

# ααα!λ€

FABRICATION

FABRICATION

# additive

## 3D ADEPT MAG

## IMPRESSION 3D

### IMPRESSION 3D PHARMA : LA VOIE VERS LES APPLICATIONS CLINIQUES

N°2 - Vol 6 / Mars - Avril 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@3dadept.com

### Périodicité & Accessibilité :

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

### Exactitude du contenu

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

### Publicités

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

### Responsabilité de l'éditeur

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

### Reproduction

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



### Questions et feedback:

3D ADEPT SPRL (3DA)

VAT: BE0681.599.796

Belgium - Rue Borrens 51 - 1050 Bruxelles

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

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

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

## Sommaire

**Editorial** .....04

**Dossier**.....07

IMPRESSION 3D PHARMA : LA VOIE VERS LES APPLICATIONS CLINIQUES

**Matériaux**.....11

- POURQUOI L'IMPRESSION 3D CÉRAMIQUE DE LITHOZ CONVIENT AUX APPLICATIONS DE DENTISTERIE RESTAURATRICE À BASE DE DISILICATE DE LITHIUM

- UTILISER LES MATÉRIAUX D'IMPRESSION 3D RÉSINE AU-DELÀ DES APPLICATIONS DENTAIRES

- EVONIK ET LE RÔLE DES MATÉRIAUX POLYMÈRES DANS L'AMÉLIORATION DE LA PROCHAINE GÉNÉRATION D'IMPLANTS IMPRIMÉS EN 3D ?

**Post-traitement** .....23

- POST-TRAITEMENT DES DISPOSITIFS MÉDICAUX IMPRIMÉS EN 3D PAR ÉLECTROCHIMIE : PECM

- COMMENT LES DERNIÈRES AVANCÉES EN MATIÈRE D'ENLÈVEMENT DE POUDRE S'INSCRIVENT-ELLES SUR UN MARCHÉ MÉDICAL EN PLEINE CROISSANCE ?

**Logiciels** .....31

- Q&R AVEC MATTHEW SHOMPER SUR LA DFAM (COMPUTATIONNELLE) ET LES DISPOSITIFS MÉDICAUX IMPRIMÉS EN 3D.

**Espace Startup** .....35

- QUE PEUT-ON ATTENDRE DE SPID®, LA TECHNOLOGIE DES MÉDICAMENTS SÉRIGRAPHIÉS DE LAXXON?

**Événement**.....37

- RAPID + TCT REVIENT À CHICAGO POUR SA 32ÈME ÉDITION



# Bonjour & bienvenue



## Une évolution lente mais certaine.

J'ai toujours un cœur rempli de diverses émotions quand on écrit l'édition « santé » de 3D ADEPT Mag. Parmi toutes les industries verticales qui adoptent la fabrication additive, l'industrie médicale rentre toujours dans mon top 3. J'ai une admiration particulière pour les entreprises qui œuvrent toutes pour un but commun : le bien-être de l'humain. Mais c'est une admiration mêlée à un sentiment d'impatience, car les choses ne semblent jamais aller assez vite qu'on aimerait.

À ce jour, une dizaine de cas réels d'applications ont déjà été recensés dans le secteur. Ce qui est un grand pas pour l'humanité lorsqu'on sait d'où l'on vient, mais un petit pas pour les utilisateurs quand on voit le travail qu'il y a encore à accomplir au niveau de la standardisation des procédés, de l'éducation pour une utilisation plus réfléchie, et de la fabrication pour des processus plus fiables.

C'est une admiration mêlée de doute quand on voit que les procédés actuels ne sont pas clairs. Heureusement pour nous, nous pouvons jouer un rôle infime à ce niveau : celui de confronter, d'explicitier afin de mieux éclairer les parties prenantes.

C'est ce que nous faisons dans ce numéro de 3D ADEPT Mag, en nous penchant sur la production des médicaments imprimés 3D, la fabrication numérique des appareils médicaux imprimés 3D, le développement des implants ou couronnes avec les matériaux appropriés ou encore sur les procédés de post-traitement qui évoluent avec le temps.

C'est une évolution lente mais certaine.



**Kety SINDZE**

Editrice-en chef chez 3D ADEPT Media

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

Editorial



# Significant Cost Savings on Additive Tool

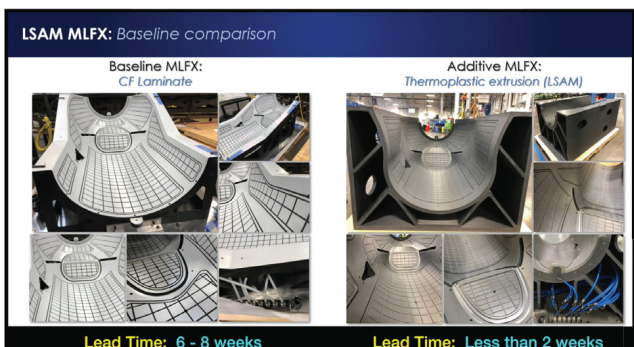
Partnership between Thermwood and General Atomics

## 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.

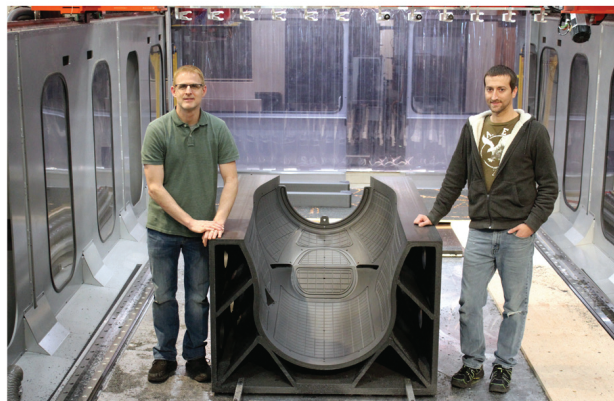


Scan QR code to view a video of the LSAM and General Atomics process.

# THERMWOOD

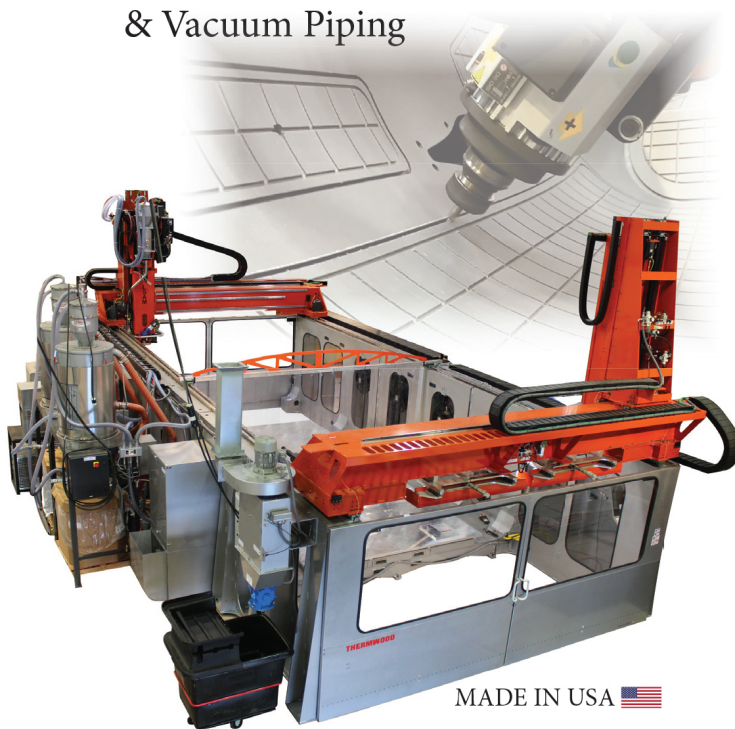
[www.thermwood.com](http://www.thermwood.com)

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

# Impression 3D Pharma : la voie vers les applications cliniques

L'une des grandes complexités de la projection des coûts des médicaments sur ordonnance pour les années à venir réside dans le suivi des nouvelles thérapies dans le pipeline de développement pharmaceutique et dans l'anticipation de leur date de mise sur le marché et de la dynamique du marché (y compris le prix), ainsi que dans la manière dont elles pourraient affecter les facteurs d'utilisation et de coût par unité. Cette complexité est amplifiée par la fabrication de petits lots de médicaments à la formulation ajustée (et parfois personnalisée).

En effet, si on considère le processus de fabrication des médicaments, les processus de production conventionnels reposent sur la fabrication de lots à grande échelle, qui est très efficace pour produire de grands volumes de médicaments aux caractéristiques uniformes. Cependant, ces procédés ne permettent pas de répondre aux exigences de temps et de coût pour les petits lots de médicaments souvent nécessaires pour les essais cliniques. Comme vous le savez peut-être, la fabrication additive est particulièrement bien placée pour répondre à ces exigences, puisqu'elle permet de produire des médicaments à petite échelle, dans un délai relativement court.

Le fait est que, comme pour les applications dans d'autres secteurs, l'utilisation de la fabrication additive pour les produits pharmaceutiques a commencé dans les laboratoires de recherche. La technologie se taillant une place importante dans les hôpitaux cliniques et généraux, il convient de prendre conscience du rôle essentiel de la législation et de la certification dans leur adoption à grande échelle et de comprendre

les différents facteurs susceptibles de ralentir le développement du marché de l'impression 3D de produits pharmaceutiques.

Le dossier ci-dessous vise à mettre en lumière cette procédure de mise sur le marché ainsi que les applications clés que l'impression 3D permet actuellement dans ce secteur.

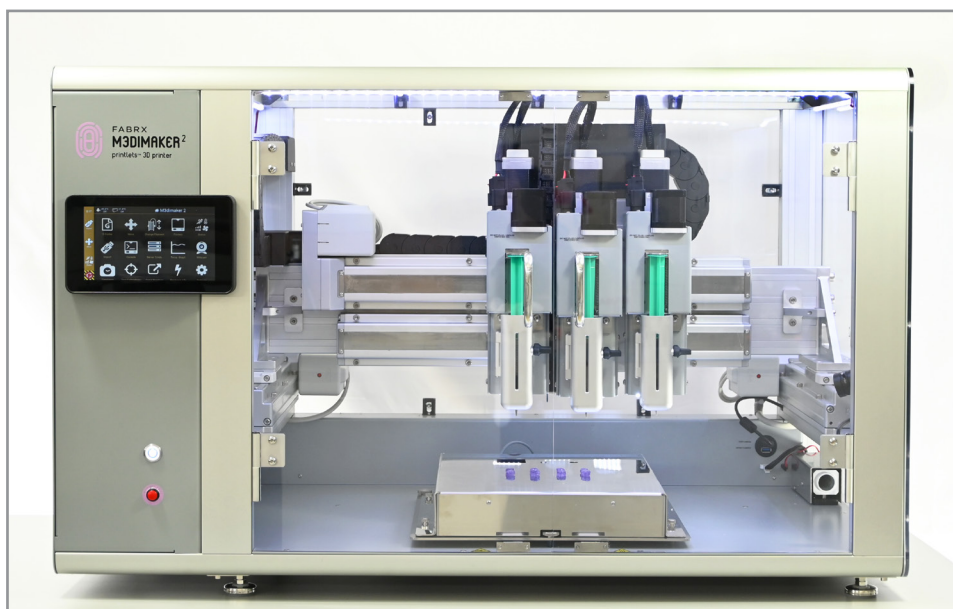
Pour discuter de ce sujet, nous avons invité **Owen Murray**, CEO d'[Aprecia](#), et le **Dr. Anna Worsley**, directrice de l'innovation chez [FabRx](#), à partager leur expérience de l'impression 3D de produits pharmaceutiques.

**Aprecia Pharmaceuticals**, dont le siège est aux États-Unis, répond à des besoins de santé non satisfaits en utilisant l'impression 3D à l'échelle commerciale pour la fabrication de produits pharmaceutiques. **FabRx**, dont le siège est au Royaume-Uni, est une société de biotechnologie qui se concentre sur le développement de la technologie d'impression 3D pour la fabrication de produits pharmaceutiques et de dispositifs médicaux.

## Production et commercialisation de médicaments imprimés en 3D

Pour les personnes externes à ce domaine, la première chose qui peut venir à l'esprit lorsqu'on parle du lancement d'un nouveau médicament, c'est la publicité et la promotion. Pourtant, une compréhension cruciale du **processus de développement des médicaments, des applications cliniques** et de **l'approbation de la FDA ou de l'EMA** est nécessaire.

Le processus de développement d'un médicament est un ensemble d'étapes que les chercheurs médicaux et les entreprises suivent pour créer de nouveaux médicaments, traitements ou outils de diagnostic pour traiter ou prévenir les maladies. Il est intéressant de noter qu'on aurait pu penser que ce processus serait beaucoup plus compliqué pour les médicaments imprimés en 3D, compte tenu de la «nouveau» de la technologie dans un secteur aussi vital que celui-ci. Il s'avère que ce n'est pas le cas :





« Les produits pharmaceutiques imprimés en 3D ne font pas l'objet d'un processus d'approbation particulier aux États-Unis. Les mêmes voies s'appliquent à la fabrication traditionnelle et à la fabrication additive. Ainsi, le processus pour une NDA ou une ANDA n'est pas différent de celui des produits candidats fabriqués par la technologie traditionnelle. Cela dit, il est nécessaire d'élaborer avec soin un protocole d'essai clinique acceptable avec une large gamme de dosages pour permettre un dosage de précision personnalisé en fonction des besoins individuels des patients », déclare d'emblée **Owen Murray**.

Même si les mêmes voies s'appliquent à la fabrication traditionnelle et à la fabrication additive, le **Dr Anna Worsley** estime que la législation actuelle n'est pas adaptée aux médicaments imprimés en 3D. Les principaux organismes de réglementation tels que la [FDA](#), l'[EMA](#) et la [MHRA](#) travaillent à l'élaboration d'une nouvelle législation sur la fabrication au point de service afin de rendre plus accessible l'impression 3D au point de service pour la médecine personnalisée. Entre-temps, les entreprises pharmaceutiques et autres entreprises de technologie médicale travaillent à l'amélioration de nouvelles formulations pour les médicaments imprimés en 3D.

