

**additive**

FABRICATION

FABRICATION

**additive**

**3D ADEPT MAG**

**IMPRESSION 3D**

**DOSSIER - QUALIFICATION DES PIÈCES IMPRIMÉES 3D :  
QUOI ? POURQUOI ? ET SURTOUT COMMENT ?**

N°4 - Vol 6 / Juillet - Août 2023

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



**3DADEPT.COM**

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

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

Envoyez un email à [contact@3dadept.com](mailto:contact@3dadept.com)

# Fabrication Additive / Impression 3D

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



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

Edité par **3D ADEPT MEDIA**

### Création graphique

Martial Y., Charles Ernest K.

### Rédaction

Kety S., Yosra K.

### Correction

Jeanne Geraldine N.N.

### Publicité

Laura Depret

Laura.d@3ddept.com

### Périodicité & Accessibilité :

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

### Exactitude du contenu

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

### Publicités

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

### Responsabilité de l'éditeur

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

### Reproduction

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

Image de couverture : Courtesy of Spare parts 3D



### Questions et feedback:

3D ADEPT SPRL (3DA)

VAT: BE0681.599.796

Belgium -Rue Borrens 51 - 1050 Bruxelles

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

Email: [contact@3ddept.com](mailto:contact@3ddept.com)

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

# Sommaire

**Editorial** .....04

**Dossier**.....07

QUALIFICATION DES PIÈCES IMPRIMÉES 3D: QUOI ? POURQUOI? ET SURTOUT COMMENT ?

**Logiciel** .....11

COMMENT LA CFD PEUT-ELLE FAIRE LA DIFFÉRENCE DANS UNE PRODUCTION DE FABRICATION ADDITIVE ?

**Post-traitement** .....17

CONSIDÉRATIONS CLÉS À PRENDRE EN COMPTE POUR LE DÉPOUDRAGE DES PIÈCES PLASTIQUES IMPRIMÉES EN 3D.

**Applications** .....21

EVITER OU MINIMISER DES STRUCTURES DE SUPPORT DANS LA FABRICATION ADDITIVE

**Materiaux** .....25

Y A-T-IL UN FUTUR SÉRIEUX POUR L'IMPRESSION 3D DE BOIS?

**Education** .....31

SAM PROJECT: L'ÉQUIPE REVIENT SUR SES INITIATIVES APRÈS 5 ANS D'ACTIVITÉS ET SUR L'HÉRITAGE QU'ELLE A LAISSÉ À L'INDUSTRIE DE LA FABRICATION ADDITIVE.

**Interview du mois** .....33

L'UTILISATION DES SYSTÈMES DE GESTION DES FLUIDES DANS LA FABRICATION ADDITIVE

**R&D** .....35

COMMENT LES NANOTECHNOLOGIES ET LA FABRICATION ADDITIVE S'IMBRIQUENT-ELLES ET QUELLES SONT LES OPPORTUNITÉS À VENIR ?

**Opinion**.....37

LE POUVOIR DU BATTAGE MÉDIATIQUE : LES LEÇONS MARKETING DE L'IMPRESSION 3D

# Bonjour & bienvenue



## Planifier demain, aujourd'hui.

Chaque année, une série de technologies passionnent le monde et cherchent à transformer la manière dont on innove. Notre secteur de niche ne fait pas exception à cette règle, surtout si on considère la FA dans son ensemble. Cependant, comme la FA est déjà décrite comme « la technologie la plus surestimée », il est nécessaire d'exposer les faits et d'être transparent quant à l'impact de ces solutions avant-gardistes qui ne sont pas nécessairement des imprimantes 3D, sans pour autant susciter l'enthousiasme.

Dans cette édition estivale de 3D ADEPT Mag, nous avons identifié quelques sujets qui progressent déjà dans les segments des logiciels, des matériaux et des applications. Ces sujets ne sont pas nécessairement « nouveaux » car ils visent à mettre en lumière des complexités qu'on ne prend pas nécessairement en compte lorsqu'on explore la FA, et des leçons qui ne peuvent résulter que d'expériences holistiques de la technologie.

Au-delà de ces applications et solutions technologiques qui ont un impact sur l'industrie de la FA elle-même, cette édition de 3D ADEPT Mag aborde également un sujet intemporel et complexe : **la qualification des pièces**. Choisi par notre communauté, ce sujet n'est pas nouveau pour 3D Adept Media, mais comme la FA entre dans une phase de maturation, il est nécessaire de documenter et de caractériser les efforts de qualification, (pour tenter) de fournir un cadre qui pourrait vraiment aider les industries à planifier demain, aujourd'hui.



**Kety SINDZE**

Editrice-en chef chez 3D ADEPT Media

✉ [ketys@3dadept.com](mailto:ketys@3dadept.com)

Editorial



# Significant Cost Savings on Additive Tool

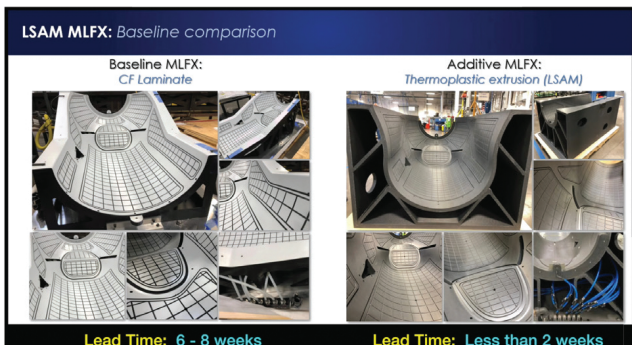
Partnership between Thermwood and General Atomics

## The Details

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

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

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

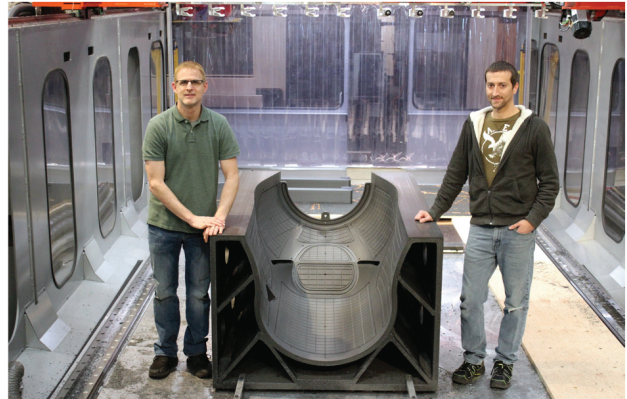


Scan QR code to view a video of the LSAM and General Atomics process.

# THERMWOOD

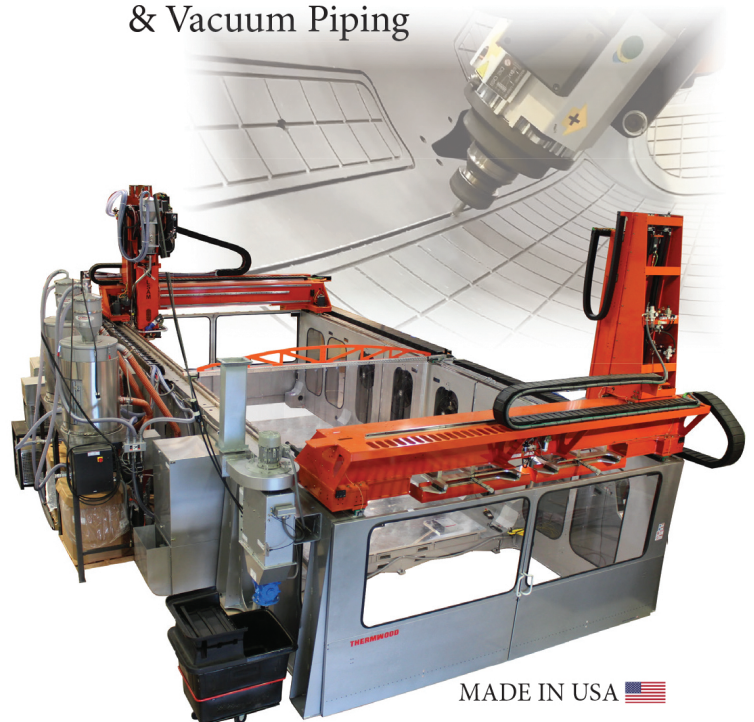
[www.thermwood.com](http://www.thermwood.com)

800-533-6901



## The Results

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



MADE IN USA

# . DOSSIER .



## QUALIFICATION DES PIÈCES IMPRIMÉES 3D: QUOI ? POURQUOI ? ET SURTOUT COMMENT ?

Une fois par an, nous nous asseyons pour évaluer certaines des informations clés que nous avons recueillies lors de nos conversations avec des équipementiers utilisant la technologie de FA et avec des utilisateurs (potentiels) de cette technologie lors des salons professionnels que nous avons visités. Cela nous permet de déterminer les problèmes ou les solutions qui sont communs aux différents secteurs. L'année dernière, nous avons appris que la nécessité de qualifier et de certifier les pièces imprimées en 3D reste un obstacle à une utilisation plus étendue de la FA sur toutes les plates-formes. À vrai dire, [la conversation sur la «qualification» et la «certification»](#) n'est pas nouvelle chez 3D Adept Media, mais comme cette technologie entre dans une phase de maturation, il est nécessaire de documenter et de caractériser

les efforts de qualification, (pour tenter) de fournir un cadre qui pourrait vraiment aider les industries.

Dans cette optique, ce dossier a pour ambition d'aider les industriels à comprendre/évaluer :

- Les approches de la qualification des pièces
- Les outils qui peuvent être utilisés dans la qualification des pièces
- S'il est possible d'exposer des considérations spécifiques pour la qualification dans des industries telles que l'armée, l'automobile et l'aérospatiale.

Nous comprenons qu'il est difficile de parler de qualification sans mentionner la certification. Toutefois, dans cet article, nous nous concentrons sur **la qualification des pièces imprimées en 3D**.



Si je devais choisir une façon de vous expliquer ce qu'est la qualification des pièces, je reprendrais les mots de John Barnes : la qualification est atteinte lorsqu' « un composant répond à l'intention de la conception ». Pour garantir l'intégrité d'une application, le processus de qualification implique un ensemble d'exigences liées aux pièces elles-mêmes, aux machines, aux matériaux, aux processus et au personnel. Comme l'explique **Chuck Nostedt**, ingénieur qualité de **Jabil** pour la fabrication additive, le défi consiste à comprendre une multitude d'exigences du client ou de l'utilisateur final et la manière dont elles sont liées à la combinaison matériau-machine.

Si des lignes directrices sont déjà en place pour les pièces fabriquées à l'aide de procédés conventionnels, il convient de noter que les organismes de réglementation et de normalisation, tels que SAE et ASTM, travaillent régulièrement sur les spécifications des matériaux et des procédés qui pourraient contribuer à la qualification et à la certification des pièces fabriquées par FA. Il n'est pas surprenant que ce manque de clarté sur ce qui constitue la qualification avec la FA soit à l'origine des difficultés rencontrées tout au long de la chaîne de valeur de la fabrication.

### I – Approches à la qualification des pièces imprimées 3D

Je voudrais attirer votre attention sur un point : la qualification est un défi auquel sont confrontés aussi bien les utilisateurs expérimentés que les débutants dans l'industrie de la FA. Les premiers ont juste eu la chance de commettre les erreurs que les seconds voudraient éviter. Cela dit, la qualification peut se faire de plusieurs manières.

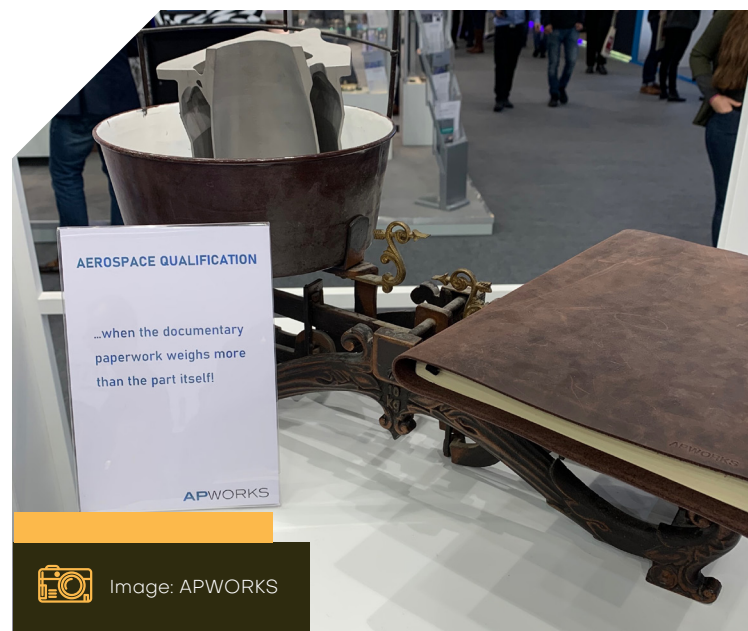
Pour Nostedt, l'approche de la qualification des pièces peut suivre quatre étapes : la **sélection des matériaux/équipements**, la **qualification des équipements**, la **validation des processus** et la **production des pièces**.

Cela signifie que l'équipe de FA doit être en mesure de « choisir une combinaison optimale matériau/plateforme d'impression 3D en fonction des exigences du client » (sélection du matériau/équipement) et de « s'assurer que toutes les imprimantes 3D et l'équipement connexe comprennent un équipement de test qui fonctionne comme prévu avant de passer à l'étape suivante de la validation du processus » (qualification de l'équipement).

La validation du processus vise à « confirmer que les pièces peuvent être produites avec les niveaux de répétabilité souhaités et de manière fiable pour répondre à toutes les exigences (mécaniques, visuelles et dimensionnelles). Cela comprend toutes les étapes des processus d'impression 3D et des processus post-impression 3D (par exemple, l'enlèvement de la poudre, le nettoyage, l'enlèvement du support, le traitement thermique, la finition de la surface, l'usinage des pièces à la dimension voulue, l'emballage, etc. :

- Pour que la validation des procédés puisse commencer, l'utilisateur doit comprendre quels sont les paramètres critiques de chaque procédé, ce qu'on appelle parfois la **caractérisation du procédé**. Les plans d'expériences (DOE) peuvent être utilisés pour déterminer les paramètres critiques du procédé. Il peut également s'agir d'études sur le recyclage des poudres afin de déterminer la fréquence à laquelle la poudre peut être recyclée ainsi que la quantité de matière vierge pouvant être mélangée à la matière récupérée.

- La validation du processus proprement dit utilise les



paramètres critiques du processus établis lors de la caractérisation du processus pour prouver que les pièces peuvent être fabriquées de manière répétée et fiable à l'aide de ces paramètres.

- Pour prouver que les pièces répondent à toutes les exigences, il faut procéder à des essais, qui peuvent comprendre des tests mécaniques, visuels et dimensionnels. L'utilisateur doit savoir si l'essai est destructif et nécessite le sacrifice d'une pièce ou si un coupon d'essai peut être utilisé à la place de la pièce. La complexité et le volume des pièces déterminent la stratégie d'essai. Par exemple, les méthodes de contrôle dimensionnel, qui dépendent de la pièce, détermineront si la pièce peut être mesurée à la main à l'aide d'un pied à coulisse, d'une jauge de type «go/no go», d'une machine à mesurer tridimensionnelle (MMT) ou d'un tomodensitomètre (CT), etc.

- La dernière étape - la production de pièces - intervient une fois la validation du processus achevée. Selon les termes de Nostedt, elle permet de «s'assurer que le produit peut être fabriqué en continu et qu'il répond toujours à toutes les exigences». Cela peut inclure, sans s'y limiter, la surveillance des paramètres du processus (puissance du laser, capteurs de température, capteurs d'oxygène, etc.) et les essais du produit (mécaniques, visuels et dimensionnels). Les essais de produits en cours de production sont généralement effectués en fonction de l'importance des exigences de qualité établies par le client ».

Cette approche comprend des étapes (et probablement des sous-étapes) que beaucoup utilisent ou utiliseraient, mais probablement pas dans le même ordre.

En outre, il ne faut pas oublier que la FA est un processus holistique par nature. C'est pourquoi il convient de se poser d'abord quelques questions dont les réponses peuvent aider à définir le cadre qui répond le mieux aux besoins de chacun.



Aidro a reçu la première certification de qualification de l'industrie par DNV pour le binder jetting en utilisant le Desktop Metal Shop System™ pour l'impression 3D de pièces en acier inoxydable 17-4PH. L'imprimante est présentée ici avec deux vannes et des coupons imprimés en 17-4PH. Image: Aidro.

Pour le président de **The Barnes Global Advisors**, ces questions sont les suivantes : « **S'agit-il d'une nouvelle pièce ou d'un concept de système ? ou S'agit-il d'une pièce existante et d'un système existant ?** » Pour Barnes, le cadre idéal de qualification devrait être commun à toutes les pièces techniques et englober la certification et la qualification. Rappelez-vous, je vous ai dit au début qu'il était difficile de parler de qualification sans mentionner la certification.

Ainsi, lorsqu'il s'agit d'une pièce existante sur un ancien système, « c'est une bénédiction et une malédiction », sourit Barnes. « La bonne nouvelle, c'est qu'il y a des exigences. La mauvaise nouvelle, c'est qu'elles ont été satisfaites par un processus de fabrication différent. » Dans cette optique, Barnes propose un processus de qualification des pièces en trois étapes :

- La première étape consiste à définir vos exigences et l'environnement dans lequel vous travaillez.
- Idéalement, le rêve de chacun est de se trouver au « stade du nouveau concept », où on envisage la FA de manière plus holistique, de sorte qu'il ne s'agisse pas seulement d'une pièce et d'un système. Il ne s'agit pas seulement d'une pièce ou d'un système, mais de la manière d'améliorer le système dans son ensemble. De cette manière, les exigences sont un peu moins connues, mais vous passez par les processus habituels définis comme des exigences.
- La deuxième étape consiste à disposer d'un processus de fabrication reproductible et fiable
- Prenant des exemples de leur fonctionnement, Barnes explique qu'à ce niveau, elles indiquent exactement comment fabriquer la pièce. L'idée est de pouvoir utiliser les spécifications des normes existantes et de démontrer qu'on peut atteindre les performances de la pièce.
- La troisième étape consiste à prouver que vous l'avez fait. « C'est la partie validation », commente Barnes. C'est exactement là qu'intervient la certification.

