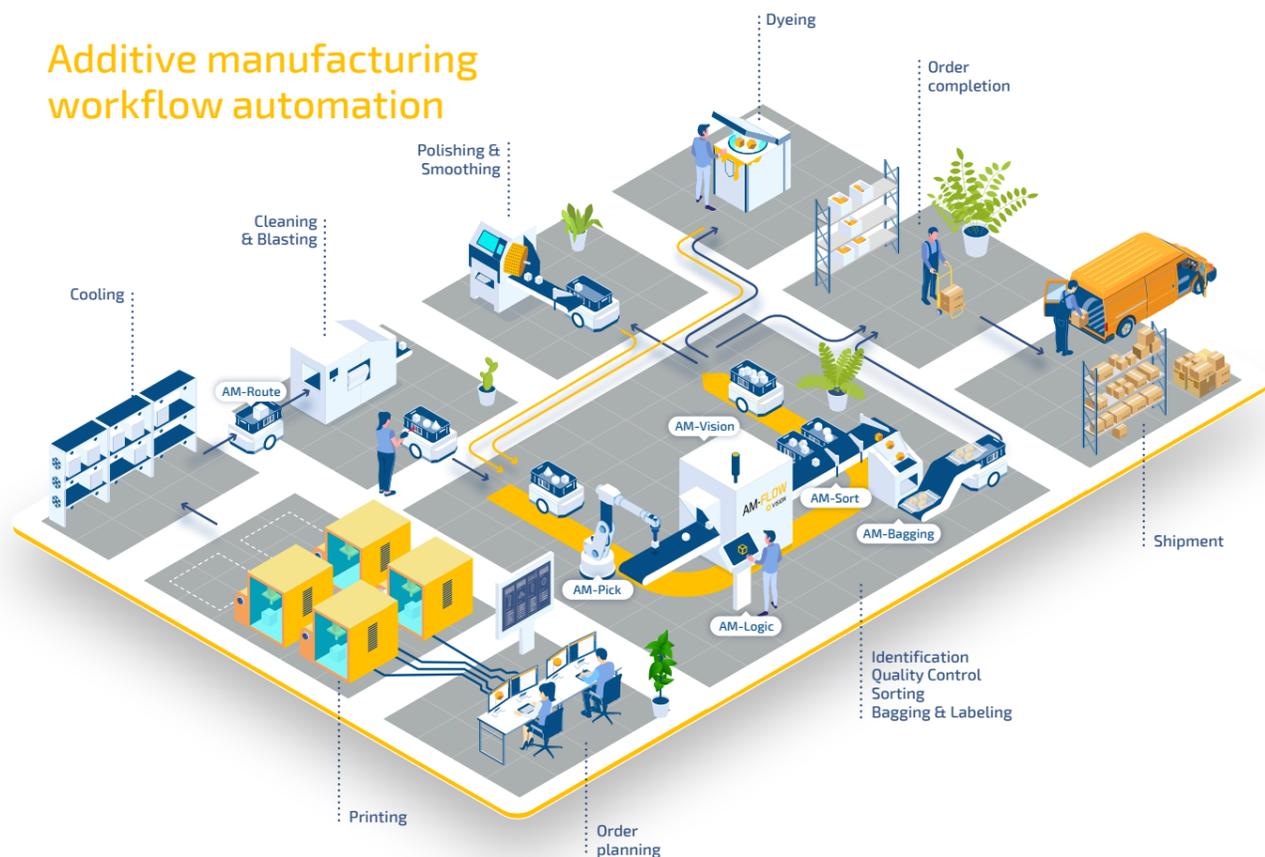
en soi. La solution souhaitée devra permettre le traitement de centaines d'impressions en un temps limité - c'est l'essence même de l'industrialisation de la fabrication additive, c'est-à-dire la construction d'usines de fabrication additive.

AM-Flow fait le premier pas dans cette direction : un **module AM-QUALITY** est actuellement en cours de développement. Cette solution permettra d'effectuer une évaluation de la qualité entièrement automatisée après chaque étape de traitement, une première étape générant des paramètres de qualité comme retour d'information pour permettre l'automatisation du contrôle de la qualité pilotée par l'IA.

Avec la **solution AM-QUALITY**, nous serions non seulement en mesure d'identifier un défaut avec plus de précision et de rapidité, et de donner un signal de réimpression automatique, mais nous pourrions également collecter des données sur les erreurs détectées sur les géométries. Les informations sur le type de défauts dans certains types de matériaux, l'imprimante utilisée, les étapes d'usinage effectuées, etc. pourraient fournir des informations fournies par l'IA dont les professionnels de la FA pourraient tirer profit.



Additive manufacturing workflow automation



Conclusion

Nous pensons que le marché de la fabrication additive est en train d'atteindre une taille dans laquelle les données deviendront de plus en plus un élément moteur de la production imprimée en 3D. L'instrumentation de diagnostic reste à construire, l'expérience de l'analyse et de l'interprétation des données doit se développer, et enfin, le déploiement de toutes ces données est essentiel. Nous devons suivre une courbe d'apprentissage abrupte pour être en mesure de générer des données pertinentes et exploitables. AM-Flow se réjouit de la croissance et de l'évolution du Big Data dans la fabrication additive et vise à contribuer activement au développement de ce domaine et à répondre à la demande croissante d'évaluation et de contrôle de la qualité industrielle.

Au cours de Formnext 2022 en novembre à Francfort ou sur notre site de démonstration à Eindhoven, nous aimerions discuter de votre point de vue sur l'automatisation des flux de travail, le contrôle de la qualité et le besoin de Big Data dans le monde de la FA.

À PROPOS DE PATRICIA VAN DER VOORT

Après sa formation en génie civil, elle a commencé sa carrière comme chef de projet dans des projets (éco)hydrologiques. Elle travaille maintenant en tant qu'experte en processus chez AM-Flow et est conseillère en processus d'affaires et en optimisation des flux de travail. L'industrie de la fabrication additive utilise plus d'informations numériques que toute autre industrie manufacturière. Elle adore la façon dont cela change la manière dont elle intègre ses connaissances dans l'industrie de la fabrication additive !



mesago

formnext

15 – 18 NOVEMBER 2022
FRANKFURT / GERMANY

Make the impossible possible!

We know that Additive Manufacturing offers undreamed-of potential. In addition to the printer, however you also need the upstream and downstream processes plus the experts, who have mastered the technology. You'll only find all this at Formnext!

formnext.com

Where ideas take shape.

PARTNER COUNTRY
FRANCE



3DADEPT.COM

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

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

Envoyez un email à contact@3dadept.com

Fabrication Additive / Impression 3D

RAPPORTS DOSSIERS APPLICATIONS PROMOTIONS COLLABORATION

3D ADEPT MEDIA
All about Additive Manufacturing

www.3dadept.com

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

Email: contact@3dadept.com

2
0
2
2

RECEVEZ LE MAG CHEZ-VOUS !

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



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

WWW.3DADEPT.COM