« À l'heure actuelle, de nombreux dosages de médicaments sont déjà personnalisés par le biais de préparations pharmaceutiques dans des pharmacies spécialisées du monde entier. Grâce à cette méthode, vous pouvez développer la nouvelle formulation imprimable en 3D, effectuer des évaluations de contrôle de la qualité, puis l'intégrer dans vos flux de travail de préparation. Pour commercialiser l'une de ces formulations, ou des produits intermédiaires, vous devrez travailler avec un fournisseur d'imprimantes 3D tel que FABRX et des organismes de réglementation pour assurer la fiabilité de l'impression et la sécurité des patients sur différents sites d'impression », complète le **Dr Anna Worsley**.

Pour les entreprises pharmaceutiques qui cherchent à explorer la FA, les défis les plus importants se situent au niveau de la production et de la mise en œuvre de l'impression 3D. S'il est possible de personnaliser les dosages et les combinaisons de médicaments, les profils de libération et même les arômes à l'aide de paramètres d'impression définis, ces avantages ne répondent pas toujours à la question de la « personnalisation de masse », nécessaire à la forte rentabilité des entreprises pharmaceutiques.

« La personnalisation de masse est possible », note Worsley. « Cependant, il faudra beaucoup plus de développement sur le terrain et de croissance du marché pour que cela se



Dr. Anna Worsley

produire. En outre, seuls les médicaments qui ont besoin d'être personnalisés le seront. Par exemple, les médicaments ayant un index thérapeutique étroit seront probablement les premiers à entrer sur le marché et des médicaments comme le paracétamol ne seront jamais personnalisés. À l'avenir, les polyprimés combinant vos pilules quotidiennes en une seule seraient également très bénéfiques pour de nombreuses personnes ayant des prescriptions polypharmaceutiques complexes. »

Au-delà des **préoccupations économiques**, un autre aspect important à prendre en considération est la **prescription et l'administration des médicaments**. Étant donné que l'impression 3D peut permettre l'intégration de plusieurs formulations en un seul médicament, cela modifie-t-il les protocoles de prescription « standard » ? Les professionnels de la santé sont-ils en mesure de réduire les erreurs et les dommages liés aux médicaments en respectant les cinq droits : **le bon patient, le bon médicament, la bonne dose, la bonne voie d'administration et le bon moment ?**

Selon Murray, « une fois qu'un produit est approuvé pour un dosage optimisé en fonction des besoins individuels d'un patient souffrant d'une maladie ou d'un trouble particulier, le professionnel de la santé n'est pas tenu de modifier sa pratique actuelle de prescription de



médicaments. De même, les patients ne verraient aucun changement dans la manière dont ils reçoivent leurs médicaments. Apresia envisage une approche similaire pour la prescription et la délivrance des médicaments spécialisés. Cela inclut souvent divers services centraux tels que l'aide au remboursement et l'orientation des soins cliniques. La nouvelle pièce serait l'ajout d'une capacité de fabrication pharmaceutique sur mesure, rendue possible par les technologies d'impression 3D brevetées d'Apresia ».

« Pour les médicaments déjà personnalisés par le biais de la préparation, les prescriptions peuvent en théorie rester les mêmes. Cependant, l'impression 3D augmente les options de personnalisation, ce qui signifie qu'il est possible d'obtenir un dosage encore plus précis et de personnaliser des éléments tels que la couleur et la saveur. Cela nécessiterait des détails supplémentaires sur l'ordonnance, mais serait extrêmement bénéfique pour certains patients. Pour les médicaments qui ne sont pas déjà personnalisés, la prescription deviendrait évidemment plus complexe, mais avec les avantages qu'offre l'impression 3D, le traitement devrait être plus efficace dans l'ensemble », souligne la directrice de l'innovation de FabRx.

Enfin, le coût. En général, l'utilisation de la FA pour des applications sur mesure s'est souvent révélée plus coûteuse que d'autres produits fabriqués en masse à l'aide de processus de fabrication conventionnels. Nous sommes tentés de penser que le marché de l'impression 3D de produits pharmaceutiques ne fait pas exception à cette théorie, mais nos experts veulent rester prudents :

« Comme pour tout produit pharmaceutique, le **coût pour le patient** dépendra en fin de compte du besoin médical non satisfait **auquel il est répondu**, du bénéfice



Owen Murray

clinique du produit et du niveau de remboursement du payeur. Cela dépend en grande partie de la proposition de valeur pharmaco-économique du produit. En ce qui concerne les coûts d'exploitation, la comparaison entre les technologies n'est pas directement univoque. Les technologies de fabrication additive d'Apresia sont souvent habilitantes et aident les entreprises pharmaceutiques à résoudre des problèmes qui dépassent les capacités des technologies de fabrication traditionnelles. Les produits imprimés en 3D sont souvent plus complexes et ont donc des composantes de prix différentes à prendre en compte. La fabrication additive est compétitive par rapport à d'autres technologies de fabrication pour les produits pharmaceutiques. Cependant, le potentiel d'efficacité de la chaîne d'approvisionnement peut se traduire par des économies significatives », explique le CEO d'Apresia.

« Nous prévoyons que l'impression 3D sera moins chère que les méthodes actuelles de préparation utilisées pour personnaliser les médicaments, car elle automatise le processus, ce qui libère du temps pour le personnel. **Elle sera plus coûteuse que la**



**fabrication de masse, mais ces dépenses plus élevées seront rentabilisées par des traitements plus efficaces, une réduction des hospitalisations et une diminution des déchets »,** ajoute l'expert de FabRx.

### **Les applications valent-elles alors le coût final ?**

Les technologies d'impression 3D permettent de fabriquer un large éventail de médicaments. Il s'agit, par exemple, de médicaments dont l'index thérapeutique est étroit, en particulier pour les groupes de patients à haut risque tels que les enfants, ou qui présentent des risques élevés d'effets secondaires.

En ce qui concerne la précision du dosage, la production de médicaments par impression 3D peut présenter des **avantages significatifs pour les patients souffrant de maladies rares ou orphelines.** Il n'est pas rare que le traitement de ces maladies s'accompagne d'un régime posologique onéreux et que le nombre de comprimés soit extrêmement élevé.

« L'un des principaux avantages

des technologies d'impression 3D d'Apreece et de notre plateforme de formulation ZipDose est l'administration de médicaments par le biais de comprimés qui se désintègrent très rapidement avec une petite gorgée de liquide, quel que soit leur poids. Par exemple, Apreece a obtenu l'approbation de la FDA pour un comprimé orodispersible de 1000 mg, qui est beaucoup plus grand que tous les autres comprimés approuvés en tant que produits ODT. Cela profite aux populations de patients qui souffrent de dysphagie, ou de difficultés à avaler. Outre les enfants, les personnes âgées et les patients ayant des besoins particuliers, la dysphagie est fréquente dans certains domaines thérapeutiques tels que la neurologie, la psychiatrie, l'oncologie et la gastro-entérologie. **Spiritam®**, le produit imprimé en 3D d'Apreece approuvé par la FDA, est prescrit pour traiter l'épilepsie », s'enthousiasme Murray.

Cela dit, il convient de noter qu'Apreece a reçu l'approbation de la FDA pour un médicament imprimé en 3D en 2015 et que

le produit est disponible sur le marché depuis 2016. Le produit **Spiritam®** est fabriqué dans le ZipDose d'Apreece afin de fournir un comprimé facile à avaler pour les patients épileptiques. ZipDose est un comprimé spécialisé créé à l'aide de la fabrication additive qui se désintègre rapidement avec une petite gorgée de liquide. Cette désintégration rapide permet aux patients d'avaler facilement des doses beaucoup plus importantes.

Entre-temps, l'équipe de FabRx participe actuellement à plus de quatre études et essais cliniques, et de nombreux autres sont en cours d'élaboration. On peut donc espérer qu'ils nous donneront de bonnes nouvelles dans les mois à venir.

L'entreprise estime que si de grandes sociétés pharmaceutiques s'impliquent et développent leurs propres formulations de médicaments en utilisant l'impression 3D, cela pourrait contribuer à propulser le marché de l'impression pharmaceutique 3D vers l'avant.

### **Notes pour les lecteurs :**

**Apreece** combine la précision couche par couche de la technologie d'impression 3D et les besoins uniques des patients individuels pour offrir un dosage optimisé depuis le début des essais cliniques jusqu'à la commercialisation du produit. La précision numérique permet de déposer deux mélanges de poudres distincts et deux mélanges de liquides différents, ce qui permet de personnaliser et d'ajuster chaque couche du comprimé imprimé en 3D en fonction de l'API, de l'API et des intermédiaires, des multiparticules de l'API et/ou de la dose de l'API. Les comprimés imprimés en 3D d'Apreece sont fabriqués dans un emballage primaire qui permet l'identification et la traçabilité au niveau du comprimé, depuis les premières formulations humaines jusqu'aux formes posologiques finales, avec une mise à l'échelle minimale, un potentiel de mise à l'échelle et des capacités de production en volume commercial. Apreece estime que sa technologie peut être centralisée ou distribuée tout en respectant les règles relatives aux bonnes pratiques de fabrication appliquées par la FDA.

**FabRx** croit en un monde où les traitements médicaux peuvent être personnalisés en fonction des besoins individuels de chaque patient (en termes de dosage, de forme, de taille et de combinaisons de doses) pour une production sur place dans les pharmacies ou les unités d'essais cliniques. De cette manière, la prise de médicaments est plus facile, plus efficace et associée à de meilleurs résultats pour le patient. Pour atteindre son objectif, l'entreprise explore l'utilisation de plusieurs technologies d'impression 3D dans le cadre de ses partenariats avec des instituts de soins de santé.

## Pourquoi l'impression 3D céramique de Lithoz convient aux applications de dentisterie restauratrice à base de disilicate de lithium

Si vous êtes allé chez le dentiste au début des années 2000, il y a de fortes chances que vous ayez reçu une couronne en métal ou en or pour votre dent qui avait besoin d'être restaurée. Personnellement, voir mon dentiste utiliser un matériau en or ou en métal pour une couronne ou une obturation ne fait pas partie de mes meilleurs souvenirs. Une couronne en métal dans la bouche me donnait l'impression d'être l'un de ces rappeurs que l'on voyait dans les vidéos musicales américaines à la mode à l'époque. Heureusement, aujourd'hui, il est possible d'avoir une couronne ou un plombage qui s'harmonise parfaitement avec la couleur de nos dents et il a fallu une conversation avec **Daniel Bomze** pour que je comprenne que le secret d'une telle solution réside dans l'utilisation d'un matériau vitrocéramique appelé **disilicate de lithium**.



crédit: Lithoz / Freisteller

Si vous êtes un lecteur régulier de 3D ADEPT Media et que vous vous intéressez de près aux applications d'impression 3D dans le domaine de la santé, le nom de **Daniel Bomze** vous est peut-être familier. Le directeur des solutions médicales de la société d'impression 3D de céramiques Lithoz [a discuté avec 3D ADEPT Media](#) l'année dernière des facteurs à prendre

en compte lors de l'exploration des céramiques techniques dans la fabrication additive médicale et des raisons pour lesquelles elles conviennent bien aux applications dentaires. L'un des points forts de notre conversation était que la **zircono, l'ATZ et le ZTA** – qui font tous partie du portefeuille de matériaux de Lithoz – pouvaient être traités avec la technologie de fabrication de céramique basée sur la lithographie (LCM) de l'entreprise pour réaliser la production de masse de certaines applications dentaires.

Depuis notre conversation, Lithoz a approfondi sa collaboration avec [Metoxit, une entreprise suisse de céramique](#) de haute technologie qui développe des céramiques d'oxyde. Ensemble, ils explorent les applications dentaires imprimées 3D en céramique. « Avec Metoxit, nous étudions actuellement l'utilisation de l'ATZ (zircono durcie à l'alumine) pour développer des implants dentaires.

Nous étudions également la possibilité de produire une large gamme de dispositifs tels que des fraises ou des outils de fraisage. D'autre part, nous travaillons également avec une université sur des applications relatives à ce sujet qui, nous l'espérons, seront bientôt publiées. La vérité, c'est que beaucoup de gens optent aujourd'hui pour des solutions sans métal lorsqu'il s'agit d'implantologie dentaire. Ils paient cher pour avoir des solutions avec d'autres matériaux tels que la zircono et l'ATZ, mais leur utilisation est souvent combinée à des processus standard. Lorsque nous avons réalisé que certains fabricants proposaient également des fraises en céramique, nous avons décidé d'explorer davantage l'utilisation de ces matériaux pour les applications dentaires réalisées par fabrication additive céramique – sachant que les avantages de la technologie (liberté de conception et capacité à réaliser différentes géométries) joueraient en notre faveur pour obtenir des applications avec de meilleurs résultats. »



Daniel Bomze – Director of Medical Solutions at Lithoz



Dans le même ordre d'idées, le **disilicate de lithium**, matériau vitrocéramique reconnu pour sa translucidité (ce qui signifie qu'il peut s'harmoniser avec la couleur naturelle des dents), est largement utilisé pour les restaurations dentaires telles que les **couronnes** et les **facettes**.

L'anion silicate (une structure tétraédrique de 4 atomes d'oxygène autour d'un atome de silicium) est le matériau de base de la plupart, sinon de tous les matériaux en verre. Le lithium est ajouté sous forme d'ions pour obtenir les propriétés souhaitées de la vitrocéramique dentaire par rapport au verre à vitre standard, par exemple. Le développeur de la technologie de fabrication de céramique par lithographie (LCM) s'est associé à **Ivoclar**, un fabricant de solutions intégrées pour des applications dentaires esthétiques et de haute qualité, pour mettre au point ce nouveau matériau à base de disilicate de lithium. Basé sur la **poudre de disilicate de lithium IPS e.max** (IPS e.max signifie qu'il appartient à une famille de matériaux de restauration dentaire utilisés par des méthodes de façonnage traditionnelles et utilisés en raison de leur esthétique et de leur aspect similaire à la dent naturelle), le matériau permet de fabriquer des facettes d'une épaisseur de 0,3 mm et des couronnes avec un niveau de détail élevé, en particulier au niveau des surfaces occlusales.

### Les différents procédés de fabrication du disilicate de lithium

Selon Bomze, il existe actuellement trois façons de créer des applications de dentisterie restauratrice avec ce matériau : le procédé le plus traditionnel est le **pressage à chaud/pressage thermique**. Ici, le processus de fabrication commence par le modèle de la couronne ou de la facette et repose sur l'utilisation d'une technique de cire perdue, un processus couramment utilisé pour couler les alliages dentaires.