Votre objectif, quelle que soit l'approche que vous utilisez, doit rester le même : **atténuer ou prévenir les risques et garantir les mêmes niveaux de fidélité** que ceux observés dans les processus de fabrication conventionnels tels que le moulage, le forgeage et

l'usinage.

## II - Les outils pouvant être utilisés pour la qualification des pièces

Il existe une liste non exhaustive d'outils ou de dispositifs qui peuvent être utilisés pour qualifier les pièces. Certains d'entre eux sont souvent utilisés de manière interchangeable pour l'étape de certification. L'ingénieur qualité de Jabil explique que les **essais mécaniques et l'inspection dimensionnelle/visuelle** font souvent partie de la qualification des pièces.

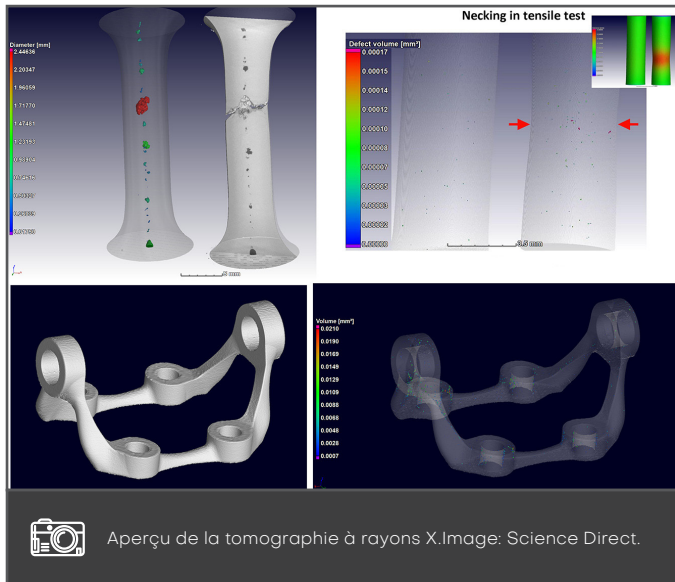
« Les essais mécaniques comprennent, sans s'y limiter, la traction, la compression, la flexion, la rupture, la rugosité de surface, la densité de la pièce, la composition chimique, le duromètre, la résistivité, l'inflammabilité, l'impact, le cisaillement, etc. En outre, les inspections visuelles/dimensionnelles recherchent généralement des fissures/défauts visibles, tandis que les inspections dimensionnelles sont facilitées par l'utilisation d'outils de mesure manuels, notamment des pieds à coulisse, des jauges de hauteur, des jauges d'épingle, etc. Les contrôles dimensionnels peuvent également être améliorés par l'utilisation d'équipements semi-automatiques, tels que les MMT ou les tomodynamomètres », souligne Nostedt.

Le **scanner**, par exemple, est l'un des outils utilisés par Conflux Technology pour qualifier ses échangeurs de chaleur imprimés en 3D. Il permet de détecter les fissures dans les pièces et de vérifier la porosité pour valider la densité des pièces. Il permet également aux utilisateurs de vérifier que leur équipement fonctionne correctement et que leurs processus sont sains et reproductibles, de sorte que les mêmes propriétés métallurgiques et mécaniques puissent être obtenues à tout moment sur les pièces imprimées en 3D.



Aperçu de la tomographie à rayons X. Image: Science Direct.





Pour Nostedt, il est important de garder à l'esprit que les outils nécessaires pour qualifier les pièces peuvent varier en fonction de la technologie, d'autant plus que certaines technologies nécessitent plus de processus de test que d'autres. En outre, la précision de la mesure du dispositif doit être déterminée en fonction de la plage de spécification de la pièce. La validation de la méthode d'essai (par exemple, Gage R&R) est recommandée pour démontrer que le dispositif est capable et cohérent, conformément aux exigences de l'application.

Quelle que soit la diversité de votre gamme d'outils, Barnes recommande aux fabricants de pièces d'être prudents et d'éviter le piège des « processus fixes » :

Certaines personnes essaient souvent de commencer par des « processus fixes ». Cela signifie qu'ils essaient de verrouiller tous les paramètres qu'ils pensent pouvoir contrôler, ce qui risque d'exclure toute amélioration future, explique-t-il.

Il donne l'exemple d'une pièce qu'ils ont qualifiée pour Airbus. « Cette pièce était fabriquée sur un système à deux lasers et, parce que ce processus fixe a été écrit à partir d'un système à deux lasers, la pièce aurait dû être requalifiée pour utiliser un système à quatre lasers, par exemple. Il peut s'agir de la même taille, du même fabricant, de la même marque, mais cela ne laisse pas de place aux améliorations. Le responsable de la conception doit donc être très clair sur les exigences et l'équipe de fabrication ne doit pas essayer de « surcontraindre » la pièce », souligne Barnes.

En fin de compte, « ce que vous recherchez, c'est un processus reproductible pour fabriquer la pièce », ajoute-t-il. « La FA est une série de processus. Tout ce que vous pouvez faire, que ce soit au niveau de la conception ou de l'inspection, vous donne une orientation à partir de laquelle vous pouvez travailler. Si nous prenons le cas d'un système existant, la question que vous vous posez est la suivante : « Comment puis-je démontrer que je vais obtenir des performances identiques ou supérieures à celles du processus de fabrication précédent et que les performances de la première pièce seront les mêmes que celles que j'obtiendrai

pour des milliers de pièces par la suite ? » ».

### III – Quelles sont les considérations à prendre en compte dans des secteurs tels que l'armée, l'automobile et l'aérospatiale ?

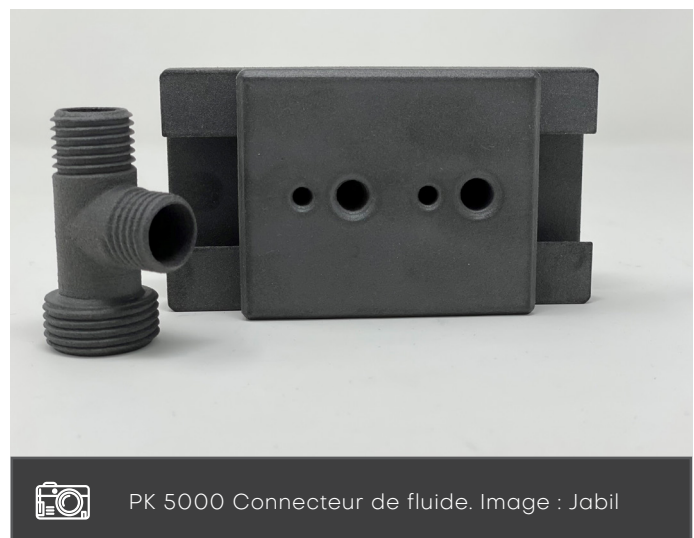
Des pièces différentes peuvent nécessiter des ensembles de paramètres différents. C'est un fait. Souvenez-vous de notre conversation avec Melissa Orme, vice-présidente de la division FA de Boeing, qui exhortait les équipementiers à prendre sérieusement en compte [la question de l'application par rapport à l'organisme de réglementation](#) et à faire leurs devoirs.

Comme l'explique Nostedt, « les exigences de validation d'une pièce conçue pour être utilisée dans une industrie réglementée sont généralement plus strictes. L'autorité chargée de la conception doit comprendre comment la pièce sera utilisée, ainsi que l'impact global d'une application critique en cas de défaillance de la pièce. En règle générale, les exigences sont plus nombreuses pour une pièce dont le risque de défaillance est plus élevé.

Les exigences peuvent également aller au-delà de la pièce elle-même et s'étendre à la documentation, comme les qualifications de l'équipement et les dossiers de formation qui ne nécessitent généralement pas de documentation pour un produit de consommation. Il est toutefois dans l'intérêt du fabricant de pièces de s'assurer que des étapes telles que la qualification de l'équipement sont franchies d'un point de vue commercial afin de garantir la production de pièces de la plus haute qualité tout en maintenant les coûts à un niveau minimum. »

Il n'est pas encore possible de discuter des spécifications de la qualification des pièces pour chaque industrie hautement réglementée. Toutefois, pour favoriser le débat et, sur le long terme, l'établissement de cadres de qualification, les équipementiers des industries verticales devraient faire preuve de transparence quant aux défis auxquels ils sont confrontés dans leur secteur respectif.

Les pièces produites pour l'automobile et l'aérospatiale, par exemple, ne sont pas soumises au même environnement et l'industrie définit la quantité d'essais





nécessaires pour un événement de qualification.

« Le processus de qualification ne change pas, mais le niveau de données requis pour répondre aux exigences d'une industrie donnée peut changer. Pour tester une pièce d'engin spatial, par exemple, on examinera des environnements à très basse température et à faible teneur en oxygène. Pour une pièce automobile, nous n'avons pas besoin de tels tests », explique Barnes.

Dans le même ordre d'idées, comme l'a expliqué Barnes, les pièces imprimées en 3D fabriquées dans cette industrie doivent résister à un environnement très austère. Les pièces traditionnelles achetées et utilisées dans les applications navales, par exemple, doivent subir des tests destructifs pour s'assurer que leurs performances répondent à ces exigences d'environnement austère. Le problème de la FA est que, malgré son potentiel, il n'existe pas encore de mécanisme standard pour évaluer si les pièces imprimées en 3D sont plus ou moins conformes aux spécifications militaires établies.

Pour Barnes, il existe de nombreuses pièces qui sont nécessaires mais dont la défaillance n'entraînerait

pas la perte du système. Aujourd'hui, de nombreuses organisations militaires font face à des challenges avec des pièces traditionnellement fabriquées par moulage. La FA soulève un certain nombre de questions, la première étant la capacité à répondre aux exigences de conception. Cela dit, au-delà de ces contraintes de fabrication, la principale préoccupation du secteur militaire à l'heure actuelle reste **la possibilité de fabriquer à temps.**

### Conclusion

La qualification (et la certification) resteront toujours un sujet d'actualité dans l'industrie dont les cadres seront continuellement mis à jour car les propriétés de la pièce imprimée en 3D sont déterminées à la fois par le matériau, le traitement et la géométrie du composant. Pour reprendre les termes de Nostedt, étant donné que différents secteurs ajoutent continuellement des documents d'orientation sur la classification des pièces pour aider les utilisateurs de la FA à qualifier les pièces, il est conseillé de se tenir au courant des processus d'essai des pièces.

### Notes de l'éditeur

En tant qu'ingénieur qualité [Jabil](#) pour la FA, **Nostedt** supervise le processus visant à garantir la qualité des polymères et des métaux utilisés dans les assemblages imprimés en 3D pour les secteurs de l'aérospatiale, de la médecine et des biens de consommation. En outre, il prend en charge les qualifications ISO, crée/ met à jour les PFMEA et les plans de contrôle, et dirige l'analyse des données pour l'amélioration continue des processus. En tant que membre de l'ASTM International, il a contribué à plus de 90 documents ou révisions de documents relatifs aux orientations, spécifications et normes de l'organisation concernant la FA, y compris la documentation conjointe ISO/ASTM.

L'expérience notable de **Barnes** avant de fonder [TBGA](#) en 2017 est son expérience en tant que cadre supérieur chez Skunk Works de Lockheed Martin où il a aidé à apporter des pièces métalliques imprimées en 3D à un certain nombre d'avions militaires expérimentaux et où il a dirigé plusieurs autres programmes visant à favoriser l'adoption des technologies de FA. Aujourd'hui, avec une équipe d'ADDvisors®, l'objectif de TBGA est de qualifier la FA et de la mettre en service dans un grand nombre d'industries.

# Hello visitors!

Welcome to the world's leading trade fair for production technology.

**EMO**  
HANNOVER  
18-23/09/2023

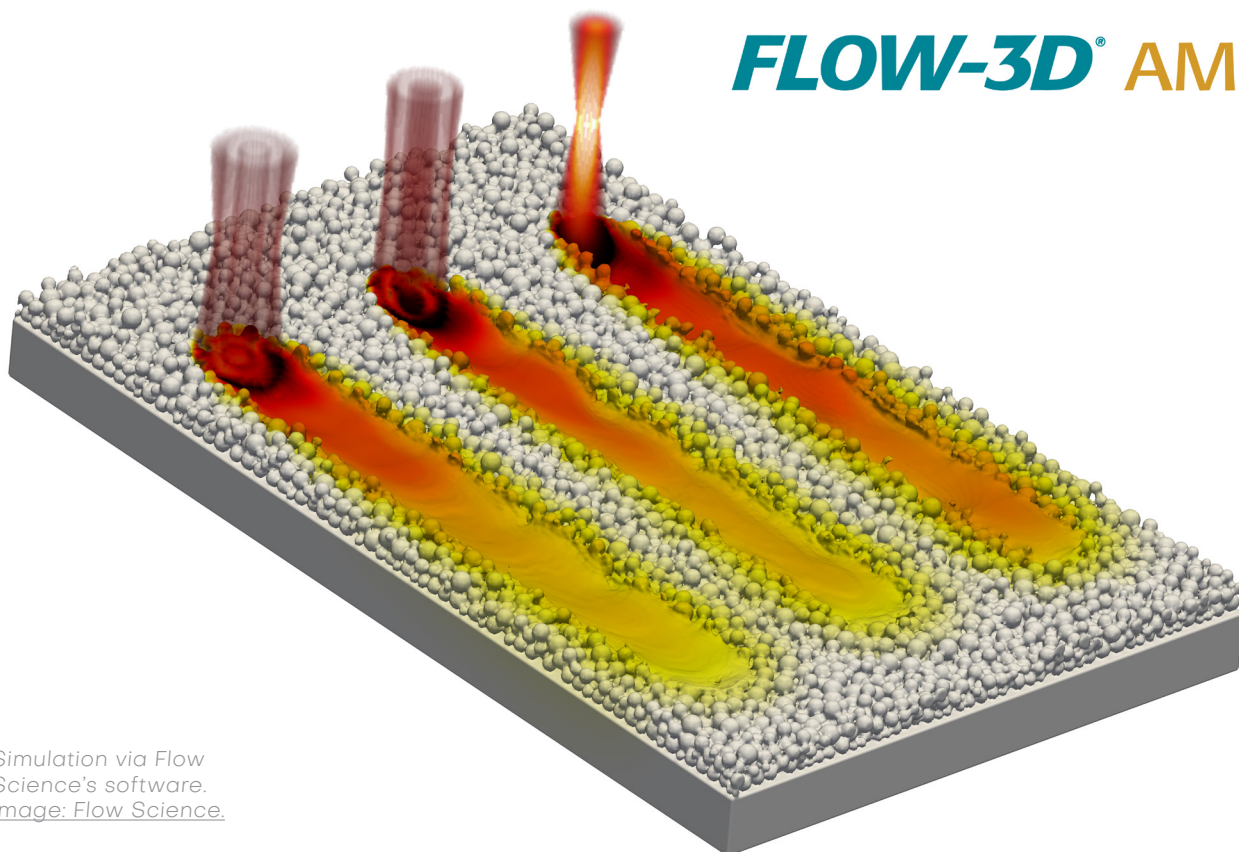
Innovate Manufacturing.

[www.emo-hannover.com](http://www.emo-hannover.com)

Eine Messe des  
A Fair by

**VDW**

# FLOW-3D<sup>®</sup> AM



Simulation via Flow Science's software.  
Image: Flow Science.

## Comment la CFD peut-elle faire la différence dans une production de fabrication additive ?

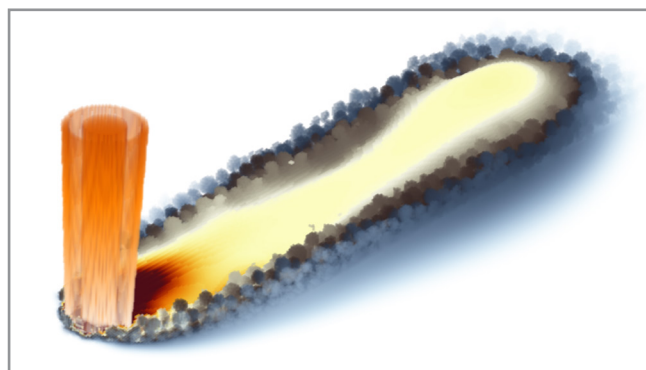
Tout ingénieur qui conçoit un produit doit valider ses décisions en s'appuyant sur des preuves collectées, c'est un fait. Parfois, une considération spécifique telle que la raison économique, la performance ou l'esthétique pèse lourd dans la balance. Pour s'assurer que sa décision est précise et rapide, l'ingénieur doit s'appuyer sur un certain nombre de solutions logicielles telles que **la mécanique des fluides numérique (MFN)**, plus souvent désignée par le terme anglais **computational fluid dynamics (CFD)**.

Si je devais expliquer la CFD en termes simples, c'est exactement ce que je dirais. Le fait est que cette explication peut s'appliquer à de nombreuses solutions logicielles. Pour comprendre l'unicité de la CFD et parler un langage familier aux ingénieurs, j'aimerais utiliser les mots de Gabriel Balelang. L'ingénieur en solutions de Conflux Technology définit la CFD comme « un outil d'analyse numérique qui peut être utilisé pour analyser l'écoulement des fluides. [Il permet aux ingénieurs de visualiser, d'analyser et d'optimiser l'écoulement des fluides dans leurs produits. »

Cela signifie que l'efficacité de la conception peut être calculée à tout moment, dans n'importe quelle

condition, virtuellement grâce à la CFD. Outre les essais, les problèmes liés à l'écoulement des fluides, au transfert de chaleur, aux turbulences ou aux matériaux peuvent être résolus à l'aide de la CFD et d'autres obstacles qui ralentissent le passage de la conception à la production.