Le **fraisage** est un autre procédé conventionnel qui peut être utilisé pour traiter ce matériau. Il utilise des fraises diamantées à grande vitesse pour obtenir la forme finale de la restauration. Les restaurations en disilicate de lithium sont fraisées par usinage dur avant leur cristallisation complète. Un traitement thermique est ensuite effectué pour obtenir les caractéristiques mécaniques et optiques finales.

Et puis vient l'**impression 3D**. Dans ce cas



Implants dentaires imprimés en 3D en zircone durcie à l'alumine LithaCon ATZ 980. Image : Lithoz

précis, le processus de fabrication de céramiques par lithographie de Lithoz permet de fabriquer les applications susmentionnées à l'aide du matériau de disilicate de lithium récemment mis au point. Pour ceux qui ne sont pas familiers avec ce procédé, il convient de noter [qu'au cours de ce processus de fabrication](#), les particules de céramique sont dispersées dans une résine photosensible et cette dispersion est ensuite solidifiée par la lumière, couche par couche, pour former une pièce. La pièce est ensuite soumise à un processus de déliantage et de frittage afin de lui conférer ses propriétés céramiques et de pouvoir l'utiliser pour son usage final.



Image : Lithoz/ Freisteller

Notre conversation avec Bomze nous a permis de comprendre les différents avantages et inconvénients de chaque processus de fabrication :

	<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
<b>Pressage thermique</b>	<p>Il existe un effet caméléon qui permet d'avoir de meilleures propriétés optimales que la zircone.</p> <p>Procédé qui repose sur l'utilisation d'une technique de cire perdue. Faibles coûts d'investissement pour l'équipement. Connus de la plupart des prothésistes dentaires.</p> <p>Faible coût des matériaux car les lingots sont comparativement peu coûteux et plusieurs restaurations peuvent être réalisées à partir d'un seul lingot.</p>	<p>Le fait que certaines parties du processus puissent être réalisées manuellement augmente la durée du processus de fabrication (le Wax-up (génération du modèle en cire), le vesting et le devesting sont manuels. Les presses à chaud sont disponibles en version automatique et <a href="#">manuelle</a>).</p> <p>Limité en termes de précision et de finition.</p>
<b>Fraisage</b>	<p>L'effet caméléon permet d'obtenir des propriétés optimales supérieures à celles de la zircone.</p> <p>Le procédé offre une meilleure qualité de surface à la pièce.</p> <p>Une résistance finale à la flexion d'environ 500 MPa.</p> <p>Peut convenir pour les restaurations MOD indirectes de classe II dans divers modèles de préparation de cavité.</p>	<p>Selon une <a href="#">étude</a>, la résistance caractéristique des échantillons de disilicate de lithium est réduite d'environ 33 % après le fraisage.</p> <p>Des fissures ou des défauts potentiels peuvent apparaître en raison de l'accumulation de contraintes ou du changement de diamètre des bavures.</p> <p>Le processus de fabrication nécessite beaucoup de matériau (80 % du matériau pourrait être gaspillé).</p> <p>Production d'une seule facette à la fois.</p> <p>Coût élevé des matériaux pour une seule restauration.</p> <p>L'obtention de la restauration finale peut prendre jusqu'à cinq jours.</p>
<b>Processus de fabrication de céramiques par lithographie</b>	<p>Il y a un effet caméléon qui permet d'avoir de meilleures propriétés optimales que la zircone. La finition avec l'impression 3D sera identique aux dents du patient.</p> <p>Beaucoup d'économies de matériaux. Si le processus de fraisage gaspille jusqu'à 80 % d'une quantité «x» de matériau pour une application donnée, la fabrication additive (FA) céramique ne perd que moins de 10 % de matériau pour la même application.</p> <p>Stabilité de l'opération.</p> <p>Meilleure évolutivité et personnalisation de masse : on peut produire jusqu'à 100 facettes sur mesure en même temps en utilisant ce matériau et une imprimante 3D médicale CeraFab System S65.</p> <p>Possibilité de réaliser un traitement peu invasif dans certaines applications. La FA permet de réaliser un large éventail d'applications.</p>	<p>La restauration finale peut prendre jusqu'à deux ou trois jours.</p>

Il est bien connu que la nature des matériaux céramiques souffre de quelques problèmes, tels que la fragilité, la faible résistance à la traction, à la flexion et aux chocs, qui limitent leurs applications dans les restaurations dentaires. Toutefois, il faut reconnaître que les facettes imprimées en 3D peuvent présenter les **mêmes propriétés mécaniques que le disilicate de lithium pressé et fraisé** (avec une résistance de l'ordre de 470-530 MPa).

Par ailleurs, alors que la plupart des patients aspirent à ce que leur restauration dentaire soit réalisée lors du même rendez-vous à la clinique de leur dentiste, ce délai est difficile à respecter, quel que soit le processus de fabrication utilisé. À l'heure actuelle, la FA garantit les meilleures performances en termes de délais pour les facettes et les obturations et, surtout, « aucun entretien n'est nécessaire. Une fois la restauration imprimée en 3D, le succès du traitement dépend de l'expertise du dentiste », souligne Bomze.

Outre les avantages techniques qui peuvent résulter de l'utilisation de la fabrication additive céramique avec le disilicate de lithium, j'ai été impressionnée par les différents cas ou scénarios dans lesquels cette technologie peut apporter une valeur ajoutée :

« Pour les personnes qui ont un diastème par exemple [un espace entre les dents], un traitement peu invasif peut être réalisé pour résoudre le problème. Dans ce cas, les facettes sans préparation sont un excellent candidat pour la FA céramique », explique Bomze. De plus, en fonction des besoins spécifiques du patient, les facettes imprimées en 3D peuvent être réalisées in situ, après fixation par adhésif, ou sur la base d'un scan intraoral, après individualisation sur le modèle produit par fabrication additive.

### Pour aller de l'avant...

Alors que les États-Unis seront le premier marché où les produits à base de disilicate de lithium seront mis à la disposition des clients, les activités de recherche se poursuivent chez



Preparation of the severely abraded front teeth with 0.5 shoulder on the mesial and approximal sides. The lingual side remained untouched.



Additively manufactured veneers after individualization on the additively produced cast, based on the intraoral scan.



Additively manufactured veneers after adhesive fixation in situ.



Additively manufactured veneers after adhesive fixation in situ.

**Légende :** L'image ci-dessus montre 4 étapes différentes d'une même demande. Première étape : la préparation des dents. Préparation des dents - Deuxièmement, les facettes produites sur les matrices que le prothésiste dentaire utilise pour vérifier l'ajustement. Les troisième et quatrième étapes sont les restaurations in situ (dans la bouche du patient).

Lithoz pour faire progresser l'utilisation de ce matériau et ses applications dans le domaine de l'impression 3D de céramiques. L'entreprise étudie actuellement la possibilité de combiner deux formes de disilicate de lithium pour obtenir une pièce multi-matériaux imprimée en 3D. « Si les résultats de ce projet sont concluants, cette application changera la donne dans le domaine de la dentisterie numérique », conclut Bomze. Et compte tenu de la base installée et de la part de marché importante de Lithoz, je ne doute pas que l'entreprise soit prête à capitaliser sur cette opportunité de marché relativement sous-développée.



[Lithoz](https://www.lithoz.com)

Ce contenu a été rédigé en collaboration avec [Lithoz](https://www.lithoz.com).

### Quelques mots sur Lithoz & Daniel Bomze

**Lithoz** est le leader mondial et technologique des matériaux céramiques de haute performance et des imprimantes 3D. Fondée en 2011, Lithoz s'engage à repousser les limites de la production de céramique et à aider ses clients à élargir les possibilités de fabrication de l'industrie céramique. En tant que spécialiste innovant de l'impression 3D céramique de haute précision pour des applications dentaires et médicales biorésorbables complexes, Lithoz a également été le premier fournisseur de systèmes au monde à développer avec succès des céramiques dentaires haut de gamme pour l'impression 3D. L'entreprise a une part d'exportation de près de 100%, 150 employés et 4 sites différents dans le monde. Depuis 2016, Lithoz est également certifiée ISO 9001-2015.

**Daniel Bomze** est chimiste polymériste de formation et a obtenu son doctorat à l'Université technique de Vienne. Dans sa thèse de doctorat, réalisée à l'Institut de chimie synthétique appliquée, Bomze a mis au point des méthodes alternatives de durcissement par irradiation pour les résines époxy. Il a commencé sa carrière professionnelle en tant qu'ingénieur indépendant spécialisé dans les applications web et en tant qu'assistant de projet à l'université technique de Vienne. Bomze a acquis une vaste expérience dans la recherche sur les matériaux dans différents domaines et est l'auteur de nombreuses publications et brevets. Depuis novembre 2016, il est employé en tant que développeur des affaires médicales chez Lithoz. En 2019, il est devenu responsable de l'unité commerciale médicale, qui comprend également des applications dentaires. À partir de 2022, le Dr. Bomze est directeur de la division des solutions médicales chez Lithoz.



## UTILISER LES MATÉRIAUX D'IMPRESSION 3D RÉSINE AU-DELÀ DES APPLICATIONS DENTAIRES

Parmi la vaste gamme de matériaux d'impression 3D pouvant être utilisés pour les dispositifs médicaux, les résines ont souvent été exploitées et considérées comme des matériaux de choix pour les applications dentaires. Il s'agissait déjà d'une victoire pour les fournisseurs de technologie quand on sait qu'en raison du coût élevé de la technologie, celle-ci n'était accessible qu'aux centres médicaux et aux fabricants d'appareils les plus importants et les mieux dotés en ressources. Le fait est que le prix abordable et l'accessibilité des imprimantes 3D se sont accompagnés d'une demande pour une variété de matériaux biocompatibles spécifiquement conçus et destinés à des usages variés.

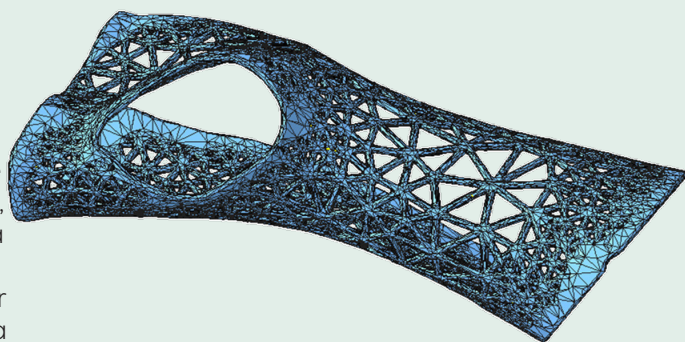
**P**our rappel, la **biocompatibilité** est un terme générique désignant les matériaux spécifiquement conçus pour interagir avec les tissus vivants sans provoquer de réaction immunologique.

Le défi réside ici dans la capacité à mettre en évidence ces diverses utilisations prévues, leurs certifications de biocompatibilité, la technique de post-traitement ou les défis potentiels qui peuvent survenir lors de leur utilisation afin que les professionnels de la santé puissent prendre une décision informée et sûre concernant la sélection des matériaux. C'est ce que cet article vise à aborder.

La majorité des résines d'impression 3D ont été spécifiquement conçues pour les applications dentaires. Cela s'explique par le fait que lorsque vous concevez un nouveau matériau d'impression 3D médical, il y a toujours une application liée à ce matériau. En ce qui concerne les matériaux dentaires, il existe environ 20 applications qui sont assez bien documentées. Lorsque l'on conçoit un nouveau matériau, on sait donc clairement ce qu'il faut développer. Toutes ces informations sont nécessaires lors de l'enregistrement d'un nouveau matériau. Si vous développez un matériau pour le secteur médical, vous ne pouvez pas vous contenter de concevoir un matériau adapté à toutes les applications, car il est impossible de l'enregistrer et d'obtenir l'approbation de la FDA ou de la CE. De même, en dentisterie, il faut développer un matériau spécifique pour chaque application. Mais il existe bien d'autres applications dont le développement nécessiterait un investissement important. En outre, toutes les pièces utilisées en dentisterie s'intègrent facilement dans le volume de construction de la plupart des imprimantes 3D résine, ce qui rend l'impression 3D résine idéale pour la dentisterie numérique.

En fin de compte, ces matériaux dentaires – ou leur formulation – sont étudiés pour d'autres utilisations médicales ou des applications médicales spécifiques. L'impression 3D résine peut être bénéfique pour les applications qui nécessitent une

*Attelle translucide. Image: Liqcreate.*



personnalisation spécifique au patient. Parmi les autres applications médicales actuellement à l'étude, on peut citer les exoprothèses orthopédiques, les guides chirurgicaux, les prothèses auditives, les lentilles de contact, les lentilles intraoculaires, les instruments chirurgicaux spécialisés, les modèles médicaux ou même les implants.

**La question est de savoir si l'impression 3D résine peut être utilisée pour produire des pièces à usage final pour ces applications.**

Eh bien, presque toutes ces applications peuvent nécessiter des matériaux pour des pièces d'utilisation finale. Dans certains cas, comme celui des prothèses auditives, il est possible d'obtenir des pièces à usage final en utilisant des matériaux photopolymères et la technologie de photopolymérisation (VAT). [ACS Custom, par exemple](#), un fabricant de protections auditives personnalisées, d'écouteurs intra-auriculaires et d'autres dispositifs de communication, a quadruplé sa production de protections auditives personnalisées il y a trois ans en utilisant des technologies d'impression 3D à base de résine et un matériau photopolymère spécifique.

Par ailleurs, il est essentiel de garder à l'esprit que le choix d'un matériau pour des applications médicales est directement lié à la sélection de l'imprimante 3D et aux exigences à satisfaire dans une application donnée. Il s'avère qu'en fonction de leur finalité, les applications médicales peuvent nécessiter des **matériaux souples**, des **matériaux rigides** ou des **matériaux multiples**.