Dans le passé, les choses n'étaient pas aussi simples, car il fallait procéder à des essais physiques coûteux pour résoudre les problèmes. Cela impliquait de nombreux essais sur des prototypes, avec beaucoup







**Gabriel Balelang**  
Ingénieur en solutions chez Conflux Technology

de rappels et d'échecs.

Une « stratégie alternative pour optimiser l'écoulement des fluides à l'intérieur/autour d'un produit implique la réalisation d'une boucle itérative de tests expérimentaux. Un modèle physique du produit doit être produit. Le produit est placé dans une soufflerie équipée d'un ensemble de capteurs pour mesurer les caractéristiques de l'écoulement à l'intérieur/autour du produit. Lors de la phase de développement du produit, les itérations de l'évolution de la conception sont testées dans le cadre de l'optimisation de la conception. Ce processus prend généralement beaucoup de temps et est relativement coûteux par rapport à l'approche CFD.

Les modèles CFD complexes nécessitent également des essais expérimentaux pour corréliser le modèle. La corrélation des modèles CFD implique la construction d'un modèle CFD et le test d'un modèle physique dans des conditions identiques afin d'évaluer l'écart entre le modèle CFD et le test expérimental. Les modèles CFD peuvent alors être ajustés pour corriger les écarts entre les résultats des essais physiques et les prédictions CFD », explique Balelang.

Cela dit, ces méthodes d'analyse numérique ne sont peut-être pas nouvelles pour vous si vous produisez déjà des pièces à l'aide de procédés de fabrication traditionnels. Cependant, si vous utilisez la FA, il existe un certain nombre de différences, de défis et de cas d'utilisation variés qui méritent d'être mis en évidence avec la CFD. C'est exactement l'objectif de cet article.

Avant d'aborder ce sujet, l'une des croyances que j'ai errées est que la CFD était similaire à la FEA, abréviation de Finite Element Analysis (analyse par éléments finis). L'analyse par éléments finis consiste à construire un schéma numérique pour résoudre un problème, tandis que la CFD fait référence à un

domaine d'application des méthodes de calcul. C'est pourquoi, comme nous l'apprendrons ci-dessous, l'analyse par éléments finis peut aider à résoudre certains problèmes liés à la CFD.

### La CFD en FA : Les principales étapes de la CFD en FA

Dans la fabrication de produits faisant appel à des processus de fabrication traditionnels, les ingénieurs doivent suivre trois étapes pour réaliser une analyse CFD : le prétraitement, le traitement et le post-traitement. Ces étapes sont les mêmes pour le développement de produits faisant appel à la FA.

Le prétraitement peut aider à définir les paramètres qui seront utilisés dans les simulations. En d'autres termes, il s'agit de définir le modèle. Il s'agit de préparer la géométrie, le matériau et les paramètres du processus, ainsi que les paramètres numériques tels que le maillage ou le nombre de phénomènes physiques à prendre en compte.

Lors du traitement (résolution), la géométrie maillée est importée dans le Solveur où le modèle physique requis et les conditions aux limites sont appliqués au modèle. Cette étape consiste à exécuter la simulation.

Au cours de l'étape de post-traitement, les fichiers de résultats sont importés dans le post-processeur où l'écoulement peut être visualisé et les données extraites du modèle de simulation. Des informations telles que la taille du bain de fusion ou le champ de température, ou des données plus complexes telles que la porosité, la rugosité de la surface, les gradients de température, les taux de refroidissement ou même le potentiel de projection peuvent être extraites.

### La CFD dans la FA : Quelques exemples d'applications où la CFD a fait la différence

Jusqu'à présent, la CFD a fait la différence dans les domaines de la gestion thermique, de la cavitation, des turbomachines et des interactions structurelles. Les applications de cavitation, par exemple, comprennent les pompes, les vannes, les compresseurs et les injecteurs de carburant, qui sont sujets à des bulles de vapeur entraînant du bruit et des vibrations. Pour éviter ce problème, une série d'analyses et de simulations CFD peuvent être effectuées pour s'assurer que la conception ne produit pas un modèle sujet à la cavitation dans l'un des composants concernés.

Connu pour avoir réinventé les [échangeurs de chaleur à haute performance](#) grâce à la FA, Conflux Technology utilise la CFD dans le développement de la conception. « Conflux peut procéder à des itérations de conception à un rythme rapide pour parvenir à des solutions optimales. Plusieurs itérations de conception peuvent être analysées sans qu'il soit nécessaire de produire plusieurs modèles physiques et d'effectuer plusieurs tests expérimentaux. L'écoulement dans les échangeurs de chaleur de Conflux peut être visualisé et analysé à l'aide de la CFD. Les caractéristiques uniques de l'écoulement autour de la géométrie complexe du cœur et des collecteurs peuvent être mieux comprises et optimisées pour maximiser les performances. Les modèles de transfert de chaleur, d'écoulement interne, d'écoulement externe et de combustion peuvent être élaborés à l'aide de logiciels de CFD », nous a expliqué Balelang.

Un autre exemple qui mérite d'être mentionné est celui de Domin. Cette entreprise de solutions hydrauliques utilise la CFD comme outil de réduction des coûts. Elle a créé divers modèles de dynamique des fluides pour la simulation dynamique des pompes afin d'observer les risques de cavitation, ainsi que des simulations statiques des vannes mettant en évidence les zones d'inefficacité dans l'écoulement des fluides.



*L'image ci-dessous montre les lignes de courant d'un fluide dans un modèle statique de dynamique des fluides numérique d'un corps de vanne.  
Crédit : Domin.*

L'itération des conceptions peut désormais être rapidement validée numériquement, ce qui permet d'économiser du temps et de l'argent par rapport à l'époque où il fallait procéder à des essais sur banc d'essai. L'image ci-dessus décrit un exemple de ce type. Elle fait partie d'une étude sur une vanne miniature à actionnement rotatif développée à Domin. La modélisation de la dynamique des fluides computationnelle a permis de réduire le couple de 40 % grâce à l'optimisation de la force d'écoulement autour du tiroir, tout en maintenant les capacités d'écoulement. C'est grâce à l'utilisation intensive de techniques de modélisation, telles que celles présentées ici, que Domin Fluid Power conçoit et développe des produits de haute performance avec la flexibilité et la complexité de la FA, explique la société.

Par ailleurs, pour Marcin Serdeczny, ingénieur CFD chez Flow Science, les entreprises qui utilisent la CFD, ou plus précisément leur logiciel FLOW-3D AM, sont plus souvent axées sur la recherche et le développement et travaillent dans des applications, telles que l'aérospatiale ou la défense, qui ont moins de tolérance pour les défauts ou les défaillances.

« En bref, ceux qui utilisent la CFD sont généralement des scientifiques et s'intéressent au développement d'alliages ou à des applications critiques, tandis que ceux qui utilisent l'analyse par éléments finis ont tendance à être des ateliers plus grand public qui produisent des volumes importants. Du côté de la R&D, il y a tout simplement moins de personnes travaillant dans ce domaine, et elles ont tendance à ne pas



**Marcin Serdeczny**  
Ingénieur CFD chez Flow Science

partager leurs outils de recherche aussi librement », commente Serdeczny.

### La CFD dans la FA : Quel procédé de FA et quels défis ?

Parmi le large éventail de procédés de FA utilisés sur le marché, la CFD est principalement exploitée avec les procédés d'impression 3D de métaux tels que la fusion sélective au laser/fusion laser sur lit de poudre et les procédés DED. Même si nous n'ayons pas encore vu d'applications, principalement pour des raisons de confidentialité liées aux contrats commerciaux, Serdeczny explique que le solveur de leur solution logicielle peut être utilisé pour l'extrusion de matériaux et la projection de liants, en plus de la fusion sur lit de poudre et du DED.

Le principal point d'intérêt de la FA et de la SLM en particulier est de pouvoir obtenir une pièce entièrement dense à partir des pistes interconnectées – d'où le choix judicieux des paramètres du processus pour obtenir un composant sans porosité.

« D'une manière générale, il s'agit de s'assurer que la combinaison des paramètres du processus, de la géométrie et du matériau est adaptée à la fabrication d'un produit. Par exemple, dans le cas du moulage sous pression, nous pouvons vouloir modifier la conception du système de coulée qui délivre le métal en fusion afin de garantir un remplissage uniforme et sans défaut du moule. Dans le cas du soudage au laser, le choix de la puissance du laser, de la vitesse de

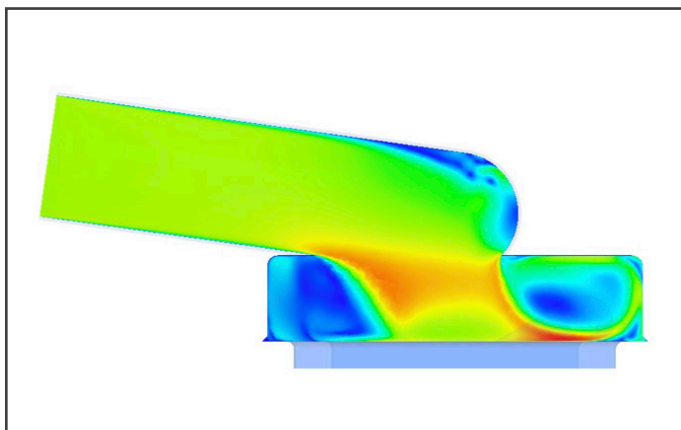
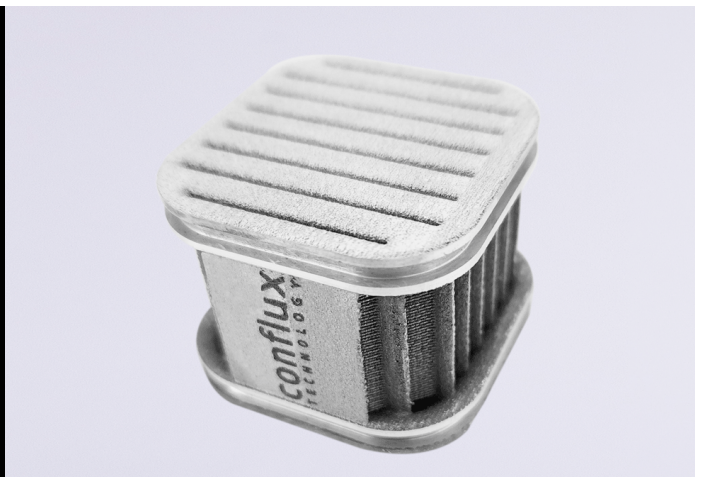
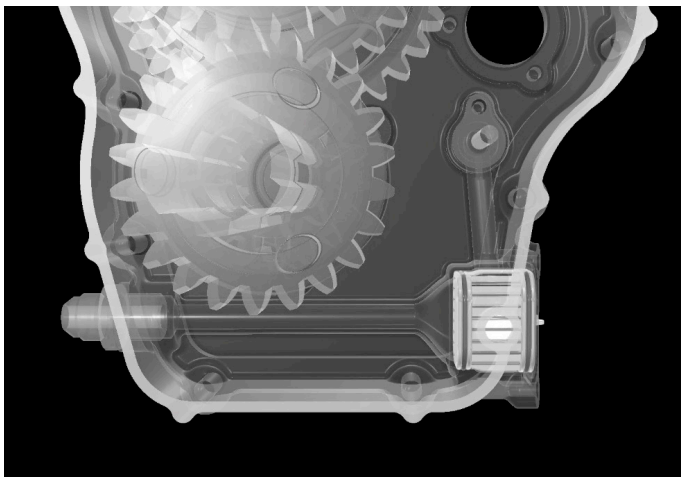


soudage et de l'épaisseur du matériau est important pour obtenir un joint solide avec une zone affectée par la chaleur minimale et sans pores. La fabrication additive comporte un grand nombre de paramètres qui peuvent être modifiés, de sorte qu'il n'est pas facile de choisir les paramètres qui permettront d'obtenir une impression sans défaut. L'utilisateur d'une imprimante 3D pour métaux doit tenir compte des paramètres du laser, tels que la puissance, la vitesse de numérisation, la trajectoire, la taille du point ou même la forme du faisceau, ainsi que du type de poudre, de l'épaisseur de la couche, de l'orientation de la pièce, etc. Il est fastidieux et coûteux de trouver une combinaison correcte par tâtonnements expérimentaux. Ces efforts peuvent être remplacés, ou du moins considérablement réduits, par l'utilisation de la simulation de la dynamique des fluides numérique (CFD) », explique **Marcin Serdeczny**, ingénieur CFD chez Flow Science.

Si Serdeczny a raison, le premier défi à relever pour résoudre ces problèmes avec la CFD est que ces méthodes d'analyse numérique – aussi conviviales soient-elles – ne peuvent pas être utilisées comme un dispositif prêt à l'emploi. Non seulement toutes les solutions CFD disponibles sur le marché ont leur

part de complexité, mais on sait qu'historiquement, la modélisation des processus de FA s'est largement concentrée sur les simulations de production, où les codes d'éléments finis (FE) sont généralement utilisés. Selon Serdeczny, cela permet aux utilisateurs de prendre des décisions de conception à l'échelle de la pièce (structures de support, optimisation de la topologie), sans avoir à prendre en compte les phénomènes physiques au niveau de la couche individuelle, où des hypothèses de calcul sont faites sur la géométrie de la piste, le cycle thermique, etc.

« La CFD aborde le problème d'un point de vue à méso-échelle où l'accent est mis sur quelques pistes et couches et où aucune hypothèse n'est faite sur la géométrie ou le cycle thermique. Cependant, en incorporant autant de phénomènes physiques supplémentaires et en ne faisant pas d'hypothèses, les durées d'exécution des simulations deviennent plus élevées que dans les constructions par éléments finis. D'après notre expérience, la plupart des entreprises d'AM procèdent à des modifications de conception à la volée qui ne nécessitent pas de simulations aussi rigoureuses et précises, de sorte que la solution FE est suffisante », complète Serdeczny.



La première image montre un échangeur de chaleur compact à cartouche produit par Conflux Technology. La deuxième image montre l'échangeur de chaleur compact à cartouche dans une application de boîte de vitesses automobile. La troisième image montre une simulation de collecteur. Aucune optimisation du flux du collecteur n'a été effectuée dans le cadre de cette étude de cas, d'où une distribution du flux moins qu'optimale dans la cartouche. Un effort approprié de CFD permet d'obtenir de meilleures répartitions du flux. Crédit : Conflux Technology.

Même si l'efficacité, la flexibilité et le retour d'information pratique sont les principaux avantages de la CFD que nous avons appris jusqu'à présent, il est important de mentionner quelques défis auxquels les utilisateurs de la FA peuvent être

confrontés lors de l'utilisation de la CFD en tant que telle. Il s'agit par exemple des problèmes de maillage et de ressources de calcul pour les pièces complexes imprimées en 3D, ainsi que de la rugosité de surface inhérente aux pièces imprimées en

3D et de la corrélation de la CFD. Pour Balelang :

« La construction d'un modèle CFD exige que le modèle géométrique soit discrétisé en éléments. Au cours du processus de résolution



CFD, des équations mathématiques sont résolues et des informations sont transmises entre chacun de ces éléments. Le processus de discrétisation d'une géométrie en éléments s'appelle le maillage. Pour un composant très complexe, ce qui est généralement le cas des pièces imprimées 3D, le maillage peut s'avérer difficile. Le maillage doit capturer toutes les surfaces et tous les volumes du composant tout en ayant une bonne qualité. Il peut également être difficile de capturer les couches d'inflation appropriées pour une géométrie complexe. En général, une géométrie complexe nécessite un volume d'éléments fins, ce qui se traduit par un nombre élevé d'éléments de maillage, d'où un processus coûteux en termes de calcul.

Par ailleurs, ce n'est un secret pour personne que les pièces obtenues par FA présentent une rugosité de surface inhérente qui résulte des paramètres du processus et de la stratégie de construction de la pièce sélectionnée.

Pour les pièces produites par SLM, la densité d'énergie et le bain de fusion produisent une rugosité sur les surfaces de la pièce. Les surfaces orientées vers le bas

ont tendance à présenter une plus grande rugosité.

La géométrie produite par le logiciel de CAO pour le modèle CFD ne tient généralement pas compte de la rugosité inhérente de la surface produite lors de la fabrication du composant. Cette rugosité de surface inhérente peut affecter les performances du composant. Par exemple, la rugosité de la surface peut entraîner des turbulences et une perte de charge plus importante. L'effet de la rugosité de surface n'est pas pris en compte par la simulation CFD, ce qui entraîne généralement des divergences entre les prévisions CFD et les résultats expérimentaux. Cela souligne l'importance de la corrélation CFD pour les pièces imprimées 3D », ajoute l'expert de Conflux Technology.

« Une chose est sûre, la CFD est mieux adaptée aux applications où l'écoulement de la matière est un aspect important du processus. C'est ce que l'on observe dans la plupart des procédés additifs où la poudre brute ou le fil est fondu à l'état liquide et déposé pour former une pièce en 3D », complète l'expert de Flow Science.

## Conclusion

Si la CFD était déjà un outil essentiel pour l'ingénieur concepteur, son importance s'est révélée encore plus grande avec la FA, car elle permet un taux élevé d'itérations de conception complexes et de validation pour atteindre les objectifs de performance. Toutefois, le fait que la plupart des applications ne mettent en évidence que l'utilisation du procédé LPBF peut donner l'impression que le potentiel du CFD est limité à certaines technologies. Les fabricants de pièces et les utilisateurs de FA doivent maintenant faire un effort supplémentaire pour démontrer comment la CFD peut être appliquée à la fabrication de produits impliquant d'autres technologies de FA. C'est en tout cas le prochain domaine que nous espérons voir se développer.