## Quels types de matériaux pour quelles applications ?

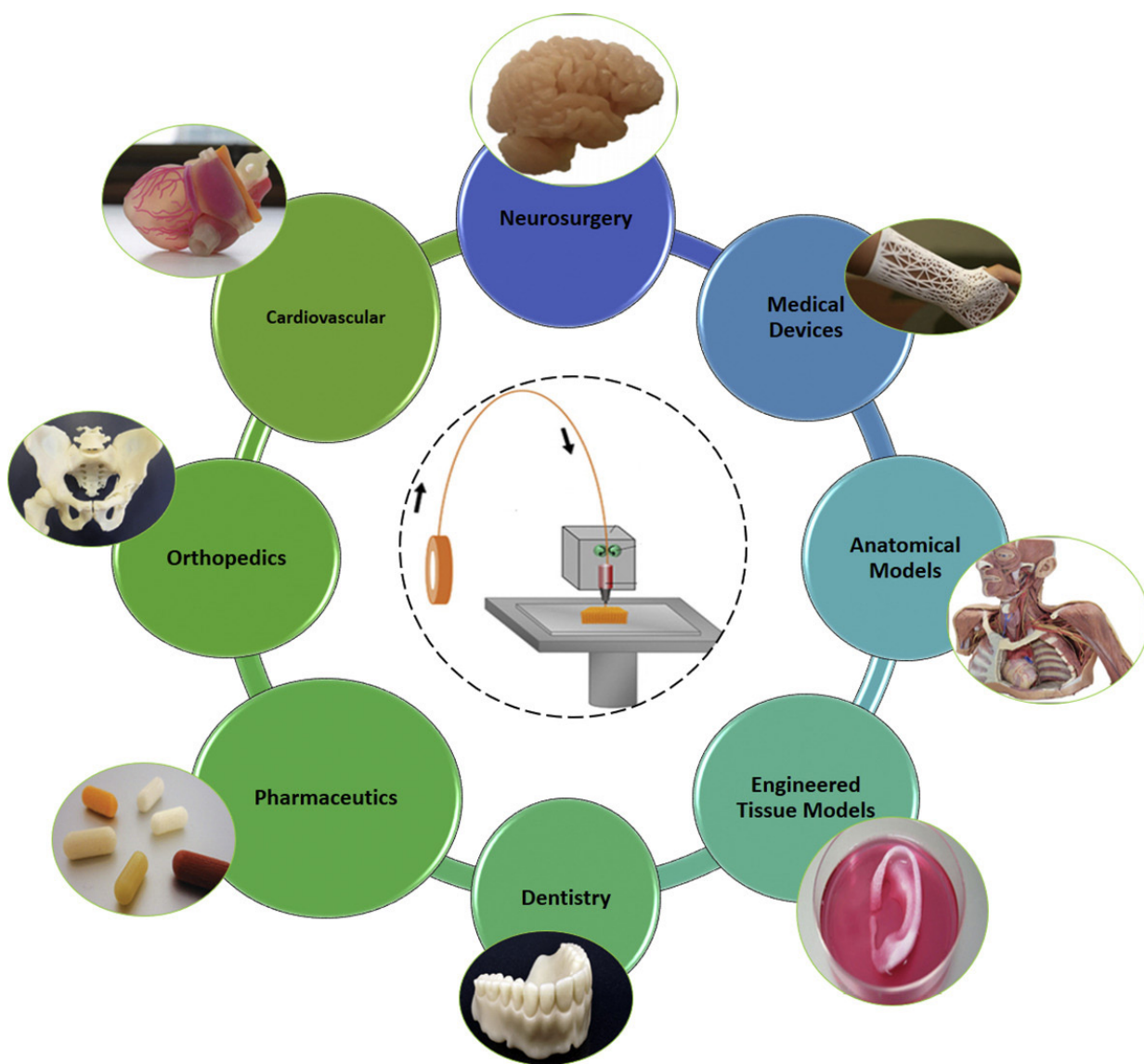
La majorité des matériaux étant rigides, l'impression 3D s'avère être le candidat idéal pour la production d'os humains. Selon une [recherche](#), l'option la plus courante reste l'acrylonitrile butadiène styrène (ABS) traité par impression 3D FDM, mais des poudres de plâtre et d'hydroquinone ont également été utilisées par la technologie de jet de liant (Binder Jetting), ainsi qu'un mélange de polyamide et de billes de verre par SLS. Les matériaux rigides peuvent également être adéquats dans le contexte de la planification pré-procédurale, afin d'aider les chirurgiens à mieux se préparer pour la salle d'opération.

En ce qui concerne les matériaux flexibles, on apprend que la combinaison de l'impression 3D SLA avec des matériaux résine pourrait permettre la production de cœurs flexibles en uréthane, adaptés aux pratiques de découpe et de suture sans post-traitement. Que l'on

utilise l'impression 3D SLA ou Polyjet (avec un matériau de type caoutchouc pouvant être mélangé à un photopolymère rigide pour contrôler la flexibilité d'une structure donnée), l'objectif final est souvent de créer une pièce aussi réaliste que possible, afin d'évaluer un dispositif chirurgical.

Quant aux matériaux multiples, ils peuvent être combinés pour créer un fantôme adéquat. Pour certains chercheurs, les composites multimatériaux devraient constituer un domaine d'intérêt clé dans les applications médicales de l'impression 3D, car aucun des matériaux actuellement disponibles ne peut imiter les tissus élastiques et biologiques.

Quels que soient les matériaux utilisés, la biocompatibilité reste une préoccupation majeure pour les fabricants de dispositifs médicaux.



## Évaluation des exigences en matière de biocompatibilité et de stérilisation dans les applications

Si un matériau est destiné à être utilisé en contact avec la peau pendant 24 heures par exemple, ce matériau doit être certifié comme restant chimiquement stable et ne provoquant pas de réaction immunologique pendant cette durée. Cela semble évident en théorie.

En pratique, les exigences en matière de biocompatibilité ou de stérilisation varient en fonction de l'utilisation prévue.

La biocompatibilité est mesurée sur des pièces dont le processus de fabrication est spécifique (**imprimante 3D, lavage et post-polymérisation**). Cela signifie que les matériaux biocompatibles doivent être testés et certifiés en fonction des propriétés annoncées par le fabricant. Lors de la production en série, il est important que le processus du fabricant soit suivi à la lettre pour produire des pièces finales biocompatibles.

Néanmoins, les professionnels de la santé doivent être conscients du fait que, parfois, les résines sont largement commercialisées par les fabricants comme étant biocompatibles, mais qu'elles sont fournies avec peu ou pas de détails sur les utilisations spécifiques prévues ou sur les certifications correspondantes. Par conséquent, pour atteindre la biocompatibilité, ils doivent s'assurer que les meilleures pratiques sont utilisées tout au long du processus en mettant en œuvre un système de validation et de contrôle.

Au niveau de la fabrication, les instructions spécifiques du fabricant doivent être suivies à la lettre pour que le matériau soit conforme aux exigences de chaque application. Un matériel spécifique doit être validé, en combinaison avec ses instructions de post-traitement pour les résines médicales, par exemple.

Autre exemple : les dispositifs implantables sont très difficiles à développer et à certifier pour cet usage car ils sont en contact permanent avec le corps



Légende : L'impression 3D permet d'obtenir des modèles détaillés à partir des scanners des patients. Image via IOB.

humain et le sang. Cette situation est différente de celle d'un guide chirurgical qui est utilisé à court terme dans une plaie (toujours en contact avec le sang) pour réaliser une coupe osseuse précise. **Les pièces en contact avec la peau ou les modèles médicaux qui ne sont utilisés qu'à des fins d'inspection ou de pratique sont plus faciles à fabriquer.** En ce qui concerne les spécifications des matériaux, **il reste des progrès à faire pour imiter les polymères thermoplastiques médicaux tels que le PEEK et le PA.** Ces thermoplastiques ont une longue expérience des applications médicales. Lorsque des résines présentant ce type de propriétés pourront être imprimées et validées dans le cadre d'études cliniques pour des applications à long terme, on pourrait légitimement parler d'une nouvelle ère pour l'impression 3D médicale.

En réalité, pour de nombreuses applications, il n'existe pas encore de résines imprimables en 3D. En revanche, il existe des métaux imprimés en 3D (titane) ou des thermoplastiques SLS/FDM pour certaines applications. Si un matériau « numérique » alternatif est déjà disponible pour une telle application, le processus d'enregistrement est beaucoup plus court. Pour les autres applications, les développeurs de résine et les professionnels de la santé doivent travailler en étroite collaboration sur chaque application afin d'étudier la faisabilité de la numérisation de ces processus et de l'utilisation de pièces en résine imprimées en 3D.

### Auteurs et contributeurs

Cet article a été rédigé avec la contribution de [Liqcreate](#), une entreprise qui développe des photopolymères pour les technologies SLA et DLP. Leurs polymères haut de gamme conviennent à un large éventail d'industries, notamment le prototypage, l'industrie, le divertissement, les biens de consommation, la santé et l'automobile. Dans un [précédent article](#), 3D ADEPT Media a collaboré avec Liqcreate pour faire la lumière sur les différentes formes de toxicité et les solutions explorées pour la réduire dans l'impression 3D résine.

D'autres contributions incluent une étude sur les « [Résines d'impression 3D biocompatibles pour les applications médicales](#) » et une autre sur les « [Matériaux d'impression 3D et leur utilisation dans l'enseignement médical](#) ».





## New sustainable 3D printing materials

nearly  
50 percent  
less CO<sub>2</sub>

**INFINAM**® 

Evonik is introducing new 3D printing grade of its INFINAM® PA12 powders with significantly reduced CO<sub>2</sub> emissions. The new sustainable materials are produced using renewable energy—based on biomethane—and certified by TÜV Rheinland attesting an improvement in the company's own carbon footprint of almost 50 percent.

 **EVONIK**  
Leading Beyond Chemistry

## Evonik et le rôle des matériaux polymères dans l'amélioration de la prochaine génération d'implants imprimés en 3D

N'importe où, n'importe quand : une maladie ou une blessure grave peut nécessiter un implant médical. Selon un rapport publié conjointement par l'American Joint Replacement Registry (AJRR) et l'American Academy of Orthopedic Surgeons (AAOS), si l'on considère les procédures de remplacement de la hanche et du genou par exemple, plus de 1,7 million de procédures de remplacement de la hanche et du genou sont effectuées dans le monde sur 1,2 million de patients par an. Le bémol est que nombreux sont ceux qui ne réalisent pas que ces implants peuvent finir par tomber en panne chez 5 à 10 % des patients. Si personne ne peut être sûr à 100 % qu'une prothèse de hanche ou de genou sera la dernière opération nécessaire sur une articulation spécifique, l'objectif ultime des fabricants de dispositifs médicaux et des professionnels de la santé reste d'explorer toutes les solutions possibles susceptibles d'augmenter les chances de réussite à long terme de l'opération. L'une de ces solutions réside dans le choix des bons **matériaux**.

Comme vous pouvez le deviner, les implants prêts à l'emploi ont permis aux professionnels de la santé de traiter rapidement les besoins les plus courants des patients. Au fur et à mesure que la technologie progresse, on se rend compte que la fabrication additive n'est pas seulement une méthode alternative pour fabriquer des cotyles de hanche et des cages vertébrales à grande échelle ; la technologie contribue à remodeler ce que les implants peuvent faire et la manière dont les patients peuvent être traités. Le problème est que, très souvent, l'utilisation de la fabrication additive (FA) dans les applications médicales est mise en évidence par l'utilisation de métaux. Or, ces derniers ne sont pas nécessairement les matériaux idéaux pour toutes les applications.

L'article ci-dessous vise à mettre en évidence le rôle des matériaux de FA polymère dans la création et l'amélioration de la prochaine génération d'implants imprimés en 3D. Pour ce faire, nous aborderons les points suivants:

- L'utilisation de matériaux polymères en FA par rapport à l'utilisation de matériaux polymères dans la fabrication conventionnelle
- Le choix entre les métaux et les polymères

Avant d'aborder ce sujet, il est essentiel de faire la différence entre les **biopolymères** et les **biomatériaux**.

« Par définition, tous les matériaux utilisés pour des applications d'implant à long terme sont des biomatériaux puisqu'ils sont en contact avec des tissus corporels, des liquides et/ou des os. Une condition essentielle pour les biomatériaux devrait être leur excellente biocompatibilité.

Les "biopolymères", quant à eux, sont définis comme des polymères d'origine biologique, par exemple microbienne. Il n'est pas obligatoire qu'un biomatériau polymère soit un biopolymère », souligne **Marc Kebel**, responsable des systèmes médicaux chez Evonik.

Cela signifie que les biopolymères peuvent être biocompatibles et biodégradables, et qu'ils peuvent être utilisés dans des applications qui vont au-delà de l'industrie des soins de santé ; des applications telles que les films comestibles, les émulsions et les matériaux d'emballage dans l'industrie alimentaire, par exemple.

L'entreprise de produits chimiques spécialisés **Evonik** fournit spécifiquement des biomatériaux d'origine biologique et non biologique. Le matériau **RESOMER®** est un biopolymère dégradé et **VESTAKEEP®** est un polymère biostable. Les deux matériaux peuvent être traités par impression 3D, RESOMER® via SLS, FFF et Freeform et VESTAKEEP® via FFF ou Freeform.







## L'utilisation de matériaux polymères dans la fabrication additive vs l'utilisation de matériaux polymères dans la fabrication conventionnelle

Lorsqu'on regarde la fabrication, les procédés de soustraction ont du sens pour les fabricants qui veulent produire des solutions prêtes à l'emploi pour traiter les besoins les plus courants des patients. Cependant, compte tenu de la complexité des structures anatomiques, cette technologie devient rapidement limitée dans les géométries qu'elle peut produire, ainsi que dans le nombre d'équipements nécessaires à la fabrication d'un implant. Sans compter que le temps nécessaire à l'usinage peut être important, surtout lorsqu'il s'agit de métaux plus durs.

Tout d'abord, « l'impression 3D d'implants à base de polymères n'est pas limitée à un type particulier d'implants. Tous les implants actuels pour lesquels les polymères sont utilisés sont possibles. Grâce aux nouvelles possibilités offertes par les technologies additives, un éventail encore plus large d'applications est potentiellement réalisable. Un exemple montre que la société [BellaSeno \[développeur d'échafaudages résorbables imprimés en 3D\]](#) utilise des implants résorbables imprimés en 3D dans des applications qui utilisent du silicone (implants mammaires). Le plus important est que les implants imprimés en 3D répondent aux exigences de biocompatibilité et de résistance mécanique d'un implant.