Enfin, même si la CFD permet de réduire le nombre d'expériences nécessaires au prototypage et aux essais (ce qui inclut le coût global et les risques associés), il ne faut jamais oublier que qu'elle ne remplace pas les essais en conditions réelles.

## Quelques mots sur les entreprises participantes

**Conflux Technogy** est une société de FA spécialisée dans le développement d'applications thermiques et fluidiques. L'équipe utilise la CFD dans la phase de développement des échangeurs de chaleur. L'entreprise explique que la conception d'un échangeur de chaleur implique de maximiser le transfert de chaleur avec la perte de charge la plus faible possible. Une distribution uniforme du flux dans le cœur de l'échangeur de chaleur est également essentielle pour obtenir des performances maximales. Les ingénieurs de Conflux utilisent la CFD pour optimiser les performances du cœur de l'échangeur de chaleur et évaluer la distribution du flux depuis le réservoir final/le collecteur jusqu'au cœur de l'échangeur de chaleur.

**Flow Science** développe FLOW-3D AM, une solution de simulation CFD que les fabricants de machines de FA peuvent utiliser pour développer des ensembles de données de paramètres de processus qui produisent de bonnes impressions sans avoir besoin de passer des heures en laboratoire. Des prévisions précises de la forme du bain de fusion permettent aux fabricants d'éviter la porosité due à l'absence de fusion qui peut se produire entre les couches et les trappes et réduire la densité. En comparant les températures simulées à l'intérieur de la piscine de fusion, résultant de différents ensembles de conditions de processus, un utilisateur peut juger quelle recette peut conduire à une contrainte thermique plus élevée pendant l'impression. Les prédictions du gradient thermique et de la vitesse de refroidissement lors de la solidification, complétées par des tests expérimentaux, permettent aux utilisateurs de cibler une microstructure spécifique.

# Post-traitement

## CONSIDÉRATIONS CLÉS À PRENDRE EN COMPTE POUR LE DÉPOUDRAGE DES PIÈCES PLASTIQUES IMPRIMÉES EN 3D.

Parmi les tâches de post-traitement qui ont souvent été considérées comme des priorités modestes par les équipementiers, il y a le dépoufrage. Le fait est que l'on a toujours accordé beaucoup d'attention au dépoufrage des pièces métalliques imprimées en 3D, laissant les industries verticales adopter la fabrication additive (FA) avec peu d'informations sur la manière de gérer correctement ce processus avec les pièces plastiques imprimées en 3D. L'article ci-dessous a l'ambition de changer cela en discutant de 4 considérations clés à prendre en compte pour cette tâche spécifique de post-traitement. Pour ce faire, nous avons donné la parole à **Andreas Hartman**, fondateur et CEO de Solukon, et à **Philipp Kramer**, CTO et cofondateur de DyeMansion.

Ce n'est un secret pour personne que les pièces imprimées en 3D qui sortent directement de l'imprimante 3D peuvent déjà être utilisées. Toutefois, pour que ces pièces puissent apporter une valeur ajoutée et atteindre les performances souhaitées, d'autres étapes de post-traitement doivent être entreprises. Pour **Andreas Hartman**, fondateur et CEO de Solukon, ces étapes de post-traitement peuvent « être divisées en quatre catégories : déballage, nettoyage (= dépoussiérage / élimination de la poudre résiduelle collée (frittée) sur la surface de la pièce), finition de la surface (lissage chimique ou mécanique, polissage, sablage, infiltration ou fraisage, [revêtement et peinture par pulvérisation]) et coloration/teinture ».

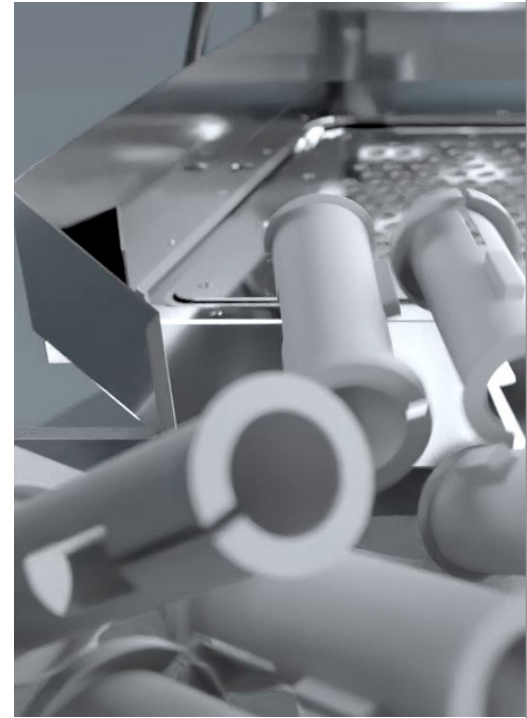
« Par rapport à la FA des métaux, il y a encore plus de processus de traitement de surface et de finition dans le post-traitement des composants polymères. En effet, l'objectif principal du post-traitement des pièces en polymère est souvent d'obtenir une résolution, une couleur et un aspect parfaits (intérieur automobile, lunettes, etc.) en plus d'une fonctionnalité optimale », ajoute Hartmann.

En ce qui concerne le dépoufrage des pièces, le concept est souvent utilisé de manière interchangeable avec le déballage et le nettoyage, ce qui n'est pas tout à fait exact. Cette terminologie peut varier d'un fabricant de machines à l'autre, en fonction de ce que leur machine peut faire. Pour la plupart des fabricants, le dépoufrage, c'est-à-dire l'élimination de la poudre des pièces imprimées en 3D, est directement suivi du nettoyage et peut être effectué dans la même machine. Toutefois, le nettoyage peut également être effectué manuellement après la phase de dépoufrage, à l'aide de brosses, ou de manière automatisée, par projection de billes de verre. Le déballage de la pièce, quant à lui, consiste à libérer la pièce du gâteau de poudre, ce qui implique souvent d'aspirer et d'éliminer la poudre. Cette étape intervient juste avant les processus de dépoufrage et de nettoyage.

Il est intéressant de noter que le dépoufrage des pièces en plastique imprimées en 3D peut facilement être compris en comparant le même processus avec les pièces en métal imprimées en 3D. C'est pourquoi nous avons identifié 4 considérations clés qui peuvent aider les fabricants de pièces à mieux comprendre ce processus.

### 1- Les processus de FA qui fonctionnent avec l'enlèvement de poudre

C'est une évidence, non ? Quel procédé de FA peut nécessiter le dépoufrage d'une pièce plastique imprimée en 3D ? Pour **Philipp Kramer**, CTO et cofondateur de DyeMansion, les pièces en plastique fabriquées dans des technologies à lit de poudre comme la fusion multijet, le frittage sélectif par laser (SLS), la fusion par absorption sélective [SAF™] et le frittage à grande vitesse (HSS) sont les mieux adaptées au nettoyage et à la finition de



surface. « Avec ces technologies, le post-traitement consiste à éliminer l'excès de poudre lors d'une étape de nettoyage, à délivrer le bon état de surface par sablage ou lissage à la vapeur et à colorer les pièces dans la couleur souhaitée », ajoute-t-il.

### 2- La technique du dépoufrage

Là encore, la technique de dépoufrage est assez différente de ce que l'on a l'habitude de voir avec les métaux. Les deux facteurs de différenciation partagés par Hartmann et Kramer sont la **quantité** et le **poids** :

Les pièces en plastique imprimées en 3D doivent être dépouffées en quantité, alors que dans le cas du dépoufrage des métaux, seules une ou quelques pièces sont montées sur une plaque de construction. Une boîte de construction en plastique (par exemple d'un EOS P7) contient souvent de nombreux composants de formes, de structures et de tailles différentes qui doivent être débarrassés et dépouffés simultanément.

Le **principal défi du post-traitement des pièces en polymère** n'est pas d'obtenir des structures internes complexes exemptes de poudre (comme dans le cas du métal), mais de détacher



Pièces polymères dans une machine de dépoudrage Solukon. Crédit: Solukon



Philipp Kramer,  
CTO & Cofondateur de DyeMansion

soigneusement et automatiquement les pièces du gâteau de poudre et de procéder à un sablage ciblé avec des billes de verre sans endommager les pièces fragiles et filigranes. En particulier parce que les pièces en plastique ne sont pas fermement attachées à une plaque de construction comme dans le cas du métal, mais sont mélangées dans la boîte de construction et plus tard dans le bassin de rotation, elles doivent être manipulées avec beaucoup de précaution pour éviter d'endommager les pièces.

En d'autres termes, les pièces métalliques qui sont habituellement fixées sur une grande plaque de construction sont dépourvues de poudre avant d'être retirées. Pour ce faire, il faut soit faire pivoter la plate-forme construite, soit procéder à un grenailage manuel. Les pièces en plastique sont plus légères, plus souples

et produites sans structure de support ni plaque construite. Les processus automatisés de grenailage par lots dans un panier ou une bande continue sont donc très bien adaptés.

**L'utilisation de billes de verre** peut constituer un autre défi. Le porte-parole de Solukon prévient que pendant le processus de dépoudrage, les billes de verre se chargent en électricité statique et adhèrent au composant. Ces adhésions doivent être à nouveau libérées avec de l'air ionisé. En outre, au cours du processus, de plus en plus de poudre pénètre dans le produit de sablage, ce qui peut entraîner une décoloration indésirable des pièces en raison des processus thermiques (la surface s'échauffe lorsque les particules de plastique la touchent).

Par conséquent, lors de l'enlèvement de poudres polymères, une attention particulière doit être portée à la **qualité des billes de verre** (le moins de résidus de poudre possible dans le produit de sablage). Pour maintenir la qualité des billes de verre à un niveau élevé et les taux de rafraîchissement à un niveau bas, certains systèmes, comme le système Solukon, utilisent un tamisage à ultrasons.

Dans tous les cas, il faut garder à l'esprit que « l'enlèvement de poudre dans le secteur des polymères est normalement le processus de nettoyage final dans le post-traitement, alors que dans les processus métalliques, la pièce peut être contaminée à nouveau lors de l'enlèvement du support, par exemple, et doit être nettoyée finement à la fin », souligne Hartmann.

### 3- La machine idéale

C'est probablement la question la plus difficile à laquelle on doit répondre, car il existe de nombreuses options sur le marché et cet article n'a pas pour but d'étudier les caractéristiques uniques qui les distinguent les unes des autres. Si chaque solution a ses points forts et ses limites, il est important de garder à l'esprit que les applications, les volumes de production et les coûts sont les facteurs clés qui peuvent orienter votre choix vers l'une ou l'autre solution.

« Certaines sableuses manuelles de base peuvent convenir



Andreas Hartman, CTO/CEO &  
Cofondateur de Solukon



pour les pièces en métal et en plastique. Lorsque vous utilisez des solutions automatisées, il existe des différences majeures au niveau de la configuration de la machine et du processus. Il est donc recommandé aux utilisateurs de se fier à des systèmes qui ont été conçus et dédiés au métal ou au plastique. La manipulation de poudre de métal ou de plastique nécessite des installations technologiques très différentes », souligne le directeur technique de DyeMansion.

#### 4- Les mesures de sécurité

L'élimination de tous les risques liés à la santé et à la sécurité a souvent été l'un des principaux objectifs des fabricants de machines qui développent des solutions automatisées. Cet objectif est devenu une priorité absolue compte tenu du fait que la manipulation de poudres de pièces métalliques imprimées en 3D peut être explosive, voire toxique pour l'opérateur.

Ces **poussières dangereuses peuvent également constituer un risque** pour la santé de l'opérateur lors du déballage des pièces en plastique imprimées en 3D, car il doit souvent dégager manuellement les pièces du gâteau de poudre.

« La création de nuages de poudre susceptibles d'être inhalés est inévitable [d'où la nécessité de] protections respiratoires ou d'unités d'extraction des poussières. Les dimensions du travail de construction pouvant être très importantes, le déballage manuel dans des boîtes à gants protégées est difficile, voire impossible, en raison de l'accessibilité limitée.

Étant donné qu'un débit élevé de composants est

nécessaire dans les grandes installations de production, une grande quantité de poudre est également traitée. La réduction du contact humain avec les poudres dangereuses est une préoccupation encore plus pressante dans le domaine des polymères que dans celui des métaux. La production sans poussière doit être l'objectif en ce qui concerne la sécurité au travail et la protection de la santé. Cela nécessite un post-traitement automatisé, étanche et cohérent des polymères sans aucune intervention manuelle », souligne M. Hartmann.

Dans le même ordre d'idées, une **manipulation soutenue des matériaux inertes** est souvent nécessaire pour les métaux afin d'éviter la contamination par l'oxygène. Les **poudres de polymères n'étant pas aussi réactives** que certaines poudres métalliques, l'inertisation par gaz protecteur n'est généralement pas utilisée.

« Des processus de nettoyage doux avec un faible risque de formation de poussière et de chargement de la poudre, une conception du système sans sources d'inflammation et une extraction appropriée des poussières peuvent réduire suffisamment le risque d'explosion des poudres polymères. Le déballage et le dépoussiérage n'ont lieu que lorsque les pièces en polymère ont refroidi et aucun gaz inerte n'est donc nécessaire. Les processus d'oxydation ne jouent un rôle que dans le processus de fabrication et de refroidissement, et non dans le déballage ou le dépotage », conclut M. Hartmann.

#### Quelques mots sur les entreprises participantes

[DyeMansion GmbH](#) fournit des solutions connectées et entièrement intégrées pour toutes les étapes de finition des pièces en polymère imprimées en 3D. Elle propose notamment deux systèmes différents pour l'étape de dépoussage. Le Powershot C classique, qui est une solution automatisée pour les petits et moyens lots, et le Powershot Performance C/Dual, qui est dédié aux lots plus importants et aux installations de production intégrées numériquement et physiquement. Ce dernier est doté de toutes les interfaces numériques et de tous les contrôles de processus nécessaires à une fabrication entièrement traçable et peut combiner le nettoyage et le surfacage en un seul système. Les deux systèmes peuvent également fonctionner avec le processus de nettoyage PolyShot, qui offre plusieurs avantages par rapport au dépoussage traditionnel avec du verre et qui a été développé spécifiquement pour les pièces en plastique imprimées en 3D. L'entreprise estime qu'un dépoussage doux et adapté joue un rôle essentiel dans l'obtention de résultats reproductibles en matière de lissage et de coloration de la surface.





[Solukon Maschinenbau GmbH](#) fournit des solutions de dépouillement automatisées pour la fabrication additive. L'entreprise estime que ce qui différencie le dépouillage des polymères des systèmes de dépouillage des métaux est la nécessité d'une manipulation particulièrement douce des pièces. Pour le dépouillage des pièces en polymère, elle propose le SFP770 pour les pièces imprimées sur un EOS P 7, P1 et P5. Au niveau global, le SFP770 est un système de post-traitement unique en son genre. Il est le seul sur le marché à inclure à la fois une station de déballage automatisée et une station de nettoyage pour les composants SLS dans un seul système. Ce qui rend ce système unique, ce n'est pas seulement la combinaison des deux étapes de déballage et de nettoyage, mais aussi le fait que le système est capable d'accueillir l'ensemble de la boîte de construction d'une imprimante polymère. Le processus du SFP770 comprend le chargement, le déballage, le transfert et le nettoyage (dépowdering). Pour garantir des résultats de nettoyage optimaux, la poudre n'est pas séparée du produit de sablage par gravité dans un cyclone, comme c'est habituellement le cas dans les systèmes de sablage standard. Au lieu de cela, Solukon utilise un

tamis à ultrasons très compact pour nettoyer précisément la poudre du produit de sablage (billes de verre). Ainsi, pratiquement aucun produit de sablage n'est perdu et seules des billes de verre très propres sont utilisées pour le nettoyage.

Solukon permet ainsi un processus de nettoyage en circuit fermé et se rapproche pour la première fois de l'idée d'un atelier sans poussière. Outre l'efficacité économique, la santé et la sécurité au travail sont considérablement améliorées au même titre que l'acceptabilité des produits.



Machine de dépouillage Solukon pour pièces en plastique



# Applications

## EVITER OU MINIMISER DES STRUCTURES DE SUPPORT DANS LA FABRICATION ADDITIVE

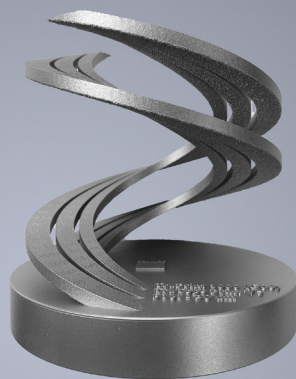


Image: Pièce sans structures de support.  
Crédit: TRUMPF.

Il y a deux types de personnes qui travaillent avec des pièces imprimées en 3D : celles qui savent comment gérer les structures de support et celles qui ne le savent pas. L'année dernière, à Formnext, en me promenant dans les allées, j'ai vu quelques pièces fabriquées sans structures de support et quelques autres où elles semblaient nécessaires. Cela m'a fait réfléchir : l'opérateur devrait-il élaborer une stratégie en matière de «structures de support» ?

Le mot «stratégie» est peut-être un peu fort, mais dans le domaine de la fabrication additive, je me suis rendu compte qu'en dépit de la philosophie «out of the box» prônée, tout doit être pensé à deux fois, y compris les choses auxquelles on s'attend le moins.

Dans ce cas, les mots «structures de support» eux-mêmes sont assez explicites. Décrites par de nombreux acteurs de l'industrie comme un «mal nécessaire», il existe des structures qui soutiennent votre composant pendant le processus de fabrication additive. L'objectif ? Faire en sorte que la pièce sorte de l'imprimante 3D sans déformation due à un affaissement. Néanmoins, le processus de réflexion préalable vaut la peine d'être mené une fois que vous réalisez qu'elles peuvent en fait affecter le prix de votre pièce.

L'article ci-dessous a pour but de discuter :

- Quels processus de FA peuvent conduire à la formation de structures de support (SS) - au cas où vous ne connaîtriez pas la FA - et surtout, pourquoi en avons-nous besoin ?
- Quel est le coût à prendre en considération ?
- Et comment devrions-nous aborder une stratégie de «structures de support» ?