Plus généralement, l'impression 3D présente des avantages substantiels dans deux domaines principaux : (1) les implants spécifiques au patient qui ont un  $n=1$ , qui sont uniques pour le patient et qui, conventionnellement, entraîneraient une grande perte de matière, par exemple à cause de l'usinage, une logistique plus facile et moins de fonds de roulement. (2) Les nouvelles



**Marc Knebel**, responsable des systèmes médicaux chez Evonik





conceptions et fonctionnalités, impossibles à réaliser avec les technologies conventionnelles. Il s'agit notamment de structures creuses ou poreuses présentant des propriétés de surface particulières », explique Kebel.

En ce qui concerne les matériaux, il convient de noter que, qu'ils sont traités par des procédés de fabrication conventionnels (tels que le moulage par injection ou l'usinage) ou par FA, ils doivent présenter les mêmes propriétés mécaniques. Cela dit, qu'il s'agisse de procédés d'impression 3D par extrusion, par résine ou par poudre, l'impression 3D de polymères peut offrir une grande souplesse dans le choix des matériaux et permettre des conceptions avec des architectures, des réponses et des agencements diversifiés. C'est ce que souligne le **responsable de Systèmes Médicaux** :

« La qualité et la documentation du matériau sont les mêmes que pour toute application de contact corporel à long terme (implant). Comme pour les autres technologies de transformation, toutes les étapes de transformation doivent être validées et qualifiées (IQ/OQ/PQ) et il faut s'assurer qu'un dispositif médical sûr est produit.

La différence, par exemple avec le moulage par injection, est que l'impression 3D offre beaucoup plus de variables à ajuster dans le processus et que tous ces paramètres doivent être vérifiés et validés ».

Il va sans dire que les décisions concernant le matériau, le processus d'impression 3D idéal et les stratégies de conception sont prises d'une manière non linéaire qui nécessite une réflexion approfondie et la connaissance de leur relation avec une application donnée. Le choix d'un matériau polymère nécessite donc la prise en compte d'un large éventail de propriétés mesurables que nous ne pouvons pas évaluer ici. Toutefois, pour la fabrication d'implants

imprimés en 3D, Evonik recommande de se concentrer sur les **“biomatériaux intelligents”**, un type de matériau qui peut combiner plusieurs caractéristiques.

« Le [filament de fusion VESTAKEEP®](#) pour l'impression FFF en est un exemple. Dans ce produit, nous avons intégré un additif bioactif qui combine l'excellente biocompatibilité et les propriétés mécaniques du PEEK avec des propriétés bioactives pour une cicatrisation osseuse plus rapide et donc un rétablissement plus rapide du patient », explique Kebel.

En outre, du point de vue du traitement, **l'une des principales préoccupations de tous les professionnels de la santé est l'acceptation de l'implant par le corps du patient**. La FA répond à cette préoccupation car elle permet d'inclure des structures poreuses dans l'implant, un attribut essentiel qui permet la fusion biomédicale de l'implant.

### Le choix entre les métaux et les polymères

Les polymères ne représentent qu'environ 10 % du marché mondial des implants ; un pourcentage qui semble injuste lorsqu'on connaît les arguments qui font valoir les atouts de ces matériaux dans les applications liées aux implants imprimés en 3D.

La rigidité élevée des implants métalliques, par exemple, peut entraîner des problèmes mécaniques tels que les forces de protection contre les contraintes qui sont transférées de l'implant métallique sur l'os restant. (La protection contre les contraintes est la réduction de la densité osseuse (ostéopénie) résultant de l'élimination des contraintes typiques de l'os par un implant métallique). En ce qui concerne les équipements de sécurité, les treillis imprimés en polymère permettent d'absorber efficacement l'énergie grâce à un processus de fabrication rapide qui contourne les limites de la chaîne d'approvisionnement de la fabrication en vrac.



À ces arguments, Kebel ajoute **la flexibilité naturelle des matériaux polymères tels que le PEEK**, qui est proche de l'os naturel, ce qui entraîne une diminution de la protection contre les contraintes et, en fin de compte, le descellement de l'implant. Il mentionne également le fait qu'il n'y a pas **d'artefacts d'image sous les rayons X de la TRM**. Ceci est d'autant plus important pour les nouveaux développements de la chirurgie robotique qui ne permet pas d'artefacts d'image pendant l'opération pour une haute précision.

« En tant que solution sans métal, les polymères peuvent être le matériau de choix pour les patients allergiques.

En ce qui concerne l'impression 3D d'implants métalliques, la technologie SLS est bien établie. Le principal obstacle réside dans la manipulation de la poudre et son élimination ultérieure de l'implant final. Cette manipulation et ce retrait de la poudre, qui demandent beaucoup de travail et de temps, limitent l'utilisation de cette technologie à un



petit nombre d'installations centralisées.

La technologie FFF pour le traitement des polymères offre l'avantage d'une production décentralisée d'implants sur le lieu de soins, par exemple directement à l'hôpital. Les machines sont plus petites, la manipulation des filaments est sûre et facile, et le post-traitement beaucoup plus aisé. La production d'implants peut être directement intégrée dans le flux de travail entièrement numérique de l'hôpital pour un traitement plus rapide du patient », poursuit-il.

Du point de vue de la

cicatrisation, « la cicatrisation est généralement bien comprise et positive pour les matériaux métalliques. Cependant, les allergies sont plus fréquentes, alors qu'aucune réaction allergique n'est signalée pour le PEEK.

La cicatrisation de l'implant peut être encore améliorée par l'impression 3D avec la structure et la conception de la surface, par exemple la rugosité des structures poreuses. En outre, les matériaux à cicatrisation rapide tels que VESTAKEEP Fusion, qui permettent une croissance osseuse plus rapide, accélèrent le rétablissement du patient ».

## Conclusion

En raison des risques élevés qu'ils présentent pour l'utilisateur final et de leur défaillance potentielle, les implants sont classés dans la classe III des produits soumis à des contrôles généraux par la FDA. L'utilisation de la FA s'accompagne d'un certain nombre de variables qui atténuent ces risques tout en offrant une garantie raisonnable de sécurité et d'efficacité. Actuellement, plus de 80 % des implants ont une durée de vie supérieure à 25 ans. Une étude révèle que ce chiffre pourrait augmenter avec les implants fabriqués de manière additive. Pour continuer sur cette voie, les facteurs de réussite sont les suivants : une collaboration continue entre les producteurs de matériaux et les fabricants d'imprimantes 3D, « un lien étroit avec les principaux leaders d'opinion (par exemple, les chirurgiens) et les équipementiers pour comprendre les besoins non satisfaits ; la confiance dans le marché et un producteur fiable de matériaux sûrs, ainsi qu'une expertise en matière de matériaux et une intégration en amont pour bien comprendre les polymères et avoir les capacités et le savoir-faire nécessaires pour modifier la conception des polymères en fonction des besoins ».

Ce contenu a été créé en collaboration avec [Evonik](https://www.evonik.com).



## Post-traitement des dispositifs médicaux imprimés en 3D par électrochimie : PECM

Ces dernières années, l'industrie de la fabrication de dispositifs orthopédiques a tiré parti de la technologie de prototypage rapide pour produire des implants spécifiques aux patients. Les méthodes de fabrication additive ont été de plus en plus utilisées pour produire des implants personnalisés en métal ou en PEEK pour l'arthroplastie de la hanche et la chirurgie de la colonne vertébrale. La technologie de fabrication additive (FA) pour le métal s'est avérée avantageuse en permettant des itérations de conception plus rapides, en minimisant le poids grâce à l'optimisation de la topologie et en permettant aux implants personnalisables de s'adapter à l'anatomie du patient, l'objectif principal étant d'améliorer l'**ostéo-intégration**.

**L'ostéo-intégration**, terme clé de cet article, est définie comme la capacité d'un implant artificiel à fusionner avec l'os au niveau moléculaire, améliorant ainsi la fonctionnalité, la résistance, la mobilité du patient et la sécurité.

Quelques considérations de conception qui affectent l'ostéo-intégration peuvent inclure, mais ne sont pas limitées à :

- Des matériaux qui limitent ou éliminent la possibilité que des molécules cytotoxiques soient déchargées de l'implant (par exemple, les ions de cobalt déchargés d'un implant de hanche en cobalt-chrome).
- Une qualité de surface ostéo-intégrative rugueuse et poreuse là où la pièce touche l'os, permettant un rapport de contact plus élevé et un meilleur « ancrage osseux »
- La géométrie de la pièce (et du matériau) qui créent une distribution uniforme de la charge, évitant une charge isolée sur une zone particulière de la pièce et/ou de l'os au fil du temps, ce qui peut entraîner une défaillance de la pièce.

Cependant, **les surfaces ostéo-intégratives et les conceptions de pièces uniques sont de plus en plus difficiles à mettre en œuvre** à mesure que la demande en FA métal augmente et que les limites de la technologie deviennent de plus

en plus évidentes. À mesure que la FA métal entre dans la production de masse des implants orthopédiques, les coûts par pièce deviennent critiques et les fabricants doivent chercher à réduire ces coûts de manière créative, parfois au détriment de la qualité de la surface et de la résolution de la pièce. Par exemple, les fabricants peuvent réduire les coûts en utilisant des poudres plus grosses, des stratégies de numérisation laser plus rapides, des lignes de couches plus épaisses ou des méthodes de rechargement plus agressives. Ces problèmes sont exacerbés par les exigences strictes en matière de tolérance et de qualité de surface superfinie nécessaires pour que les implants présentent une résistance à la fatigue, une biocompatibilité et une ostéo-intégration suffisantes.

Heureusement, il existe peut-être une technologie capable d'atténuer certains de ces problèmes de fabrication pour les pièces imprimées en 3D en grande quantité. **L'usinage électrochimique pulsé** (en anglais **Pulsed electrochemical machining** – abrégé PECM) améliore la résolution des pièces et la qualité de la surface des implants orthopédiques en métal dans des volumes de pièces plus importants.

### Comment le procédé PECM fonctionne

Le **procédé PECM est une technique d'enlèvement de matière sans contact et non thermique** qui utilise l'électrochimie, par opposition à la friction et/ou à la chaleur, pour enlever la matière de la pièce à usiner. Il fait circuler un fluide électrolytique chargé dans un espace microscopique entre l'outil (cathode) et la pièce (anode), et la proximité de l'outil et de la pièce est corrélée au taux d'enlèvement de la pièce. Pour ce faire, la cathode est façonnée à l'inverse de la géométrie souhaitée sur la pièce.

Ce fluide électrolytique remplit simultanément deux fonctions cruciales. D'une part, il sert de conducteur à la réaction électrochimique. Deuxièmement, le fluide agit comme un agent de rinçage qui élimine les déchets de la réaction et toute chaleur résiduelle susceptible d'affecter



la conductivité locale de l'électrolyte.

La nature unique de ce procédé lui confère des avantages uniques. Par exemple, il permet d'effectuer simultanément l'usinage et la finition, car l'absence de chaleur ou de contact élimine la possibilité d'irrégularités de surface associées à d'autres procédés, telles que des couches refondues ou des bavures.

L'absence de chaleur ou de contact permet également au procédé d'éliminer en grande partie l'usure de l'outil. Le procédé PECM est donc idéal pour l'usinage de pièces en grande série et de caractéristiques identiques en tandem, avec une seule cathode personnalisée.

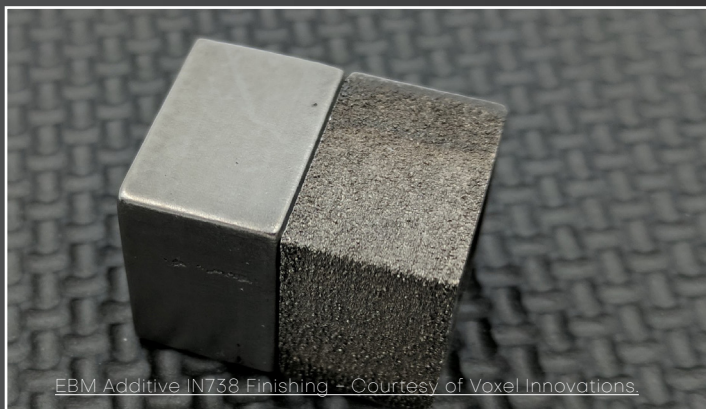
Le procédé PECM est principalement utilisé pour l'usinage de composants métalliques complexes dans les secteurs de l'énergie, de l'aérospatiale et des appareils médicaux. Il permet généralement d'usiner une pièce à partir d'une barre ou d'une forme quasi-nette. Toutefois, le procédé peut également être utilisé comme opération d'usinage secondaire ou de post-traitement sur des composants imprimés en 3D, et ses capacités uniques peuvent être particulièrement avantageuses pour les implants médicaux.

### **Fabrication additive et l'ostéointégration pour les cages vertébrales**

La capacité de la FA à développer des pièces personnalisées spécifiques à chaque patient peut considérablement améliorer la sécurité, la mobilité et le confort du patient. Prenons un exemple rapide avec les cages vertébrales, un type d'implant orthopédique qui peut remplacer une ou plusieurs vertèbres.

**L'une des considérations les plus importantes en matière de conception des cages vertébrales utilisées**, par exemple, dans la chirurgie de la colonne lombaire, **est d'éviter l'affaissement de l'implant, une sorte d'usure par fatigue au fil du temps**. L'affaissement de l'implant dans une cage vertébrale inégale ou usinée de manière conventionnelle peut entraîner une pénétration partielle de la cage dans le plateau vertébral, ce qui peut avoir un impact sur l'intégrité structurelle de l'implant, réduire la mobilité du patient et provoquer des douleurs importantes.

Toutefois, grâce à la fabrication additive moderne, les ingénieurs et les chirurgiens peuvent produire une pièce qui maximise la zone de contact entre l'implant et le plateau vertébral (répartissant uniformément la charge), tout en évitant un implant trop grand qui entraverait la mobilité du patient. Une étude canadienne datant de 2022 a démontré ce point en évaluant la répartition des charges respectives des cages vertébrales fabriquées sur mesure et des cages vertébrales



fabriquées de manière conventionnelle, et a finalement conclu que les cages fabriquées sur mesure et correspondant aux caractéristiques anatomiques du patient avaient une meilleure fonctionnalité, durabilité et ostéo-intégration.