Quels processus de gestion de la FA peuvent conduire à la formation de structures de support (SS) et pourquoi en avons-nous besoin ?

### Quels processus de FA peuvent conduire à la formation de structures de support (SS) et pourquoi en avons-nous besoin ?

Tout d'abord, des « structures de support sont

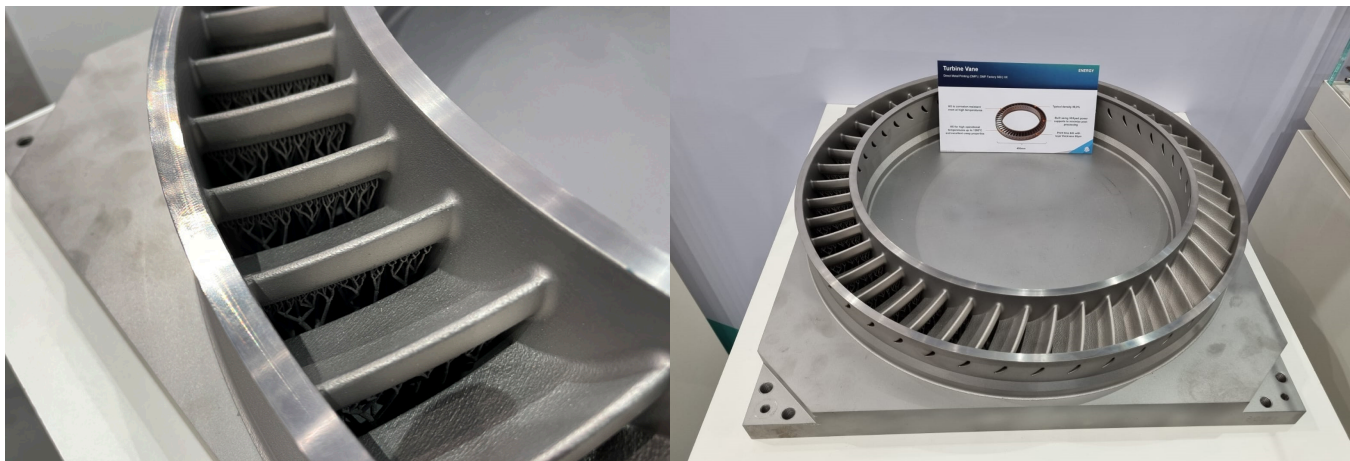
nécessaires pour relier les pièces à la plaque de construction ». En l'absence de connexion, la machine à recouvrir pousserait le matériau fondu vers une autre position. En outre, les supports sont nécessaires pour absorber les tensions matérielles qui se produisent pendant la solidification du matériau fondu. En outre, les structures de support dissipent la chaleur de la pièce vers la plaque de base et évitent ainsi la surchauffe, affirme d'emblée **Dominik Maurer**, TRUMPF Additive Manufacturing, Application and Process Development (fabrication additive, développement d'applications et de processus).

Toute personne ayant un peu d'expérience dans l'impression 3D FDM a peut-être déjà eu l'occasion d'utiliser les **SS**. Étant donné que le processus technologique consiste à déposer couche après couche de filament, chaque nouvelle couche doit être soutenue par celle qui se trouve en dessous. C'est de la physique ! Cette raison de «fixation» s'applique également à la **SLA** et à d'autres technologies à base de résine telles que la DLP et la LCD.

Il est surprenant de constater que si les SS ne sont pas nécessaires pour la technologie SLS, ils le sont pour le procédé DMLS (Direct Metal Laser Sintering). En outre, compte tenu des températures élevées dans le volume de construction, ils garantissent également une **dissipation uniforme de la chaleur**.

Il va sans dire que la formation de SS implique certaines spécifications propres à chaque technologie :

« Les structures de support sont nécessaires pour différentes raisons en fonction de la technologie, et dans certains cas, elles ne sont pas nécessaires du



Ailette de turbine produite à l'aide de supports de rupture. Crédit : 3D Adept.  
Images prises sur le stand de 3D Systems à Formnext 2022.

tout. Par exemple, dans le **frittage sélectif laser** (SLS), il n'y a pas de structures de support, les pièces flottent librement dans la poudre de construction adjacente, ce qui permet de construire des pièces complexes avec peu de compromis géométriques.

Dans le cas de la **stéréolithographie** (SLA), c'est-à-dire de la méthode descendante sans membrane basée sur la cuve, des supports très minimes sont nécessaires car le processus de construction est largement flottant, et les supports que vous utilisez sont très fins, efficaces en termes de matériaux et faciles à retirer. En général, ils sont nécessaires pour initier, stabiliser et fixer avec précision les sections transversales émergentes. Avec la SLA, il est possible d'obtenir des surfaces très peu profondes et de grandes portées autoportantes.

Lorsqu'une membrane est introduite, comme c'est le cas pour les **systèmes DLP, LCD et certains systèmes à base de laser**, les supports deviennent plus robustes, en fonction du type de membrane et de la nature de la géométrie.

Avec les systèmes FDM et/ou les systèmes d'extrusion plastique généraux, les supports sont assez étendus car vous construisez dans l'air et les effets de la gravité ainsi que la tension du processus provenant des formes de refroidissement nécessitent des ancrages étendus. Cela dit, il existe des astuces qui vont de la modification de la conception à des réglages spéciaux du processus pour interagir avec

les interfaces afin de réduire la densité et d'améliorer le processus d'enlèvement.

Dans le cas de **l'impression directe sur métal** (DMP), les supports sont en fait multifonctionnels. Non seulement ils sont généralement nécessaires pour initier la géométrie suspendue, mais ils remplissent en fait deux fonctions : d'une part, ils servent de dispositifs de fixation pour maintenir les sections transversales à partir de l'accumulation de contraintes pendant le processus de construction et, d'autre part, ils permettent de transférer la chaleur hors de la géométrie pendant le processus de construction.

Dans le cas de l'impression directe sur métal (DMP), les supports sont en fait multifonctionnels. Non seulement ils sont généralement nécessaires pour initier la géométrie suspendue, mais ils remplissent en fait deux fonctions : d'une part, ils servent de dispositifs de fixation pour maintenir les sections transversales au sol contre l'accumulation de contraintes pendant le processus de construction et, d'autre part, ils permettent de transférer la chaleur hors de la géométrie pendant le processus de construction.

Récemment, alors que les ingénieurs comprennent mieux la physique complexe impliquée dans la **fusion et la resolidification des métaux en poudre**, nous avons assisté à des changements remarquables dans la réduction des supports, au point qu'il est souvent possible de se débarrasser de la plus grande partie d'entre eux.

Cela a un impact considérable sur la consommation de matériaux, les temps de construction et la main-d'œuvre en aval. Mais c'est sur la conception que l'impact est le plus important. La philosophie «Le meilleur support est l'absence de support» – rendue possible par le développement de processus avancés et le contrôle du niveau vectoriel – élargit l'espace de conception. La conception est une proposition de valeur fondamentale de la FA », déclare **Patrick Dunne**, vice-président du groupe d'intégration des applications de 3D Systems.

### Quelle est cette considération de coût ?

On nous dit souvent que le post-traitement est l'étape de fabrication qui augmente le coût final de la pièce imprimée en 3D. En disant cela, il peut être facile de négliger les autres considérations (mineures) qui continuent d'augmenter le coût final.

Prenons l'exemple du FDM : comme les SS nécessitent du matériel d'impression supplémentaire, cela augmente d'une certaine manière le coût de production au sein de ce processus. Sans oublier que quiconque dit SS implique un **travail supplémentaire au niveau du post-traitement**, et ce, quel que soit le processus de FA utilisé, ce qui se traduit par un **coût final plus élevé** de la pièce.

Par ailleurs, alors que nous insistons de plus en plus sur la nécessité de mettre en place des processus de fabrication plus «verts», rappelons que la SS signifie aussi, d'une



certaine manière, plus de **«déchets de matériaux»**. «Certains matériaux nécessitent plus de support que d'autres en raison de différences dans les contraintes internes du matériau lors de la solidification. Par exemple, de nombreux alliages d'aluminium nécessitent peu de supports par rapport à des matériaux soumis à de fortes contraintes comme les alliages de titane », explique Maurer.

Le problème, c'est que le processus de fabrication étant le principal moteur des SS, les ingénieurs n'ont qu'une seule solution pour éviter ou minimiser leur formation : améliorer la conception de leurs pièces. Une idée que Dunne confirme : « [la] présence [de SS] est due à la combinaison du matériel et du processus de fabrication, des matériaux, de la conception de la pièce et, bien sûr, de l'orientation de la construction. La combinaison de la DfAM avec une orientation optimale et des capacités de contrôle fin des processus peut les réduire massivement – **dans certains cas jusqu'à zéro** ».

### La stratégie de “ structures support ”

Puisque **tout commence dans le logiciel**, l'adoption d'une stratégie SS par le biais de la DfAM signifie que l'ingénieur doit intégrer le SS dans la conception de manière à remplir de multiples fonctions.

« Idéalement, cela se fait en concevant les pièces sans surfaces critiques en surplomb qui doivent être soutenues. Traditionnellement, toutes les surfaces présentant un angle de dépassement inférieur à 45° par rapport à la plaque de base devaient être soutenues. Grâce à des paramètres de processus intelligents pour les zones en surplomb (les «paramètres de la peau descendante»), il est désormais possible d'imprimer des angles en surplomb jusqu'à environ 25° sans aucune structure de support. Avec des ajustements spéciaux des paramètres de la peau descendante, il est parfois même possible d'imprimer des angles allant jusqu'à 10° sans aucune structure de support. Étant donné que la qualité de surface de ces surfaces à faible angle est comparativement mauvaise et

que les paramètres spéciaux de la couche inférieure s'accompagnent souvent d'un temps d'impression supplémentaire, les surfaces inférieures à 25° doivent encore être évitées dans la conception de la pièce, si possible », explique Maurer.

En prenant l'exemple spécifique du LPBF où le besoin de structures de support dépend en particulier de la géométrie de la pièce et du matériau d'impression, il ajoute spécifiquement :

« D'une manière générale, la conception des pièces doit être adaptée au processus LPBF. Il existe de nombreuses directives telles que les épaisseurs de paroi minimales, les diamètres de trou maximaux ou l'angle sans support le plus bas. Chez TRUMPF, nous proposons des formations à la conception pour le procédé LPBF aux ingénieurs concepteurs internes et externes afin de leur permettre de sélectionner les pièces LPBF potentielles.

Dans la plupart des cas, la conception des pièces est réalisée à l'aide d'un logiciel de CAO conventionnel. Les concepteurs disposent de nombreuses fonctions utiles pour optimiser leurs pièces pour le procédé LPBF et pour réduire les structures de support. Mais ces fonctions ne remplacent pas la compréhension générale des directives de conception pour le LPBF de l'ingénieur concepteur ». Cela semble être beaucoup de contraintes pour une technologie qui devrait permettre la **«liberté de conception»**. Si parfois, l'expérience holistique enseigne les meilleures leçons, voici quelques idées que nous aimerions que vous considériez :

- Utilisez une solution logicielle qui permet de contrôler les supports de vos pièces imprimées en 3D.
- Assurez le contrôle des paramètres de construction dans la zone de surplomb de la pièce.
- Selon l'expert de 3D Systems, des astuces simples comme l'auto



propagation de caractéristiques qui n'ont pas besoin de supports ou même l'adoption de supports permanents et intégrés peuvent être très utiles. En intégrant les supports dans la conception et en les laissant en place, vous supprimez la main-d'œuvre nécessaire en aval – Sinon, le contrôle in situ peut être une autre option. En utilisant un système de revêtement sans contact, par exemple, l'ingénieur peut supprimer le besoin de supports.

- Une solution intéressante a été présentée au salon Formnext 2022 par le fabricant de machines [Duplex](#). En imprimant en 3D par le dessus de la pièce et par le dessous en même temps, la tête d'impression 3D inférieure devient une réponse au support puisqu'elle est essentiellement le SS. Comme vous pouvez le voir dans la vidéo, la buse elle-même soutient les éléments en surplomb lors de leur fabrication.

- Enfin, un autre exemple récent apparu sur le marché concerne la gestion thermique du bain de fusion. Avec sa [solution Free Float](#), par exemple, SLM Solutions offre aux utilisateurs la possibilité de choisir entre différents profils en fonction de la qualité de la pièce et de l'élimination du support souhaitée.

### Concluding

Les SS constituent sans aucun doute un domaine de développement intéressant pour la FA, car de nouvelles solutions sont mises au point pour parvenir à une fabrication «sans support». Même si elles peuvent affecter la conception, le matériau et même les décisions de post-traitement en FA, elles renforcent l'idée qu'il n'existe pas de solution «unique» en FA.



# Depowdering system SFM-AT1000-S

**NEW**

Special version for big parts up to  
600 x 600 x 660 mm (e.g. NXG XII 600)

- Advanced front-top-loading by crane
- Short rotation arm for optimal center of gravity position



# Materials

## Y a-t-il un futur sérieux pour l'impression 3D de bois?

Cela fait une décennie que l'impression 3D de bois existe. Pourtant, il a fallu le lancement de [Forust™](#), la filiale de Desktop Metal dédiée aux pièces en bois à usage final, pour s'interroger sur l'avenir de ce matériau dans cette industrie. Forust™ affirme que sa technologie de « binder-jetting » permet d'obtenir de grands volumes de pièces en bois à usage final. Est-ce à cela que ressemblera l'industrialisation de l'impression 3D sur bois ?

Il y a dix ans, l'impression 3D de bois était assimilée à l'utilisation de filaments de bois avec une imprimante 3D FDM. Pour faire simple, du bois neuf ou usagé était réduit en poudre fine, puis mélangé à des liants tels que le silicate de sodium, le ciment, la cellulose, le gypse, les plastiques et les adhésifs pour créer un filament. Au fil des ans, les chercheurs qui s'intéressaient à ce matériau ont proposé de nouvelles solutions qui pouvaient être utilisées avec d'autres technologies et, parfois, qui permettaient une production respectueuse de l'environnement, sans abattre d'arbres.

### Types de matériaux en bois

Comme indiqué plus haut, outre l'impression 3D FDM qui traite le filament de bois, le bois peut également être traité par **jet de liant**. Dans le cas de Forust™ par exemple, le processus est basé sur une technologie de FA brevetée de jet de liant en un seul passage qui valorise les sous-produits de la fabrication du bois (poussière de cellulose) et de l'industrie du papier (lignine) et re-matérilise des pièces de bois fonctionnelles grâce à l'impression 3D à grande vitesse, y compris le grain numérique dans toute la pièce. Le matériau est ensuite traité par l'imprimante 3D sous forme de poudre.

Outre la poudre, le bois peut également être disponible sous forme de granulés. [Industry SE](#), un fabricant de machines basé en Suède, utilise ce type de matériau pour ses imprimantes 3D. **Jonas Carlsson**, CEO de l'entreprise, explique que ce processus est intéressant à la fois en termes de « coûts des matériaux et d'efficacité d'impression ». « Nous travaillons principalement avec Stora Enso, l'une des plus grandes entreprises forestières de Suède. Ils ont développé un matériau appelé **Durasens 50 et 30**. Le Durasense 50 contient 50 % de poussière de scierie et le Durasense 30 en contient 30 %. Stora Enso dispose d'une imprimante 3D MAGNUM dans ses locaux de Hyltebruk, en Suède. L'entreprise a utilisé notre machine pour développer le matériau, mais aussi pour la production dans le cadre de son concept OneLoop. [Une chaise de bar peut être imprimée en moins de 2,5 heures, par exemple.] Il est possible de réutiliser ce matériau jusqu'à 20 fois. Lorsque le produit imprimé en 3D a atteint sa fin de vie, il suffit de le déchiqueter en granulés et de l'imprimer à nouveau en MAGNUM », il ajoute.

Par ailleurs, en Israël, une autre équipe de scientifiques **développe**



Filament en bois.  
Crédit: Filamentum





**le bois sous sa forme liquide** pour l'impression 3D. **Shany Barath**, du [Disrupt.Design Lab](#) (D.DLab), a expliqué à 3D ADEPT que « certains matériaux ont été développés au sein du Disrupt. Design Lab (D.DLab) à l'Institut israélien de technologie du Technion. Ce processus de développement implique une exploration itérative axée sur la conception et visant à créer une pâte de bois imprimable. En outre, les efforts de collaboration s'étendent à des partenaires industriels tels que Daika Wood, ce qui implique l'expérimentation de leurs matériaux à base de déchets. Le matériau arrive sous forme de poudre et, grâce à des expériences avec différents ratios de formulation, nous définissons la pâte adaptée à nos besoins d'impression. En utilisant des liants naturels, la sciure de bois dérivée des déchets industriels peut être efficacement réutilisée pour des applications d'impression 3D. La technique d'impression employée repose sur les principes du **matériau à dépôt liquide** (LDM = Liquid Deposition Material), un choix justifié par les propriétés inhérentes du matériau, qui s'apparentent aux procédures utilisées pour l'impression de matériaux à base d'argile. »

Une autre approche de l'impression 3D du bois qui mérite d'être mentionnée est celle d'**Ashley Beckwith**, une ancienne étudiante du MIT qui a fondé [FORAY bioscience](#) pour développer de nouvelles méthodes de culture du bois sans couper d'arbres. Leur technique fait appel à l'ingénierie tissulaire pour produire de la matière végétale en laboratoire. Jusqu'à présent, les scientifiques n'ont utilisé cette méthode que pour la culture de cellules animales.

« Des concepts analogues n'ont pas été transposés à l'espace de culture des plantes, en particulier en ce qui concerne la production de matériaux. Ce travail représente donc un premier regard sur une approche d'agriculture cellulaire pour la génération de matériaux végétaux », notent les chercheurs dans leur étude. Dans le but de réduire considérablement la déforestation, la prochaine étape pour cette équipe est d'imprimer du bois en 3D en laboratoire à partir de cellules d'arbres comme le pin.