Malgré ces avantages, **la FA a des limites inhérentes qui peuvent perturber à la fois l'économie de la fabrication de ces pièces et leur fonctionnalité, et beaucoup de ces limites sont centrées sur la qualité de la surface.**

### **Qualité de surface et implants**

La qualité de la surface est cruciale pour la **fonctionnalité et la sécurité des implants** orthopédiques (ainsi que pour la plupart des autres dispositifs médicaux). Tout d'abord, une qualité de surface élevée est essentielle pour la sécurité et la durabilité des implants orthopédiques impliquant des frottements, tels que la «rotule» de la cupule acétabulaire d'un dispositif d'arthroplastie de la hanche. Non seulement une qualité de surface élevée réduit les frottements susceptibles d'incommoder le patient ou de limiter la durée de vie des composants, mais les matériaux contenant des ions potentiellement cytotoxiques (dont nous avons parlé plus haut) sont moins susceptibles de libérer ces particules si la qualité de la surface est plus lisse.

Une bonne qualité de surface est également plus sûre pour le patient d'un point de vue antibactérien. Le staphylococcus aureus (infection à staphylocoque) est la cause la plus fréquente d'infections périprothétiques car il adhère à l'implant dans un «biofilm». L'un des principaux moyens d'éviter cette adhésion au biofilm consiste à utiliser des surfaces superfinies sur l'ensemble de l'implant (les surfaces ostéo-intégrées sont, comme on peut s'y attendre, plus sensibles au biofilm ; les chirurgiens peuvent appliquer un adhésif antibactérien sur la surface ostéo-intégrée de l'implant afin de s'assurer que l'os adhère d'abord à la surface).

### **Limites de la qualité de surface via la FA**

Malheureusement, la technologie additive

moderne a d'importantes limites ; elle ne peut pas produire des qualités de surface superfinies sur la plupart des composants de dispositifs médicaux sans un processus d'usinage secondaire. Les irrégularités de surface peuvent être causées par les lignes de couche elles-mêmes, le matériau refondu, les restes de la structure de support ou les particules de poudre. En outre, la plupart des procédés de FA ne permettent pas d'obtenir une résolution adéquate sur certaines caractéristiques, telles que les surfaces de la peau inférieure.

Ces limitations sont encore aggravées lorsque les fabricants de pièces métalliques imprimées en 3D utilisent des poudres plus grosses, des stratégies de numérisation laser plus rapides, des lignes de couche plus épaisses ou des méthodes de rechargement plus agressives afin de réduire les coûts pour la production de pièces en grande quantité.

Les limitations peuvent également être spécifiques à la pièce, comme dans le cas des cages vertébrales utilisées dans la chirurgie de fusion intersomatique lombaire mentionnée plus haut. Alors que certains aspects de la cage doivent présenter une surface poreuse et ostéo-intégrative, d'autres aspects doivent présenter une qualité de surface plus lisse, et ces caractéristiques combinées peuvent être difficiles à produire par les procédés de FA pour des volumes de pièces plus importants.

### La solution PECM

Heureusement, le procédé PECM peut être capable d'atténuer bon nombre de ces limitations, en agissant **à la fois comme une opération d'usinage secondaire et de finition** pour les implants métalliques imprimés en 3D à grand volume, tels que les cages de fusion vertébrale, les dispositifs d'arthroplastie de la hanche et d'autres.

Tout d'abord, le procédé PECM peut servir d'opération d'usinage secondaire permettant aux pièces imprimées 3D d'atteindre une meilleure résolution, notamment sur les caractéristiques difficiles, telles que les parois minces et les surfaces de la peau descendante. Comme la plupart des procédés de FA métal ne peuvent atteindre qu'une épaisseur de paroi minimale d'environ 0,3 à 0,5 mm (0,012 à 0,020 pouce), un outil PECM personnalisé peut facilement réduire

l'épaisseur de la paroi à <math><100 \mu\text{m}</math> (0,004 pouce).

En outre, selon les données de **Voxel Innovations**, le procédé PECM peut améliorer la qualité de la surface des pièces métalliques imprimées en 3D de 5 à 10  $\mu\text{m Ra}$  à moins de 0,5  $\mu\text{m}$ , voire à 0,1  $\mu\text{m Ra}$ . Ce procédé est aussi généralement **plus rapide que les procédés conventionnels et peut reproduire ces caractéristiques à parois minces et à haute résolution potentiellement des dizaines de milliers de fois sans subir d'usure de l'outil.**

Comme le procédé privilégie la conductivité électrique d'un matériau donné par rapport à sa dureté, le PECM est capable d'usiner des caractéristiques complexes dans des matériaux résistants couramment utilisés dans les implants métaux imprimés 3D, tels que les alliages de cobalt-chrome et les alliages de titane, y compris le Ti64.

Le PECM peut réaliser ces caractéristiques de haute résolution et de haute qualité de surface car le processus ne comporte pas de bavures, de couches refondues ou d'irrégularités de surface, et il est capable d'effectuer simultanément l'usinage et la finition, ce qui permet aux fabricants de gagner du temps.

Le PECM pourrait également utiliser une cathode personnalisée pour finir de manière sélective certains aspects d'une pièce médicale fabriquée de manière additive. Même si le procédé PECM ne peut pas reproduire les surfaces poreuses et ostéo-intégratrices sur les zones vertébrales d'une cage thoracique, par exemple, il pourrait à la fois finir de manière sélective les caractéristiques latérales et améliorer la résolution des pièces sur les surfaces de la peau inférieure dans des volumes de pièces plus importants.

Malgré **la croissance exponentielle et la popularité des procédés de FA métal, et leur présence accrue sur le marché des dispositifs médicaux, les fabricants doivent se méfier de leurs limites.** Ils doivent donc envisager une autre technologie de post-traitement capable de compléter les atouts de la FA et d'en atténuer les inconvénients. L'usinage électrochimique pulsé (PECM) peut être un outil capable d'améliorer la résolution des pièces et de créer des surfaces superfinies dans des volumes de pièces élevés.

### A propos de l'auteur

**Kirk Gino Abolafia** est le responsable marketing technique de Voxel Innovations à Raleigh, en Caroline du Nord, aux États-Unis. Pour plus d'informations sur l'usinage électrochimique, consultez [le portail éducatif de Voxel](#).

2  
0  
2  
3

# RECEVEZ LE MAG CHEZ-VOUS !

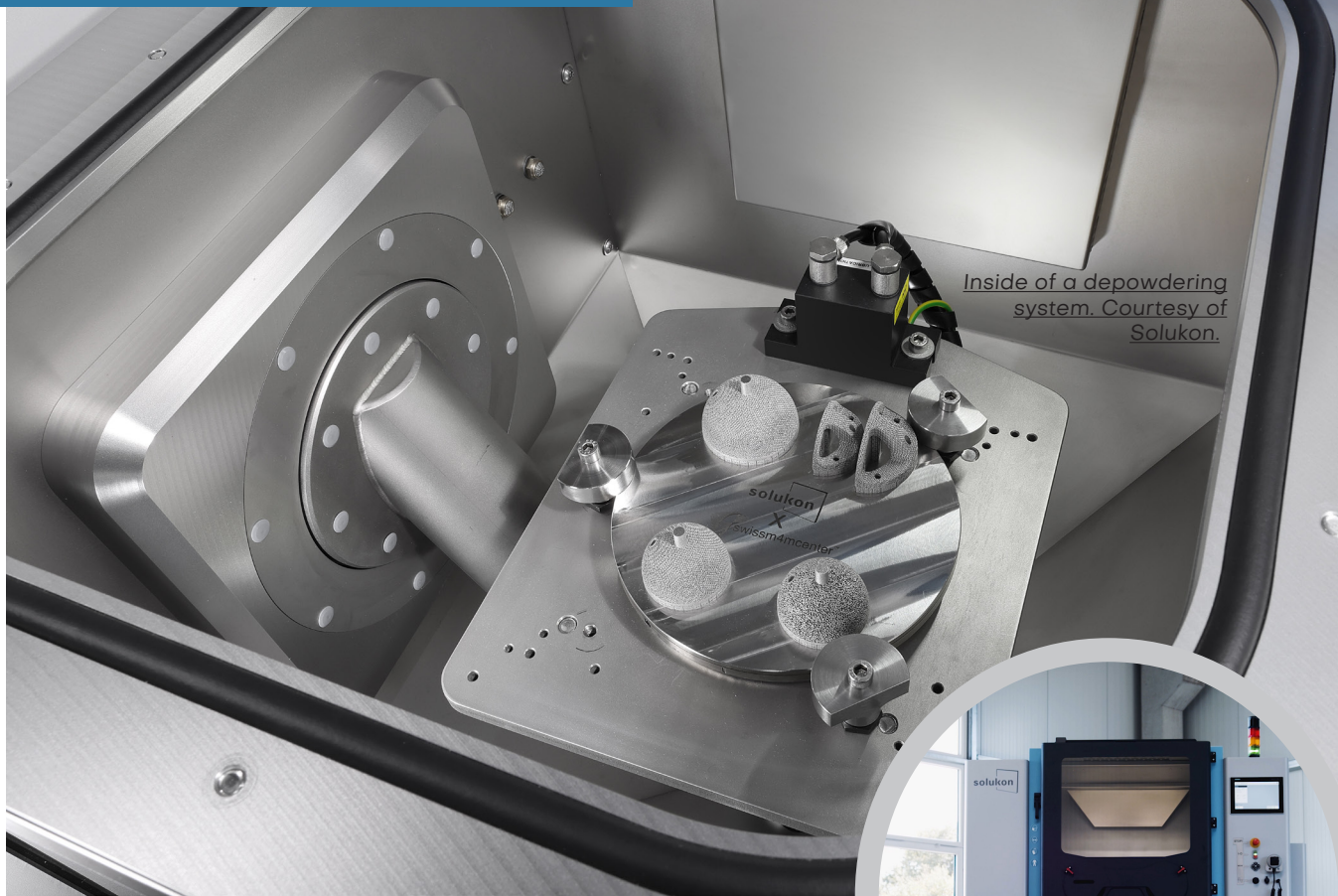
Vous pouvez aussi recevoir gratuitement par email la version digitale du magazine. L'abonnement au magazine digital vous donne aussi un accès exclusif à notre newsletter hebdomadaire. Pour toute information, n'hésitez pas à nous envoyer un mail.



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

[WWW.3DADEPT.COM](http://WWW.3DADEPT.COM)





Inside of a depowdering system. Courtesy of Solukon.



## Comment les dernières avancées en matière d'enlèvement de poudre s'inscrivent-elles sur un marché médical en pleine croissance ?

Il y a quelques années, j'ai participé à une conférence sur les technologies médicales à Eindhoven (Pays-Bas), où je suis accidentellement tombée sur un livre qui disait : « La médecine moderne n'est pas un accident, sauf quand elle l'est. L'histoire de l'innovation médicale, qui s'étend sur plusieurs siècles, est remplie de maladies mortelles, de recherches scientifiques, de découvertes accidentelles et de machines brillantes ». C'était vrai, triste et un peu héroïque. Ne me demandez pas pourquoi, c'est ce que j'ai pensé. Alors oui, au cours des dernières décennies, les progrès de la technologie médicale ont modifié la pratique de la médecine. Qu'il s'agisse d'exosquelettes capables de lire dans les pensées, de médicaments ou d'implants imprimés en 3D, ces innovations arrivent dans les soins de santé presque tous les jours et il s'avère qu'elles visent en fin de compte à relever un défi qui résiste à l'épreuve du temps : **le besoin de soins plus personnalisés.**

Il va sans dire que la chronologie des étapes franchies dans le domaine des technologies médicales variera d'un expert à l'autre et, surtout, dépendra du champ d'expertise et/ou du domaine d'intérêt de chacun. En ce qui concerne l'impression 3D/ Fabrication Additive (FA), par exemple, on se rend compte que la technologie a été utilisée pour la première fois à des fins médicales comme les implants dentaires et les prothèses personnalisées

dans les années 1990, mais il a fallu attendre les années 2000, lorsque les brevets liés à ces technologies ont commencé à expirer, pour voir une plus grande adoption dans les applications médicales et d'autres domaines d'activité.

« Dans les années 90, les modèles anatomiques imprimés en 3D ont permis pour la première fois de mieux planifier les interventions chirurgicales. Par exemple, les plaques de mâchoire fabriquées de manière



Nicolas Bouduban, CEO de la société de technologie médicale Swiss m4m Center

conventionnelle pour le traitement des tumeurs ont été adaptées à l'anatomie à l'aide de modèles en plastique imprimés en 3D. Cela a permis au patient de bénéficier d'une chirurgie plus efficace », commente **Nicolas Bouduban**, CEO de la société de technologie [médicale Swiss m4m Center](#).

Aujourd'hui, le secteur des soins de santé est marqué par les progrès des technologies numériques, telles que l'intelligence artificielle, la RV/AR, l'impression 3D, la robotique ou les nanotechnologies. Parmi ces technologies, les progrès réalisés dans le domaine de la FA font souvent de l'ombre aux limites que les fabricants de dispositifs médicaux doivent encore résoudre.

Cet article vise à mettre en évidence ce qui permet à la FA de se démarquer sur un marché encombré de diverses technologies numériques de soins de santé. En mettant l'accent sur les équipements d'enlèvement de poudre, il examinera comment ces « machines brillantes » s'inscrivent dans cette évolution, et discutera des limites qui suscitent encore des inquiétudes chez les fabricants de dispositifs médicaux.

### **Ce sont les petits pas qui comptent**

Nous ne réalisons pas toujours à quel point nous avons évolué jusqu'à ce qu'une étape importante soit franchie. Souvenez-vous, il y a six ans, lorsque nous avons discuté pour la première fois avec l'expert en élimination automatisée de poudre **Solukon** : Celui-ci nous a fait comprendre que le post-traitement était considéré comme une priorité modeste par les fabricants, alors qu'il s'agissait de l'étape qui augmentait souvent le coût final de la pièce imprimée en 3D. Au cours

des années qui ont suivi, nous avons consacré du temps à comprendre les tenants et les aboutissants de ce processus ; nous avons mis en lumière les raisons pour lesquelles nous pensions que le post-traitement dans la fabrication additive de pièces médicales était une [question de responsabilité](#), mais nous avons échoué quelque part : nous n'avons pas cherché à comprendre pourquoi ce processus de sensibilisation prenait un peu plus de temps dans le domaine médical.

Pour **Andreas Hartmann**, CEO/CTO de Solukon, la raison est avant tout une **question de taille et de complexité**. S'il reconnaît que les fabricants de dispositifs médicaux sont de plus en plus conscients de l'importance de l'enlèvement automatisé des poudres, « le fait que ce processus d'apprentissage ait pris un peu plus de temps que dans d'autres industries (par exemple, l'aviation) s'explique par le fait qu'à première vue, les dispositifs médicaux ne semblent pas si difficiles à dépoussiérer par rapport à des échangeurs de chaleur complexes, lourds et énormes ou à des composants de propulsion de fusée ».

Pour notre expert, [trois raisons principales ont véritablement favorisé le besoin de solutions d'enlèvement de poudre automatisées](#) :

1. Le nombre de pièces fabriquées de manière additive qui ne cesse d'évoluer et la pression sur les coûts dans l'industrie médicale, qui nécessitent une solution d'enlèvement



Andreas Hartmann, CEO/CTO de Solukon

de poudre automatisée plutôt que manuelle.

2. Dans l'industrie médicale, la production doit être rapide et à la demande. L'enlèvement de poudre automatisé garantit un post-traitement plus léger et plus rapide, ce qui contribue à accélérer l'ensemble du processus de fabrication.

3. MedTech est une industrie strictement réglementée. Il en résulte des exigences élevées en matière de transparence et de traçabilité de l'ensemble du processus de fabrication, y compris le processus d'enlèvement de poudre. Sans oublier que les procédures manuelles d'enlèvement de poudre ne sont pas du tout suffisantes dans ce cas.

Si vous vous demandiez quelle était la solution d'enlèvement de poudre automatisée la plus tendance à l'époque, laissez-moi vous dire [qu'il s'agissait du SFM-AT200](#), un système abordable mis au point par Solukon. Comme tout développeur de technologie, Solukon a amélioré et diversifié son portefeuille. Aujourd'hui, une autre machine appelée **SFM-AT350** convient également aux pièces médicales imprimées



en 3D.

« Le SFM-AT200 reste un candidat idéal pour l'industrie médicale. Le système encombre peu et a une petite chambre de traitement qui est remplie de gaz inerte en moins de deux minutes. Il peut dépoussiérer des pièces de dimensions allant jusqu'à 300 x 300 x 230 mm et est équipé d'un axe de rotation automatisé et d'une excitation à fréquence réglable manuellement. Le SFM-AT200 est le système idéal pour dépoussiérer des pièces plutôt petites et moyennement complexes et constitue une solution de dépoussiérage automatisée très rentable.

En comparaison, le SFM-AT350 offre une plus grande liberté de mouvement grâce à une rotation sur deux axes (sans fin sur le plateau de rotation, 250 degrés sur l'axe horizontal), une chambre de traitement plus grande (pour des pièces jusqu'à 350 x 350 x 420 mm) et - ce qui est encore plus important - toutes les caractéristiques pour la surveillance du processus (Digital-Factory-Tool) et l'intégration de l'automatisation (OPC UA) », souligne Hartmann.



SFM AT200



SFM AT350

### Pour l'amour de l'humanité

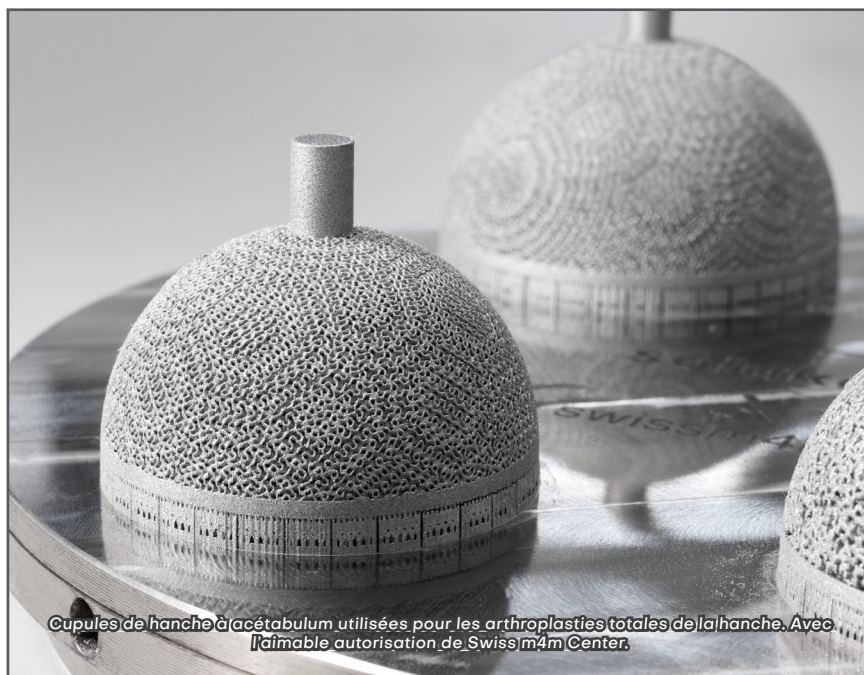
L'orthopédie, la traumatologie, la cardiologie, l'ophtalmologie sont quelques exemples de secteurs d'activité qui ont déjà bénéficié de la fabrication additive. Selon Bouduban, si l'on considère la production en série, les pièces prothétiques avec des structures en treillis pour les endoprothèses de la hanche, du genou ou de l'épaule sont des exemples de pièces qui peuvent nécessiter l'utilisation de la FA dans la fabrication. Les pièces individualisées pour la chirurgie craniomaxillofaciale (orbita ou plaques de mâchoire), les produits

dentaires semi-finis tels que les armatures ou les ponts métalliques et les produits orthodontiques sont d'autres exemples qui méritent d'être mentionnés.

Il est intéressant de noter que l'un des points communs de l'utilisation de la FA dans ces secteurs est la **digitalisation** - un terme « fourre-tout » que le glossaire Gartner définit comme « l'utilisation des technologies numériques pour changer un modèle d'entreprise et fournir de nouvelles opportunités de revenus et de production de valeur ». Ce terme est souvent utilisé de manière interchangeable avec celui de **numérisation**, qui désigne le processus de conversion des informations dans un format numérique (c'est-à-dire lisible par un ordinateur).

Dans le domaine médical, « l'acquisition de données est le point de départ pour pouvoir effectuer des « flux » entièrement numérisés », souligne Bouduban. La technologie médicale visant à être de plus en plus personnalisée, cela devrait se refléter dans les décisions de conception et de production prises par les fabricants de dispositifs médicaux.

À chaque étape de la chaîne de valeur de la fabrication



Cupules de hanche à acétabulum utilisées pour les arthroplasties totales de la hanche. Avec l'aimable autorisation de Swissm4m Center.



(conception, processus de fabrication, post-traitement), la collecte et la conservation de données complètes sur la façon dont un dispositif médical est fabriqué et inspecté sont d'une importance capitale. Dans ses installations de production – et en fonction des volumes de production à atteindre, un fabricant de dispositifs médicaux utilisera une large gamme d'équipements pour suivre l'avancement des projets, pour la programmation de la production et pour le contrôle de la qualité.

Les informations recueillies sur l'ensemble du processus deviennent alors très fragmentées, d'où l'utilisation d'un système d'exécution de la fabrication (MES) qui numérise et centralisera les données de production de FA de bout en bout. Ce n'est qu'un exemple qui reflète la nécessité d'acquérir des données traçables tout au long de la chaîne de valeur.

Ce besoin de transparence et de traçabilité est également essentiel au stade de l'enlèvement des poudres. En fait, ce sont ces caractéristiques qui font du « *SFM-AT350 la machine de choix pour les fabricants de pièces médicales imprimées en 3D qui ont besoin d'une transparence totale des processus (même pour obtenir un environnement de production certifié)* », rappelle Hartmann.

En réalité, « le secteur MedTech, avec l'aérospatiale et l'espace, est l'industrie la plus exigeante en matière de traçabilité et de répétabilité des processus. C'est là que notre outil d'usine numérique (**Digital-Factory-Tool = DFT**) entre en jeu. Il s'agit d'un capteur et d'un kit

d'interface qui enregistrent toutes les données pertinentes du processus d'enlèvement de poudre et résument les valeurs dans un fichier de protocole. Des limites critiques peuvent être définies pour les données pertinentes, de sorte que les écarts peuvent être directement affichés et évalués. Le DFT surveille les données des pièces, telles que l'oxygène résiduel, l'humidité, la pression de la chambre, la température et les fréquences. Des informations sur le programme de nettoyage sélectionné sont également disponibles. L'utilisateur peut ajouter manuellement des informations spécifiques telles que le type, le lot, la commande du client et le matériau utilisé, de sorte qu'au final, un fichier de protocole au format PDF est créé », ajoute-t-il.

À ce jour, la collaboration de Solukon avec les utilisateurs de FA a permis à l'équipe d'identifier d'autres problèmes à résoudre, ce qui débouchera sur une version améliorée de l'outil Digital-Factory-Tool. Hartmann explique par exemple que, grâce à ces collaborations, ils savent que les utilisateurs « ont besoin de chiffres supplémentaires concernant la qualité des pièces et la consommation d'énergie au cours du processus de dépoudrage ». « Dans le domaine médical, plus que dans d'autres industries, l'objectif doit être de disposer d'une fiche de travail numérique de l'ensemble du processus de fabrication et de post-traitement. Nous faisons tout ce qui est en notre pouvoir pour rendre le processus d'enlèvement de poudre transparent et nous

contribuons également à l'élaboration d'un protocole numérique pour l'ensemble du processus », complète-t-il.

### Perspectives futures

Si la numérisation a été mentionnée comme le fil conducteur de l'utilisation de la FA dans les secteurs médicaux susmentionnés, l'adoption croissante de ces technologies s'accompagne d'un nombre croissant de points problématiques qui requièrent l'attention des fournisseurs de technologie tels que Solukon et des utilisateurs de technologie tels que Swiss m4m Center. Ces points problématiques semblent encore plus cruciaux lorsqu'ils sont abordés dans un secteur vital tel que le secteur médical.

À ceux mentionnés précédemment – et en ce qui concerne l'enlèvement des poudres – Solukon ajoute la nécessité de développer une **sorte de catalogue** qui définit les limites complexes du processus d'enlèvement de poudre et ce qui en découle. Il s'agirait de faire correspondre activement les complexités des pièces (par exemple, la section des ouvertures, la longueur des canaux, la répartition des ouvertures sur la pièce, la profondeur de la structure) avec leur processus d'enlèvement de poudre spécifique.

« Avec un guide d'enlèvement de poudre conforme aux normes pertinentes telles que la norme ASTM F3335, nous optimiserons encore davantage le processus de post-traitement de nos clients du secteur médical », conclut Hartmann.

Ce contenu a été produit en collaboration avec [Solukon Maschinenbau GmbH](https://www.solukon.com).

# Logiciel

Q&R avec Matthew Shomper sur la DfAM (computationnelle) et les dispositifs médicaux imprimés en 3D.



[Matthew Shomper](#) est un ingénieur innovant qui possède une grande expertise dans la conception computationnelle d'implants médicaux biologiquement avantageux. Étant donné que de nombreux dispositifs médicaux homologués ont été mis sur le marché et sont aujourd'hui utilisés par plusieurs patients à travers le monde, nous ne pouvons trouver un meilleur expert en la matière pour obtenir des conseils sur la manière dont les concepteurs peuvent améliorer ou commencer leur parcours de conception numérique. Véritable passionné de nature, Shomper partage aussi comment elle inspire certaines des structures complexes qui, une fois imprimées en 3D, aident des centaines de milliers de personnes sur la voie de la guérison.

Shomper travaille aujourd'hui comme directeur de l'ingénierie chez [Tangible Solutions](#), une entreprise spécialisée dans la fabrication **d'implants orthopédiques en titane imprimés en 3D**. À ce titre, il dirige la conception et le développement de dispositifs médicaux, de l'élaboration du concept à la mise sur le marché, et aide ainsi les clients à comprendre leurs difficultés, leur calendrier et leurs contraintes budgétaires.

**3DA : Nous avons l'habitude d'entendre le terme DfAM (Design for Additive Manufacturing). Signifie-t-il autre chose lorsqu'il est précédé du terme «computationnel» (CDfAM)?**

Matt Shomper (MS) : C'est à peu près la même chose, mais c'est aussi un peu différent. La DfAM est un ensemble de principes qui régissent les bonnes pratiques de conception et conduisent en fin de compte à une meilleure efficacité de fabrication. Ces principes sont basés à la fois sur le produit final (produit de grande consommation, aérospatial, médical, etc.) et sur une technologie de fabrication spécifique (par exemple, LPBF, SLA, Binder Jetting, etc.). Le terme «computationnel» qui le précède fausse légèrement la difficulté. Il est très rare (d'après mon expérience) que les structures soient d'autant plus faciles à produire qu'elles sont complexes. C'est pourquoi le concepteur doit assumer une responsabilité supplémentaire lorsqu'il envisage de recourir à la méthode CDfAM.

3DA : Diriez-vous qu'un tel cadre fonctionne mieux pour les géométries complexes ? Ou s'agit-il d'une alternative intéressante pour ceux qui ne sont pas vraiment des experts en conception ?

MS : La conception computationnelle est un excellent outil pour les structures complexes.

Pratiquement toutes les activités créatives ont des limites. Même si le cerveau humain fait preuve d'une créativité illimitée, l'une de ses principales contraintes est son incapacité à analyser et à traiter de vastes ensembles de données. La conception informatique supprime cette limitation, en donnant aux concepteurs la possibilité de transformer ces données en produits, solutions et actions fonctionnels.

La conception computationnelle n'est pas pour les âmes sensibles. Les outils sont plutôt inaccessibles (avec des courbes d'apprentissage importantes) et elle nécessite généralement une double connaissance de la conception pour les exigences et l'esthétique en même temps. Un bon sens de la conception est indispensable, quel que soit le produit créé, et je ne pense pas que la conception informatique soit un «raccourci» permettant de contourner des principes d'ingénierie solides.