#### Applications : L'industrialisation est-elle possible ?

Si la plupart de ces solutions d'impression 3D du bois ont déjà produit des prototypes viables, il convient de noter qu'elles ne ciblent pas toujours la même industrie verticale.

Avec l'impression 3D FDM et la projection de liant, certaines des applications intéressantes qui ont déjà été partagées publiquement ont été réalisées pour l'industrie des biens de consommation.

#### Impression 3D FDM

Le producteur de matériaux Fillamentum, par exemple, propose **Timberfill**, un matériau composé de fibres de bois, en particulier de fibres d'épicéa. « Le matériau composite Timberfill est spécialement conçu pour les besoins de l'impression 3D, notamment pour la technologie FDM/FFF, de sorte que la longueur des



fibres a dû être prise en compte. Timberfill a été mis au point en mélangeant des biopolyesters à base de PLA et des fibres de bois d'épicéa. Le processus de développement consiste à mélanger des biopolyesters et des fibres de bois dans le rapport souhaité, généralement 15 % de fibres de bois et 85 % de PLA. Les objets imprimés ont un aspect authentique et une odeur temporaire de bois. Nous proposons actuellement 8 nuances de couleurs et en préparons d'autres. Grâce à l'origine biosourcée du matériau, il est 100% biodégradable par compostage industriel » explique **Barbora Jurčová**, responsable de la recherche et du développement.

En ce qui concerne les applications, le matériau peut être utilisé pour développer des enceintes imprimées en 3D comme celle développée dans le cadre du **projet Spirula** en coopération avec **Akemake**.

Au niveau de la fabrication, l'utilisation du matériau Timberfill dans le processus d'impression 3D nécessite des considérations spécifiques pour obtenir des résultats optimaux. Selon **Jurčová**, comme le matériau contient des fibres de bois, il peut influencer l'imprimabilité et provoquer **une usure accrue des buses**. Pour atténuer ce phénomène, il est conseillé aux utilisateurs d'employer une buse durcie spécialement conçue et adaptée aux fibres composites. En outre, il est recommandé d'utiliser une buse d'un diamètre **minimum de 0,5 mm**. Il est essentiel de sécher correctement le matériau avant l'impression afin d'éviter la dégradation du matériau, le filage et une mauvaise adhérence des couches. Comme pour tout filament, le réglage précis des paramètres d'impression, notamment la température, la hauteur de couche et la vitesse d'impression, joue un rôle essentiel dans l'obtention d'impressions de haute qualité.

D'autres applications concernent toutes sortes d'objets décoratifs,

de sculptures artistiques, de modèles de meubles, de cadeaux personnalisés et même de pièces fonctionnelles ayant l'apparence du bois. La polyvalence de l'impression 3D à partir de filaments de fibres de bois ouvre des perspectives dans de nombreux secteurs, en particulier le design, l'art et le prototypage.

En ce qui concerne l'industrialisation, il convient de noter que plusieurs facteurs peuvent limiter le développement des filaments à base de fibres de bois. « Les propriétés mécaniques sont limitées (principalement la **fragilité**) par rapport aux matériaux traditionnels tels que les métaux ou les plastiques.

En outre, c'est la résistance à basse température du matériau qui est due au polymère utilisé. Pour certains utilisateurs, la nécessité de sécher le filament avant de l'utiliser, ainsi que l'utilisation d'une buse de plus grand diamètre, peuvent être contraignantes. Enfin, le prix est plus élevé que celui des filaments PLA ou ABS standard », souligne Mme Jurčová.

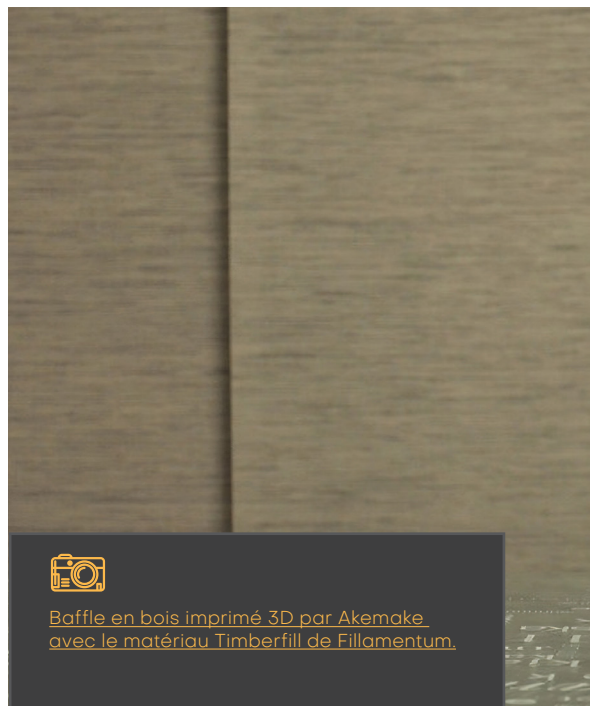
Le matériau Timberfill est aujourd'hui disponible en 8 couleurs, ce qui permet d'obtenir «une surface en bois à l'aspect authentique». Selon l'entreprise, le potentiel de l'impression 3D robotisée ouvre la voie à la fabrication d'objets à grande échelle, ce qui plaide en faveur de son adoption par l'industrie.

### Impression 3D de granulés

Si le segment grand public présente un grand potentiel, la combinaison des granulés de bois et de l'impression 3D a déjà donné lieu à des applications intéressantes dans le domaine de l'architecture.

L'utilisation actuelle de la technologie pour des applications ponctuelles telles que des objets décoratifs ou des sculptures artistiques ne permet pas d'envisager un projet d'industrialisation.

### Impression 3D de bois avec des matériaux à dépôt liquide (Liquid



Baffle en bois imprimé 3D par Akemake avec le matériau Timberfill de Fillamentum.

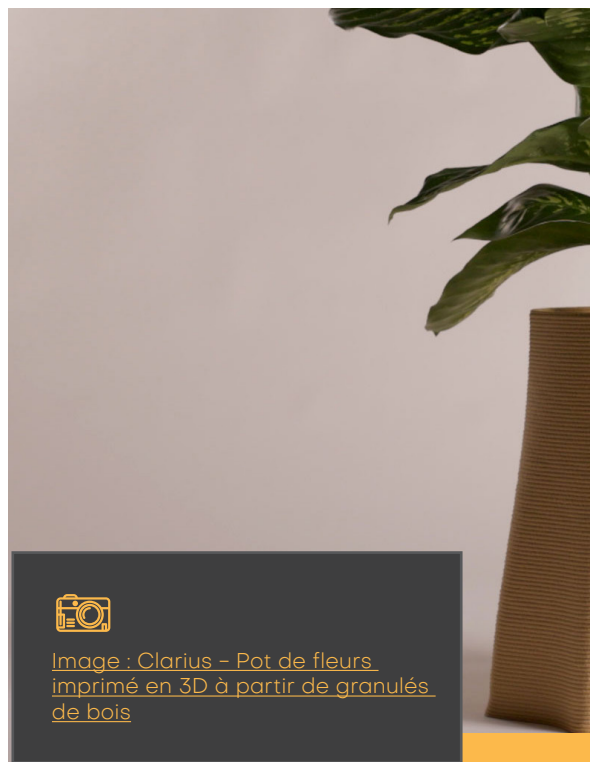


Image : Clarius – Pot de fleurs, imprimé en 3D à partir de granulés de bois

### Deposition Material)

Le projet **WoodenWood** de D.DLab est le seul que nous ayons vu jusqu'à présent, qui explore l'utilisation du bois comme pâte. Dans le but de développer des solutions circulaires pour les produits et les processus du bois, **Barath** explique qu'ils incorporent des expressions modulaires traditionnelles de travail du bois avec l'impression robotisée de pâte de bois pour le prototypage d'éléments de sièges.

Le parcours d'impression crée un



Chaise WoodenWood  
| Crédit photo : Disrupt,  
Design Lab



nouveau «textile de bois» ressemblant à une texture de rotin tout en utilisant un matériau de qualité inférieure, la sciure de bois. La structure en bois brut sert de moule pour le processus d'impression, ce qui évite de produire des déchets supplémentaires sous forme de sous-produits. Ensemble, les conceptions traditionnelles et numériques présentent une expression circulaire pour les déchets de bois vers une nouvelle fin de vie. Notre objectif premier était de **créer un prototype d'étude de cas** qui pourrait être étendu à un large éventail d'applications utilisant des déchets naturels et des matériaux dégradables dans le processus de fabrication. Le projet WoodenWood sert de démonstrateur de cette plateforme, dont les applications potentielles s'étendent de la construction et de l'architecture à la mode et à la conception de divers produits, **Barath explique.**

Au niveau de la fabrication, la formulation du matériau est adaptée **aux imprimantes LDM** (telles que les imprimantes à pâte à modeler) qui sont basées sur la pression de l'air. Cependant, le flux de travail de la conception à la fabrication nécessite des connaissances en conception computationnelle et en techniques de trajectoire d'outils robotisés. En réalité, l'utilisation de matériaux naturels dans l'impression LDM nécessite l'établissement de protocoles spécifiques pour gérer efficacement le rétrécissement inhérent et les processus de séchage ultérieurs.

Ce qui pourrait ralentir l'adoption de cette technologie, ce sont les **processus de fabrication**. Les considérations telles que les surplombs, les ponts, les étouffements, le séchage, etc. deviennent plus importantes au fur et à mesure que l'échelle de l'impression augmente. Il est donc nécessaire d'ajuster la formule et le parcours de l'outil d'impression, ce qui requiert davantage de recherche et d'expérimentation. En outre, outre sa nature axée sur la conception, l'essai mécanique est essentiel pour évaluer les performances du processus à différentes échelles, souligne Barath.

Même s'il est trop tôt pour parler d'industrialisation, à long terme, ils cherchent à obtenir des applications adaptées à l'industrie de la construction.

## Conclusion

L'impression 3D de bois est certainement attrayante, quel que soit le procédé de FA utilisé. Cependant, les types d'applications actuels qui peuvent être réalisés avec ces méthodes font qu'il est difficile d'envisager un modèle d'entreprise basé sur l'industrialisation pour les entreprises qui explorent ces techniques. Il faut espérer qu'avec l'amélioration de ces techniques, les utilisateurs seront plus confiants pour passer des prototypes et des petites séries à la production en série.





# AMSC 2023

## The International Catalogue of AM Solutions

Although additive manufacturing is hundreds of years old, the last five years have been marked by the rise of a number of industrial revolutions and awareness on the technology potential by professionals.

The only thing is that, once you've decided that Additive Manufacturing/3D Printing is right for your project/business, the next step might be quite intimidating. In their quest for the right technology, be it by email or during 3D printing-dedicated events, professionals ask us for advice or technical specifications regarding different types of 3D printing technologies & post-processing solutions that raise their interest. Quite frequently, these technologies are not provided by the same manufacturer.

The International Catalogue of Additive Manufacturing Solutions comes to respond to this specific need: be the portal that will provide them with key insights into valuable AM & post-processing solutions found on the market.

More importantly, an important focus is to enable potential users to leverage the latest developments in Additive Manufacturing. Companies can now feature the strengths of their AM Machine / Material offerings.

Please note that the International Catalogue of AM Solutions is distributed in all industry events where 3D ADEPT is a media partner and to our subscribers at home/in offices

## Additive Manufacturing / 3D Printing



AM SYSTEMS

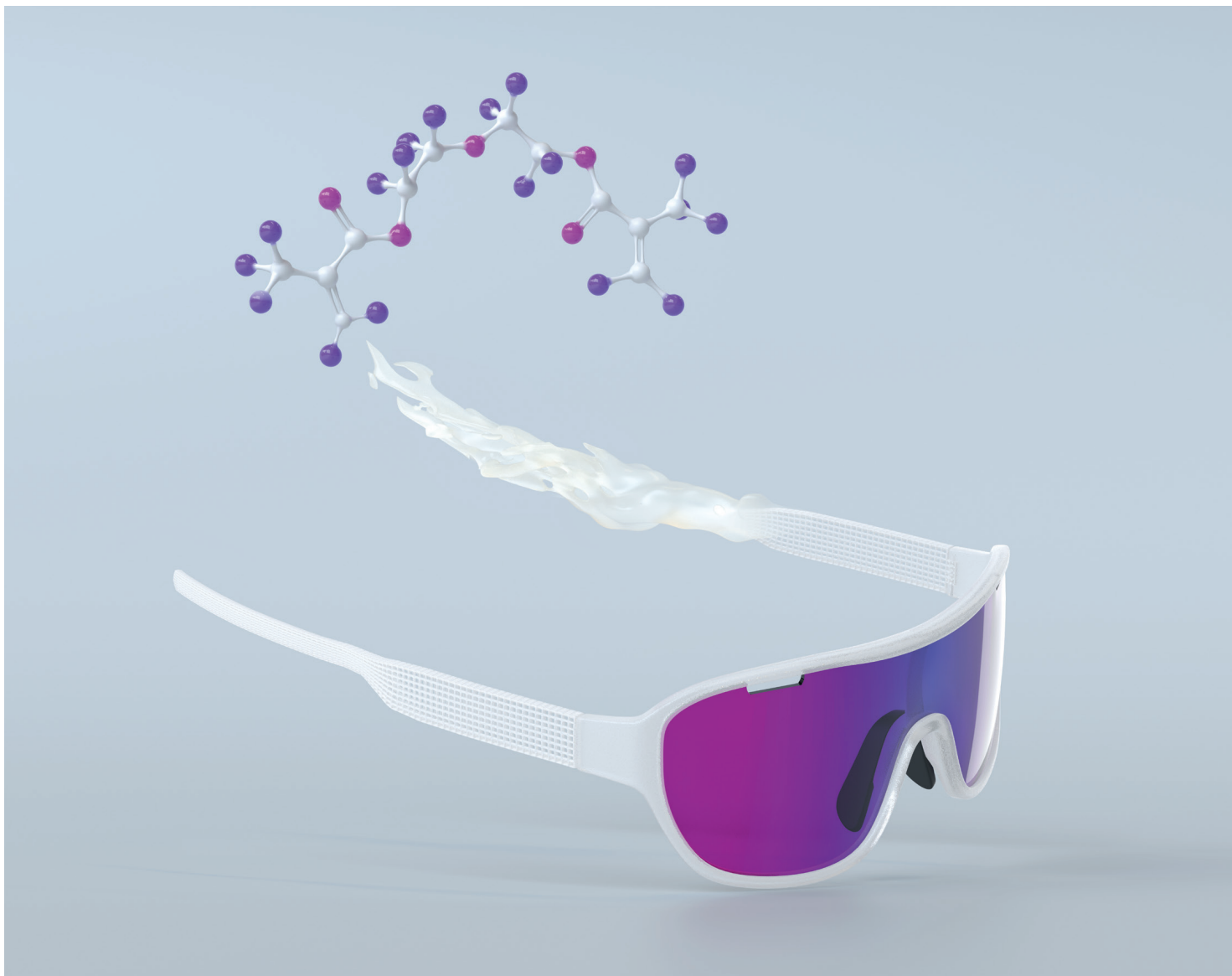


3D PRINTERS



MATERIALS

More info at « [www./3dadept.com/contact-us/](http://www./3dadept.com/contact-us/) » | [contact@3dadept.com](mailto:contact@3dadept.com)



## 3D printing material for infinite eyewear design

**INFINAM**® 

Evonik introduces with INFINAM® RG 2000 L a new photopolymer for the eyewear industry. This clear liquid formulation features a low yellowing index and excellent light transmission properties making it perfectly suitable for 3D applications like frames, lenses, light guides, or illumination covers.

### Product features

- clear liquid formulation
- low yellowing index
- excellent light transmission
- easy to process

### PROJET SAM : L'ÉQUIPE REVIENT SUR SES INITIATIVES APRÈS 5 ANS D'ACTIVITÉS ET SUR L'HÉRITAGE QU'ELLE A LAISSÉ À L'INDUSTRIE DE LA FABRICATION ADDITIVE.



Le projet SAM (Sector Skills Strategy for Additive Manufacturing), financé par Erasmus+, arrive à son terme après cinq ans d'activité. Le projet visait à mettre en œuvre un plan d'action pour former et inciter davantage de personnes à faire carrière dans l'industrie de la fabrication additive. 3D ADEPT Media a participé à ce projet en tant que partenaire associé de SAM. Dans l'article ci-dessous, l'équipe revient sur ses initiatives et son héritage pour l'industrie de la fabrication additive.

Avec une feuille de route stratégique actualisée sur les compétences à l'horizon 2030, l'équipe derrière SAM vise à travailler sur sept impacts clés, à présenter 30 recommandations stratégiques pour surmonter les défis dans le processus de mise en œuvre industrielle de la fabrication additive, et à introduire le système international de qualification en fabrication additive (IAMQS = International Additive Manufacturing Qualifications System). L'IAMQS comprend une collection de profils professionnels, de qualifications et de cours, ainsi qu'une plateforme d'observation européenne qui affiche des données actualisées sur les tendances de la FA, les pénuries et les inadéquations de compétences, ainsi qu'un contenu tel que des articles, des rapports, des événements enrichissants et des informations sur l'éducation et les

cours de formation en FA.

En quatre ans et demi, SAM a lancé diverses initiatives qui ont attiré des étudiants, des stagiaires, des formateurs et des citoyens européens de tous âges, ouvrant ainsi un monde d'opportunités pour la croissance des carrières.

Dans ce contexte, la Feuille de route 2023 de la stratégie en matière de compétences, récemment mise à jour, apparaît comme un cadre visionnaire, qui comble méticuleusement les lacunes de l'industrie en identifiant les initiatives stratégiques et les activités correspondantes.

Fonctionnant en harmonie, la structure de la «feuille de route» et les prestataires de formation agréés permettent la mise en œuvre de chaque initiative stratégique par l'intermédiaire de l'Observatoire de la FA et le déploiement de l'IAMQS.

Certaines des qualifications existantes en FA, déjà envisagées dans l'IAMQS, telles que le coordinateur de FA métal et l'ingénieur de FA métal pour la technologie PBF-LB, ont été révisées pendant le projet SAM, tandis que de nouvelles qualifications et/ou unités de compétence ont été conçues en fonction des besoins du marché de l'emploi. En conséquence, un catalogue de qualifications en ligne a été développé pour compiler les offres de formation en FA. Les activités d'éducation et de formation de l'IAMQS ont été régulièrement menées de 2020 à 2023, à travers 34 cours (la plupart à distance) axés sur des sujets avancés et spécialisés dans le domaine des processus de FA, des matériaux, de la conception, de la normalisation, et même du développement commercial et de la durabilité, touchant plus de 900 participants.

Dans le cadre des activités de

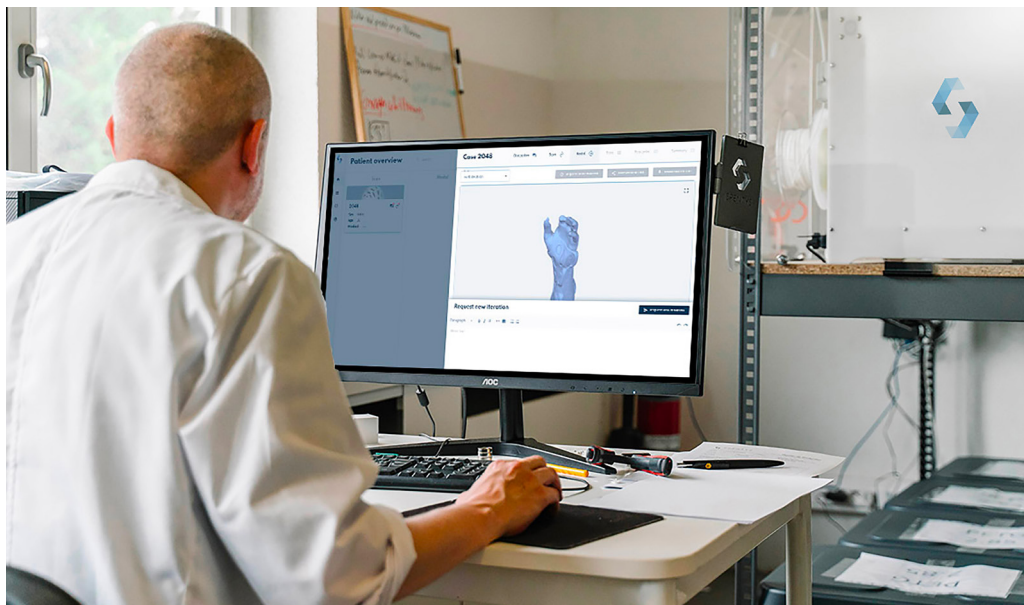


SAM, la mise en œuvre de l'IAMQS et l'offre de formation à la FA ont été assurées par un réseau consolidé de centres de formation conformes au système d'assurance qualité de l'EFMD. Le processus de mise en œuvre a suivi une approche descendante, c'est-à-dire qu'un programme transnational pour la FA a été défini, accompagné de lignes directrices harmonisées en matière de formation, puis repris au niveau national par chaque centre de formation, sous la supervision de l'organisation représentative dans le domaine de la FA.

Au total, 17 organismes de formation sont désormais autorisés à mettre en œuvre l'IAMQS en Italie, en Espagne, en Allemagne, au Portugal, en Turquie, en Irlande, en Angleterre et en France.

En outre, SAM a organisé huit événements nationaux et régionaux de déploiement de l'IAMQS, qui ont connu un grand succès et ont permis d'étendre l'expertise en matière de FA à diverses zones géographiques.

Le succès retentissant du projet SAM est illustré par des réalisations tangibles. Un bon exemple de coopération a été atteint entre les établissements d'enseignement et de formation professionnels (EFP) et



les établissements d'enseignement supérieur (ES) qui, grâce à un effort conjoint, ont organisé le premier cours européen pour les coordinateurs de FA métal, mobilisant ainsi leur expertise et leurs ressources pour qualifier le premier groupe de coordinateurs de FA pour l'industrie. L'impact du projet est notamment démontré par l'achèvement du cours inaugural «International Metal Additive Manufacturing Coordinator» en mai 2023 avec 58 étudiants inscrits et la délivrance de 38 diplômes.

Le site web du projet SAM a également évolué pour devenir une plateforme captivante, offrant un éventail d'outils attrayants conçus pour les enfants, les étudiants, les professionnels de la FA et les enseignants. Grâce à des ressources dynamiques telles que des dépliants, des quiz,

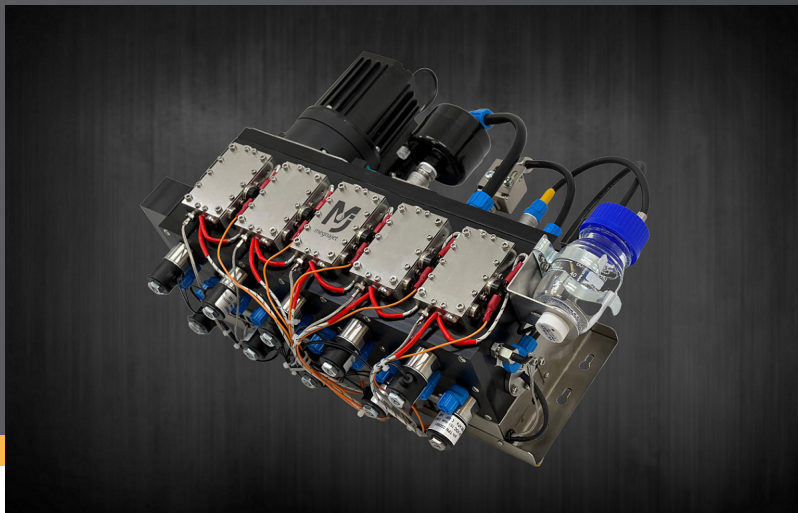
des sessions interactives, des podcasts stimulants, une série de bandes dessinées captivantes et des présentations informatives (impression 3D), le site web capte l'attention des apprenants et les immerge dans le monde de l'impression 3D. Parmi les activités attrayantes de SAM, TECH4KIDS organise des sessions pratiques interactives, encourageant la curiosité et la connaissance chez les enfants, laissant une marque indélébile sur l'héritage impressionnant du projet. Pour s'assurer qu'aucune information importante n'a été oubliée, le projet a compilé un livret comprenant les 13 articles développés par le consortium, couvrant divers aspects de la FA.

Alors que le projet SAM s'achève triomphalement, son engagement inébranlable en faveur de la durabilité et de la transmission d'un héritage remarquable est évident. Avec environ 3500 participants inscrits aux journées portes ouvertes et 4315 enfants/jeunes impliqués dans les événements Tech4kids, environ 500 quiz, et des milliers de personnes touchées, le projet a considérablement augmenté son audience sur les médias sociaux. Saisissez la chance de rejoindre notre communauté dynamique d'étudiants, de stagiaires et de demandeurs d'emploi ambitieux dans le domaine de la fabrication additive et bénéficiez d'un accès exclusif aux informations à venir qui vous aideront à réussir.



# Interview du mois

## L'utilisation des systèmes de gestion des fluides dans la fabrication additive



Lors d'une récente session [Additive Talks](#), nous avons appris l'importance de la conception des systèmes thermiques/fluides pour améliorer la vitesse et les performances dans le domaine de l'électrification. Quelques semaines plus tard, [Megnajet](#), un expert en systèmes de gestion des fluides, est apparu sur notre radar avec un [nouveau système de gestion des fluides](#) conçu pour la fabrication additive. Cela a soulevé tellement de questions sur l'utilisation des systèmes de gestion des fluides dans la fabrication additive que nous avons décidé de discuter avec **Mike Seal**, directeur général de Megnajet.

**M**egnajet (une filiale de Xaar) est peut-être apparue sur notre radar récemment, mais la société a été fondée en 2010 pour répondre à la demande croissante de **systèmes d'impression à jet d'encre** dans diverses industries. Plus la technologie jet d'encre progressait, plus les secteurs industriels recherchaient des solutions personnalisables pour créer n'importe quelle image, dans n'importe quelle quantité et à n'importe quel moment. Alors que le potentiel de cette «révolution industrielle du jet d'encre» prenait de l'ampleur dans l'industrie de la céramique, la filiale de Xaar a décidé d'explorer ce potentiel pour l'impression 3D à jet d'encre, fournissant ainsi des systèmes de gestion des fluides à plusieurs acteurs dans le domaine de la FA.

En termes simples, les systèmes de gestion des fluides sont un ensemble de dispositifs et de procédures qui permettent de contrôler, de mesurer et de maintenir le débit des fluides dans diverses applications industrielles.

Cet ensemble d'outils s'est avéré essentiel dans un certain nombre d'industries telles que l'industrie pharmaceutique, l'industrie manufacturière, la transformation des aliments et des boissons et le traitement des eaux usées, pour n'en citer que quelques-unes. Ce système de gestion se compose donc de plusieurs éléments qui peuvent souvent être produits par fabrication additive (FA). Il s'agit par exemple de vannes, de débitmètres, de réservoirs, de pompes, de filtres et de capteurs.

Néanmoins, dans le domaine de la FA et de l'impression à jet d'encre en particulier, les systèmes de gestion des fluides permettent de contrôler et de conditionner avec précision le fluide, afin que la tête d'impression puisse

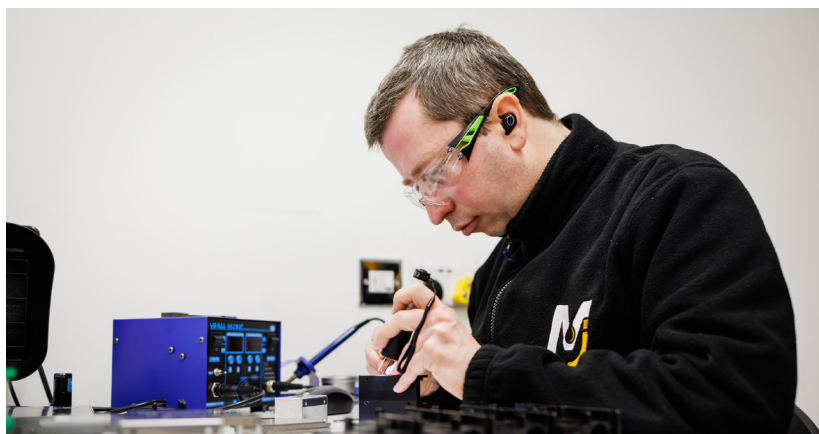
effectuer un jet efficace.

Selon **Mike Seal**, « toutes les têtes d'impression ont besoin d'une entrée fiable pour fournir un résultat cohérent et précis. Les systèmes de gestion des fluides sont responsables de cette fiabilité en conditionnant le fluide, en veillant à ce qu'il soit à la bonne température, à la bonne pression, à l'uniformité des particules et à ce que les particules soient maintenues en suspension – autant d'éléments essentiels pour un jet efficace.

Les applications d'impression 3D à jet d'encre exigent un niveau élevé de contrôle des fluides en raison de la nature multicouche du processus d'impression. Toute erreur ou défaillance du système dans la distribution fiable de chaque couche peut entraîner une **série d'erreurs allant de l'aspect cosmétique à la défaillance de la pièce** – ce qui est d'autant plus important quand la pièce est grande ou que le nombre de pièces produites est élevé. En outre, l'évolution de la capacité des têtes d'impression à projeter des fluides à viscosité plus élevée signifie qu'un système de gestion des fluides doit maintenir un contrôle précis de la température pour s'assurer que la viscosité de l'encre reste dans la plage optimale pour une projection sans faille.

Le jet d'encre à haute viscosité utilise généralement une **architecture de recirculation dans la tête d'impression** qui, lorsqu'elle est associée à un système efficace de gestion des fluides, exploite pleinement cette capacité et offre une fiabilité accrue. Ces technologies sont importantes pour l'impression 3D à jet d'encre car elles permettent d'utiliser des matériaux plus avancés et, en fin de compte, d'améliorer la fonctionnalité des pièces





et d'éviter les défaillances. »

### Procédés de FA nécessitant l'utilisation de systèmes de gestion des fluides

Même si que les systèmes de gestion des fluides peuvent être utilisés avec les procédés de FA qui impliquent le contrôle et le conditionnement des fluides, Megnajet a décidé de se concentrer sur les technologies de jet de polymère, de jet de liant et de fusion sur lit de poudre basées sur le jet d'encre.

Parmi ces technologies, l'accent mis sur l'impression 3D par jet d'encre est logique quand on sait que l'entreprise possède déjà une grande expertise dans l'impression 2D.

Le développement du **JetSource** en particulier, le système de gestion des fluides que Magnajet a récemment dévoilé, a été motivé par la demande de clients dans le domaine de l'impression 3D à jet d'encre et de l'impression d'étiquettes qui souhaitent obtenir des débits plus élevés, des vitesses plus rapides, une plus grande productivité et un plus large éventail de têtes d'impression.

« Notre dernier système de gestion des fluides recycle le fluide jusqu'à quatre litres par minute à travers cinq ports indépendants pour les têtes d'impression utilisées dans diverses applications telles que l'impression 3D à jet d'encre, l'étiquetage et les embellissements d'emballage, les effets de vernis spéciaux et le braille. Ce système permet d'augmenter la productivité et d'améliorer l'évolutivité des processus d'impression 3D »,

souligne le directeur général.

En ce qui concerne les principales spécifications liées à l'utilisation de systèmes de gestion des fluides avec les technologies de FA susmentionnées, il ajoute :

« Dans l'impression 3D à jet d'encre, la fiabilité est primordiale. Un **petit défaut dans une couche peut entraîner une défaillance fonctionnelle ou structurelle** coûteuse et opportune dans le produit imprimé final. C'est pourquoi les systèmes de gestion des fluides sont indispensables dans la fabrication additive pour obtenir des résultats d'impression cohérents et fiables.

Dans le cas du jet de liant, les systèmes de gestion des fluides sont chargés d'acheminer avec précision les liants vers les têtes d'impression pour les déposer sur des lits de poudre afin de créer des pièces imprimées en 3D. Un contrôle précis des paramètres du fluide est essentiel pour obtenir des résultats précis et reproductibles.

De même, dans le cas de la fusion de lits de poudre à jet d'encre, nos systèmes sont essentiels pour maintenir les bonnes caractéristiques du fluide, telles que la température, la pression, l'uniformité et la dispersion des particules, afin de garantir la fusion correcte de chaque couche avec elle-même et avec les couches suivantes au cours du processus d'impression. La régulation thermique du fluide sur un lit de poudre à haute température est également un rôle important de la gestion des fluides.

Dans le domaine de la projection de polymères, les systèmes de

gestion des fluides sont cruciaux car ils doivent être capables de gérer des fluides chauffés, souvent à des viscosités plus élevées que les applications jet d'encre typiques. Les systèmes de Megnajet excellent dans les fluides traditionnels et à haute viscosité, surpassant les capacités de la plupart des systèmes à jet d'encre conventionnels. Cette capacité permet d'utiliser une plus large gamme de matériaux dans les applications d'impression 3D à jet d'encre, y compris des polymères avancés et des fluides fonctionnels ».

### Alors, comment choisir les systèmes de gestion des fluides qui conviennent le mieux à un processus de FA ou à une application de FA ?

Tout comme il existe différents types de processus de FA, nous avons également différents types de systèmes de gestion des fluides, chacun étant conçu pour répondre aux exigences de technologies de têtes d'impression spécifiques et au nombre de têtes d'impression requis pour l'application.

Comme il existe peu d'informations sur la manière de sélectionner le système de gestion des fluides idéal pour une application de FA, les spécialistes de la FA devraient s'entretenir avec des experts dans ce domaine pour avoir une idée claire de ce qui pourrait répondre à leurs besoins. Sans oublier que des tests peuvent souvent être proposés par les entreprises pour aider les industriels à se décider.

En créant des systèmes de gestion des fluides basés sur les exigences du secteur industriel et les besoins spécifiques des clients, cela permet à Megnajet de fournir des solutions standard, personnalisées et sur mesure pour une large gamme de technologies et d'applications de têtes d'impression.



## R&amp;D

## Comment les nanotechnologies et la fabrication additive s'imbriquent-elles et quelles sont les opportunités à venir ?



Parmi le large éventail de technologies susceptibles de renforcer une application de fabrication additive, les nanotechnologies sont souvent les moins mentionnées. Pourtant, la synergie entre ces deux technologies peut déboucher sur des applications polyvalentes et multifonctionnelles qui dépassent le cadre de l'industrie des soins de santé. L'une des raisons qui peut expliquer ce manque d'exposition est une compréhension floue des nanotechnologies et de la façon dont la fabrication additive et les nanotechnologies peuvent s'entremêler.

Pour une raison ou une autre, les nanotechnologies sont souvent confondues avec les « minuscules robots » ou la technologie de « l'impression micro-3D ». Ce domaine d'activité fait en réalité référence à la science des matériaux à l'échelle nanométrique. Il touche à une variété de sciences telles que la physique, la chimie, la biologie et de nombreuses branches de l'ingénierie.

L'échelle nanométrique est **1000 fois plus petite que l'échelle microscopique et un million de fois plus petite qu'un millimètre** – il s'agit ici d'atomes individuels ou de petits groupes d'atomes, ces derniers étant appelés **nanoparticules**. Outre la taille, un phénomène intéressant est utilisé lorsque l'on travaille à l'échelle nanométrique : dans de nombreux cas, l'augmentation du rapport [surface] : [volume] par l'exposition d'un plus grand nombre d'atomes modifie radicalement les propriétés matérielles attendues d'un dispositif ou d'un objet.

### Comment la FA et les nanotechnologies s'entremêlent-elles ?

En termes simples, la FA peut être appliquée aux nanotechnologies d'une part, et les nanotechnologies peuvent être appliquées à la FA d'autre part.

Dans le premier cas, la complexité et la souplesse de conception des structures à l'échelle nanométrique peuvent être améliorées grâce à l'impression 3D, ce qui signifie que la FA devient un outil utilisé pour créer des structures et des géométries à l'échelle nanométrique. Aux yeux du public, il s'agirait d'une avancée gigantesque, car la plupart des technologies additives disponibles dans le commerce ont une résolution de 25 à 50 microns seulement (les technologies **SLA et DLP principalement**). Plusieurs techniques nanotechnologiques de nature additive

sont déjà couramment utilisées dans l'industrie des nanotechnologies : **la lithographie à deux photons, la nanolithographie par immersion, la fusion par faisceau d'électrons et le dépôt par couche atomique**, pour n'en citer que quelques-unes. Il ne faut cependant pas s'y tromper, car ces techniques sont intrinsèquement très fragiles et requièrent une grande précision en l'état, de sorte que leur introduction sur le marché industriel constitue un défi.

Dans ce dernier cas, les caractéristiques des pièces imprimées en 3D peuvent être améliorées grâce aux propriétés avancées et personnalisables des nanomatériaux. D'une certaine manière, nous le constatons déjà : plusieurs entreprises telles que Tethon3D, Covestro et Mechnano ajoutent des nanocomposites à leurs résines photopolymères afin d'améliorer considérablement les propriétés des matériaux.

Cela signifie que les **nanoparticules (NPs) peuvent être incorporées dans un matériau hôte de l'impression 3D**, tel qu'un polymère ou une matrice céramique, pour former un nanocomposite. Le nouveau matériau peut ensuite être utilisé comme matière première dans les processus de FA tels que le procédé FDM, SLS ou SLA. Cette incorporation peut combler un vide qui permettrait de produire des géométries à grande échelle dotées de propriétés exceptionnelles, en s'attaquant ainsi au problème le plus courant de la FA : le nombre limité de matériaux de base compatibles avec un processus de FA donné.

Dans la plupart des cas, ces nanocomposites sont des particules céramiques nanométriques ou même des nanotubes de carbone, mais ces matériaux deviennent chaque jour plus avancés et uniques. Ainsi, plus l'accent est mis sur le développement des matériaux, plus le rôle critique des nanotechnologies

est mis en évidence.

## Quels sont les défis à relever pour combiner les deux technologies ?

L'un des principaux problèmes liés à l'ajout de la nanotechnologie aux techniques de fabrication additive existantes est le souci de la **sécurité environnementale et personnelle**. Aujourd'hui encore, nous étudions l'impact négatif des microplastiques et en trouvons des traces sur nos plages et dans notre système sanguin. Tout comme les générations précédentes ont dû faire face à l'exposition au mercure, au plomb et à l'amiante, la dernière chose dont le monde a besoin est de faire face à une exposition indésirable aux nanotechnologies. Dans de nombreux cas, les nanotechnologies sont sans danger – par exemple, si votre crème solaire est blanche, c'est en grande partie grâce aux nanoparticules de dioxyde de titane qu'elle contient et qui réfléchissent les rayons UV du soleil, ou aux nanoparticules d'argent contenues dans votre détergent pour le linge, qui ont un effet antimicrobien étonnant. Les feuilles de nitrure de bore hexagonal présentes dans votre maquillage constituent un lubrifiant efficace qui ne nécessite aucune molécule de liquide ou de gaz, sans parler de l'un des éléments les plus célèbres de la nanotechnologie : le **graphite des crayons !**

Toutefois, il est important de comprendre que **pour chaque matériau ou dispositif nanométrique** qui a des effets extrêmement positifs dans notre vie quotidienne, **il en existe un autre qui pourrait causer de graves problèmes de santé**. Un grand nombre d'essais et de réglementations sont utilisés dans les phases de recherche afin d'éviter que ces risques pour l'environnement et la santé personnelle ne deviennent «le prochain microplastique», pour ainsi dire, et ce sujet de responsabilité est largement débattu au sein de la communauté des nanotechnologies.

## Quelles applications?

Par ailleurs, les principales industries qui pourraient bénéficier de l'impression 3D de nanocomposites



sont les secteurs **biomédical** et **électronique**. Une meilleure organisation des atomes de toute structure s'accompagne de propriétés matérielles accrues et donc de dispositifs/structures mieux conçus. Les résines photopolymères contenant des charges nanocomposites ont déjà fait un bond en avant dans les propriétés des matériaux : solidité, conductivité thermique, résistance électrique, résistance aux chocs, etc. Par exemple, en intégrant des nanotubes de carbone et des NP d'hydroxyapatite (HAp) dans le polymère acrylique polyméthacrylate de méthyle (PMMA), il est possible d'améliorer les défauts qui peuvent survenir lors de la fixation chirurgicale d'articulations artificielles.

Les **résines photopolymères** pour les procédés SLA, DLP **et certaines techniques de projection de matériaux favoriseront l'utilisation des nanotechnologies** car ce sont les matériaux les plus faciles à améliorer, suivis par les thermoplastiques pour les procédés FDM. Il faudra probablement plus de temps pour que la fabrication additive métal suive en raison des conditions de traitement difficiles de techniques telles que la fusion sur lit de poudre et le dépôt d'énergie dirigée.

La création de structures présentant des surfaces parfaites, des caractéristiques à l'échelle microscopique et une cohérence inégalée, associée à l'automatisation de la fabrication additive, promet sans aucun doute d'être une combinaison puissante.

## A propos des auteurs

Ce dossier a été coécrit par **Andrew Miller et 3D ADEPT Media**. Ingénieur mécanicien de formation, Andrew Miller a décidé de consacrer sa carrière à la fabrication additive et aux nanotechnologies. Coauteur de deux publications sur les échangeurs de chaleur en métal fabriqués de manière additive, il s'est familiarisé avec la mécanique des fractures des pièces de moteurs de fusées lorsqu'il travaillait comme ingénieur aérospatial pour Blue Origin. C'est là qu'il lui est apparu clairement qu'en élargissant ses horizons dans le domaine de la science des matériaux, il élargirait sa connaissance de la fabrication additive, et qu'en se spécialisant dans le domaine des nanotechnologies, il assurerait l'avenir de cette formation.

Il fait partie du programme d'études supérieures Johns Hopkins Engineering for Professionals et, fort des leçons apprises auprès du professeur John Slotwinski, président du comité exécutif de l'ASTM sur les technologies de fabrication additive, il rêve de contribuer à la communauté de la fabrication additive en mettant en œuvre les nanotechnologies de manière nouvelle pendant le reste de sa carrière.



## OPINION

LE POUVOIR DU BATTAGE MÉDIATIQUE :  
LES LEÇONS MARKETING DE L'IMPRESSION 3D

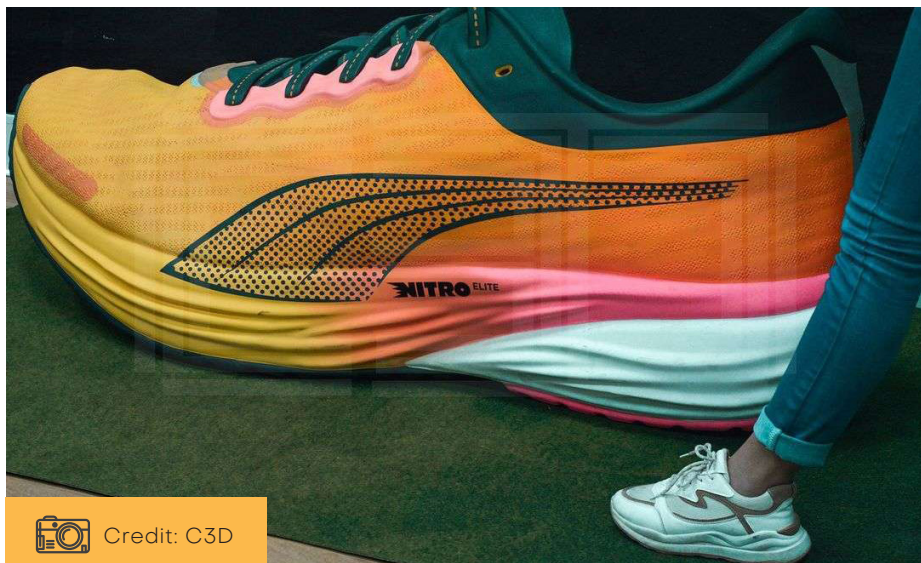
L'année dernière, le conseil technologique de Forbes a classé l'impression 3D au premier rang des [12 solutions technologiques «révolutionnaires»](#) qui ne sont pas à la hauteur de l'engouement qu'elles suscitent. Selon le groupe d'experts de la revue, l'impression 3D est probablement la technologie la plus surestimée de tous les temps. De nombreux promoteurs l'ont vendue comme une technologie qui permettrait la personnalisation de la fabrication à grande échelle, alors qu'elle n'est certainement pas au cœur de la fabrication à grande échelle.

Je n'étais évidemment pas d'accord avec cette affirmation – non pas parce que je travaille pour une presse spécialisée dans ce domaine, mais simplement parce que Forbes a inclus dans son groupe d'experts des professionnels qui ne travaillent pas dans le domaine de la FA. Pour moi, leur opinion n'est pas légitime lorsqu'il s'agit de fabrication à grande échelle. Ils avaient cependant raison sur un point : l'impression 3D fait continuellement l'objet d'un grand battage médiatique et parmi toutes les industries verticales qui peuvent tirer parti de la FA, il y a un secteur qui est, à mon avis, parfaitement aligné sur cette vague de popularité : le **marketing**, en particulier la publicité.

La publicité n'est peut-être pas le premier secteur qui vient à l'esprit lorsqu'il s'agit de tirer parti de la FA. Il existe quelques similitudes avec la technologie. Cette culture qui consiste à **sortir des sentiers battus** ainsi que la **personnalisation** des produits sont, par exemple, les plus frappantes.

### L'impression 3D pourrait-elle être une stratégie marketing cachée ?

Cela peut sembler évident, mais ce n'est pas le cas. Le marketing consiste à identifier les besoins des clients et à déterminer la meilleure façon de les satisfaire, [tandis que](#) la publicité consiste à promouvoir une entreprise et ses produits ou services par le biais de canaux payants. En d'autres termes, la publicité est une



composante du marketing. Étant donné que les spécialistes du marketing doivent constamment sortir des sentiers battus et développer des idées qui pourraient aider à vendre des produits, on observe une utilisation croissante de l'impression 3D en tant que ressource dans les campagnes créatives.

### Marchandisage visuel

Cette pratique consiste à optimiser la présentation des produits et des services afin de mieux mettre en évidence leurs caractéristiques et leurs avantages dans le secteur de la vente au détail. Ces actions dépendent fortement des marques elles-mêmes et de la réaction qu'elles attendent de leurs clients pour certains lancements de produits. Pour le lancement d'un nouveau produit à Dubaï, [C3D](#), un bureau de services d'impression 3D, a imprimé en 3D une gigantesque chaussure **PUMA NITRO de 1,5 mètre**. Les consommateurs pouvaient prendre des photos devant cette chaussure et les partager sur les médias sociaux, créant ainsi une campagne virale.

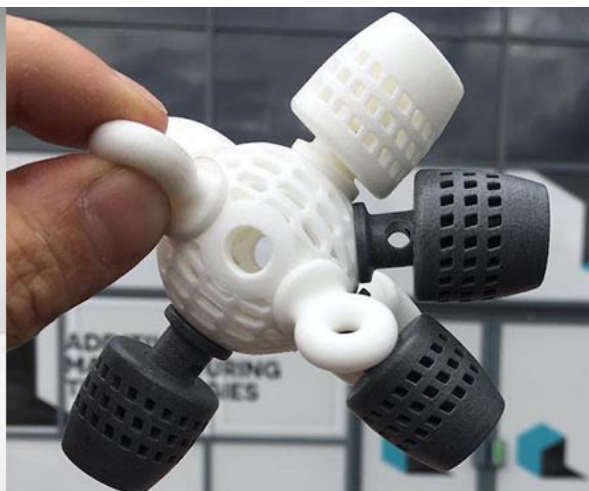
On note aussi qu'un grand nombre de disciplines relèvent du **«commerce de détail»**, ce qui signifie que l'impression 3D peut être appliquée à un large éventail d'applications dans ce secteur. Il s'agit par exemple de l'emballage, de l'aménagement des magasins, de l'éclairage, des espaces d'exposition et des produits eux-mêmes.

Parmi les autres marques emblématiques qui ont déjà exploité la technologie pour leurs campagnes créatives, on peut citer Coca-Cola, Dior, McDonald's, Louis Vuitton ou Volkswagen. Dans notre propre industrie, rappelons que l'entreprise de post-traitement a imprimé en 3D 6 000 pièces pour construire son stand Formnext en 2019.

Le stand de l'entreprise s'étendait sur 84 mètres carrés et 4 mètres de hauteur, et a été décrit par AMT comme une construction modulaire, entièrement personnalisable et, surtout, réutilisable. Ce stand d'exposition unique a été conçu et produit en collaboration avec **Steel Roots Design**, une entreprise de Sheffield spécialisée dans la conception et la construction de meubles et d'intérieurs commerciaux. Chacune des 6 061 pièces qui assurent la cohésion du stand a été imprimée en 3D par Materialise sur un système de frittage sélectif par laser (SLS) d'EOS. Toutes les pièces ont été imprimées à l'aide d'un **matériau Nylon PA 2200** et ont été post-traitées à l'aide du système PostPro3D d'AMT.

« L'intérêt de participer à un salon comme Formnext est de démontrer ses technologies et ses capacités », a déclaré **Joseph Crabtree**, CEO d'AMT à l'époque. « Chez AMT, nous ne nous contentons pas de dire aux gens à quel point nos technologies sont bonnes, nous voulons vraiment les leur montrer. »





## Marketing de rue

Cette forme de guérilla marketing utilise des méthodes non traditionnelles ou non conventionnelles pour promouvoir un produit ou un service.

Afin de susciter l'enthousiasme pour la sortie **«d'Elemental»**, un long métrage original de Disney Pixars, **Gentle Giant Studios**, une agence de création, s'est lancée dans le projet ambitieux de créer des versions grandeur nature des personnages du film et les exposer lors de divers événements dans le monde entier et dans des lieux publics. L'équipe de Gentle Giant Studios fournit des services créatifs aux industries des produits de consommation, des beaux-arts, des jeux, des effets visuels et du divertissement expérientiel, et a produit des prototypes complexes pour ce film à l'aide de la technologie **d'impression 3D à base de polymères** de Nexa3D.

Avec la prolifération des plateformes et des

activités de loisirs qui se disputent notre attention, les créatifs et les spécialistes du marketing doivent redoubler d'efforts pour attirer l'attention de leur public. Jusqu'à présent, on peut dire que l'utilisation de l'impression 3D comme stratégie clé permet de couper court au bruit et d'atteindre plus que le public visé.

Pour les spécialistes du marketing qui sont toujours à la recherche de résultats précis pour leur campagne, il est important de garder à l'esprit qu'ils ne peuvent obtenir qu'une estimation de l'audience qu'ils atteindront, tout comme ils l'obtiennent avec une publicité dans un magazine imprimé.

Pour moi, cette estimation est déjà suffisante pour envisager d'explorer la voie de la FA en tant que stratégie de marketing, car en fin de compte, il s'agit d'un effort qui fait partie d'un écosystème ; un écosystème dont les tactiques individuelles devraient viser à cibler les bonnes personnes avec le bon message au bon endroit.



# Événements de l'industrie

## 2023

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

ALLEMAGNE	ESPAGNE	DANEMARK
EMO HANNOVER 18-23 SEPTEMBRE, 2023	METAL MADRID 15-16 NOVEMBRE, 2023	AM SUMMIT 2023 COPENHAGEN 21 SEPTEMBRE, 2023
FORMNEXT 2023 7-10 NOVEMBRE 2023	PORTUGAL	JAPON
SPACE TECH EXPO EUROPE 14 - 16 NOVEMBRE, BREMEN	EURO PM2023 1- 4 OCTOBRE, 2023	FORMNEXT FORUM TOKYO 2023 SEPTEMBRE 28-29, TOKYO
INTERNATIONAL SYMPOSIUM ADDITIVE MANUFACTURING (ISAM) DRESDEN NOVEMBRE 29 - DECEMBRE 1	AUTRICHE	USA
UAE	AM CERAMICS 27-28 SEPTEMBRE, 2023	FORMNEXT FORUM AUSTIN AOUT 28-30, AUSTIN, TX
MIDDLE EAST REAM SEPTEMBRE 25-27, DUBAI	MAMC 2023, VIENNA OCTOBRE 17-19	IMPLEMENTAM SEPTEMBRE 21, AUSTIN

**D'AUTRES ÉVÉNEMENTS SERONT AJOUTÉS PLUS TARD !**

WWW.3DADEPT.COM







## Additive Manufacturing / 3D Printing



AM SYSTEMS



3D PRINTERS



MATERIALS

More info at « [www./3dadept.com/contact-us/](http://www./3dadept.com/contact-us/) » | [contact@3dadept.com](mailto:contact@3dadept.com)



Messe Frankfurt Group

**formnext**

7 – 10.11.2023

FRANKFURT / GERMANY

mesago

# Reconfigure manufacturing!

Demand for increasingly complex and customized parts is rising, product cycles are becoming shorter, established supply chains are being called into question and sustainability is playing an ever greater role.

In short: Industrial production is becoming more demanding. Additive Manufacturing offers solutions to meet these challenges and inspire your customers.

**Be ahead of your competition: Visit Formnext, the international expo and convention for Additive Manufacturing in Frankfurt am Main, Germany.**

**Where ideas take shape**

Early bird discount  
until 10 October 2023

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

Honorary sponsor



Working Group  
Additive Manufacturing