Bonnets de hanche imprimés en 3D. Crédit : Matthew Shomper

**3DA : Malgré la grande expertise de Tangible dans le domaine des dispositifs médicaux en titane imprimés en 3D, nous pensons que chaque application est unique. Quels sont les défis de conception complexes auxquels vous avez été confrontés au fil des ans ? Et comment les avez-vous surmontés ?**

MS : De nombreuses conceptions d'implants orthopédiques s'articulent autour d'objectifs de porosité spécifiques. Cela a été bien étudié et signifie généralement que l'extérieur du dispositif doit maintenir une taille de pore et une fraction de volume cibles. En outre, il existe également des objectifs de surface et de rigidité du dispositif. Avant la conception computationnelle, les ingénieurs devaient utiliser des outils paramétriques pour concevoir des structures répondant à tous ces objectifs. Cela conduisait souvent à des zones déconnectées des dispositifs qui répondaient chacune à leur objectif de conception spécifique mais ne créaient pas un ensemble élégant. La conception computationnelle permet de réaliser cette combinaison de manière beaucoup plus transparente. Chaque structure spécifique peut être représentée comme un champ, et ces champs peuvent être combinés, ajoutés, soustraits, faire l'objet d'une moyenne, etc. comme le concepteur le souhaite en fonction des spécifications. Dans plusieurs cas, le client a été surpris de constater qu'un ensemble de variables aussi rigoureuses pouvait être résolu par la conception computationnelle, étant donné que certains éléments doivent généralement être dépourvus de priorité. Ces solutions n'auraient pas été possibles il y a quelques années.

**3DA : La dernière édition « santé » de 3D ADEPT Mag a révélé que les designers et les ingénieurs s'inspirent de [plus en plus de la nature](#). (Comment) cela s'applique-t-il à certaines des conceptions de dispositifs médicaux que vous créez ?**

MS : J'ai toujours été fasciné par la nature et les types de structures qui s'y trouvent lorsque nous les observons attentivement. Ce qui m'intéresse le plus, ce sont les structures à la fois souples et solides. Je prendrai l'exemple de mon animal préféré, la **crevette mante paon**. L'armure tensorielle de ses massues est capable de supporter certains des impacts les plus puissants connus dans la nature. Lorsqu'on réduit une telle structure à sa forme de base, il est possible



de modéliser informatiquement un réseau de bobines déconnectées ressemblant à un ressort. J'ai utilisé de telles structures pour concevoir des dispositifs médicaux souples et solides, tels que des cages vertébrales. Il est intéressant de noter que toutes les structures biomimétiques ne sont pas faciles à concevoir. Ou même pertinentes pour la conception de produits. Il y a autant d'inefficacité que de beauté dans la nature, c'est pourquoi les concepteurs doivent d'abord étudier la nature des structures et s'assurer qu'elles sont applicables au problème posé.

**3DA : La simulation est un élément important du processus DfAM. Avec les progrès actuels des solutions logicielles, diriez-vous que c'est la voie indispensable pour toutes les problématiques d'ingénierie ?**

MS : Je crois beaucoup à la simulation en tant qu'élément d'une boucle de rétroaction robuste pour la conception informatique. Elle peut être utile de deux manières :

**Itérations rapides** : Même si l'impression 3D peut produire certains produits plus rapidement que certaines méthodes de fabrication traditionnelles, les meilleures itérations ne nécessitent aucune dépense monétaire pour les produits. Les conceptions sont mieux évaluées à l'aide de simulations dans une approche « pomme à pomme ». Cela permet d'éliminer rapidement les différentes structures. Les progrès de la simulation (physique basée sur les particules, homogénéisation, simulation implicite) signifient également que des structures de plus en plus complexes peuvent être représentées et résolues plus rapidement



que jamais.

**Utilisation des données de simulation pour améliorer la conception informatique:**

Cette nouvelle avancée (apportée par des logiciels tels que nTopology) permet aux données de simulation (contraintes, déformations, déplacements, etc.) d'être des moteurs dans la conception fondamentale d'une structure. Les données peuvent être traitées, interpolées, puis appliquées pour évaluer la structure en réponse à la charge particulière qu'elle subit. La simulation combinée à des outils de calcul et à des scripts permet également de créer une boucle itérative dans laquelle des solutions personnalisées peuvent converger.

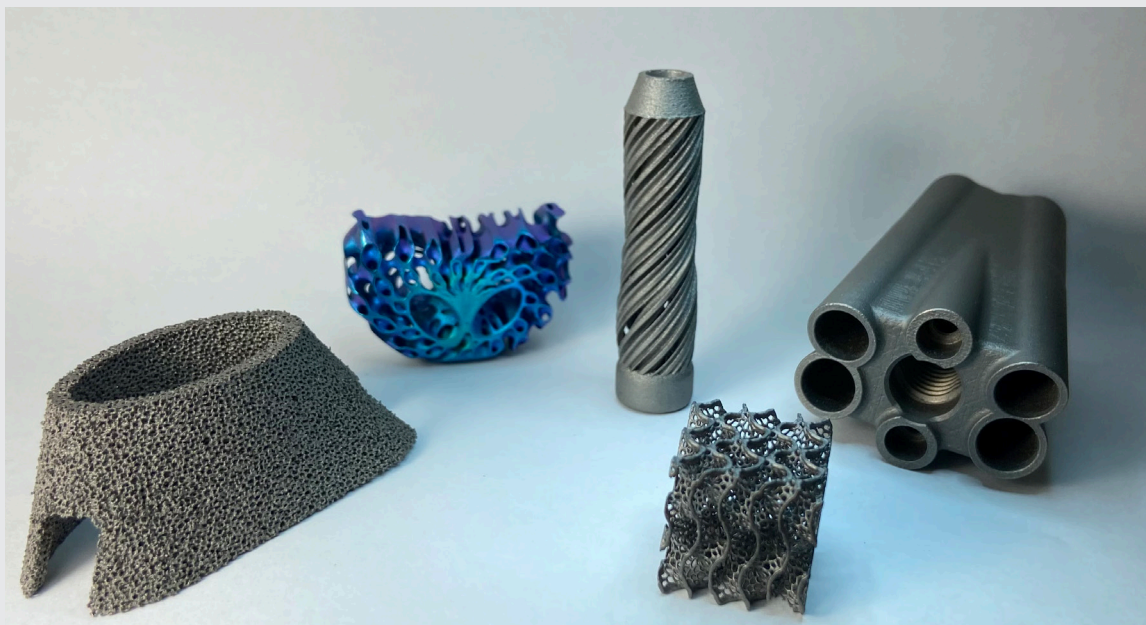
**3DA : Nous avons pour mission d'aider un plus grand nombre de professionnels à comprendre le processus DfAM et à mieux l'exploiter. Que diriez-vous aux professionnels de la santé à cet égard ?**

MS : Le paysage de la fabrication additive est en constante évolution, avec des progrès rapides et continus. Pour comprendre les principes de la conception pour la fabrication, le concepteur doit savoir pour quelles technologies il conçoit. Les processus de fabrication additive pouvant varier considérablement, la première étape consiste à devenir un utilisateur fondamental de la technologie en question. Il faut ensuite maîtriser les outils utilisés (c'est-à-dire les logiciels). Comme mentionné précédemment,

ces outils peuvent être difficiles à prendre en main, mais ils complètent la conception traditionnelle pour la fabrication additive et tendent à faciliter les choses une fois la maîtrise acquise.

**3DA : Un dernier mot à ajouter ?**

MS : Historiquement, les concepteurs et les ingénieurs ont suivi des voies parallèles. Même si tous deux considèrent la conception comme un aspect important de leur travail, les concepteurs conceptualisent fondamentalement et les ingénieurs réalisent. Les concepteurs s'intéressent souvent à l'esthétique et à la facilité d'utilisation, tandis que les ingénieurs s'intéressent à la forme et à la fonction. La conception informatique de produits médicaux est une intersection fascinante entre l'art et la fonction. Les ingénieurs qui utilisent la conception informatique pour créer des produits médicaux (en particulier) peuvent constater que la forme crée la fonction, surtout lorsqu'ils envisagent une conception bio-inspirée. L'ingénieur peut se retrouver à faire beaucoup plus de «conception» qu'il ne l'aurait jamais imaginé. Mais c'est là toute la beauté de la conception computationnelle : la création d'objets élégants mais fonctionnels !



Différents designs produits par Matthew Shomper

# 2023

# EVENEMENTS

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

ALLEMAGNE	USA	GB
AM MEDICAL DAYS DATES TBC	7TH ANNUAL MILITARY ADDITIVE MANUFACTURING SUMMIT 1-2 FEVRIER, 2023	AM FOR AEROSPACE & SPACE 21-23 FEVRIER, 2023
EBAM CONFERENCE 22-24 MARS, 2023	ADDITIVE MANUFACTURING STRATEGIES 2023, 7-9 FEVRIER, 2023	TCT 3SIXTY 7-8 JUIN, 2023
HANNOVER MESSE 17-21 AVRIL, 2023	AMUG CONFERENCE MARS 19 - 23, 2023, HILTON CHICAGO	THE ADVANCED MATERIALS SHOW 28-29 JUIN, 2023
RAPID.TECH 3D 9-11 MAI, 2023	RAPID + TCT 2-4 MAI, 2023	VEHICLE ELECTRIFICATION EXPO 28-29 JUIN, 2023
	ESPAGNE	PAYS-BAS
AM FORUM BERLIN 4-5 JULILLET, 2023	ADDIT3D 6-8 JUIN, 2023	3D DELTA WEEK 27-31 MARS, 2023
EMO HANNOVER 18-23 SEPTEMBRE, 2023	METAL MADRID 15-16 NOVEMBRE, 2023	
AMTC, DATES TBC	PORTUGAL	FRANCE
FORMNEXT 2023 7-10 NOVEMBRE 2023	EURO PM2023 1- 4 OCTOBRE, 2023	GLOBAL INDUSTRIE 7-10 MARS, 2023
MEDTECLIVE 2023 23-25 MAI, 2023	AM SUMMIT 2023 COPENHAGEN	PARIS AIR SHOW 19-25 JUNE, 2023

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

[WWW.3DADEPT.COM](http://WWW.3DADEPT.COM)





# Espace Startup

Que peut-on attendre de SPID®, la technologie des médicaments sérigraphiés de Laxxon?

Le 8 mars 2022, **Laxxon** (abréviation de Laxxon Medical), une entreprise de technologie pharmaceutique, est apparue sur notre radar lorsqu' **Evonik Venture Capital**, l'entreprise de capital-risque de la société de produits chimiques de spécialité Evonik, a annoncé [un investissement](#) qui a élargi ses activités sur le marché de l'impression 3D dans le domaine de la santé. Laxxon a été fondée en 2017 par **Helmut Kerschbaumer**, le Dr **Achim Schneeberger** et **Klaus Kühne**, qui apportent à la table plus de 20 ans dans l'industrie pharmaceutique.

Les activités de l'entreprise résident dans le développement d'une technologie de sérigraphie 3D qui semble changer radicalement la fabrication des médicaments dans l'industrie pharmaceutique. En réalité, d'autres entreprises ont exploré et explorent encore [l'utilisation de l'impression 3D](#)

[pour la fabrication de médicaments](#), mais le processus de Laxxon est intrigant car il nécessite de la pâte comme matériau de départ. En outre, très peu d'entreprises développent et commercialisent des technologies d'impression 3D pour l'industrie pharmaceutique, mais leurs applications n'ont pas encore été commercialisées. Laxxon apporte un vent de fraîcheur sur ce marché, car elle peut déjà démontrer comment elle améliore efficacement certains traitements dans l'industrie des soins de santé.

## Qu'est-ce que cette technologie de sérigraphie 3D ?

« Nous avons été enthousiasmés par la sérigraphie 3D lorsque nous avons découvert l'étendue de ses applications pharmaceutiques. En particulier, les possibilités presque illimitées d'influencer les profils de libération dans un système d'administration de médicaments. C'est ce qui nous a incités à créer Laxxon », a déclaré **Klaus Kühne**, directeur de l'exploitation, à 3D ADEPT Media.

Le processus de sérigraphie 3D de Laxxon est basé sur la **technologie SPID®** (Screen Printed Innovative Drug), un processus hybride entre l'impression 3D traditionnelle et la sérigraphie.

« Contrairement à l'impression 3D, notre technologie ne repose pas sur





millions d'unités par an.

En ce qui concerne les matériaux, nos imprimantes peuvent traiter presque tous les IPA sans aucune limitation. Notre équipe de chimistes sur notre site de R&D à Iéna, en Allemagne, travaille au développement de nos pâtes pour chaque produit de notre pipeline », explique Kühne.

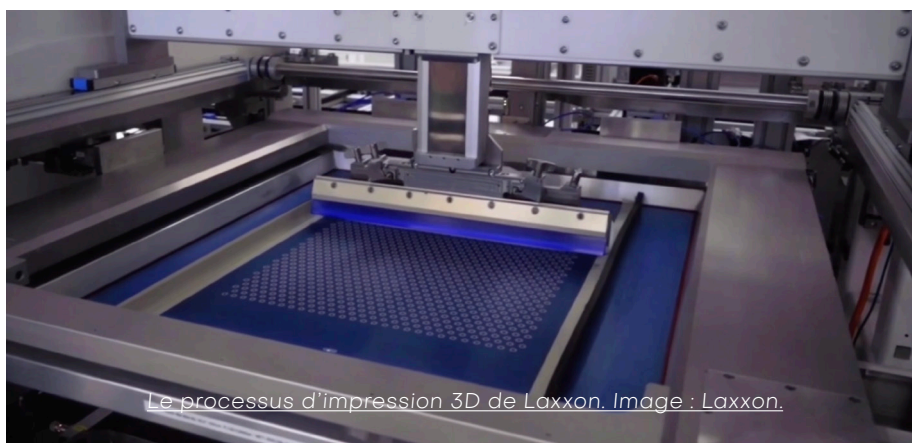
des lasers ni sur une buse chauffée pour administrer les produits imprimés. C'est important parce que lorsqu'on travaille avec des ingrédients pharmaceutiques actifs (IPA), l'application de la chaleur limite drastiquement les ingrédients qui peuvent être utilisés. Avec notre technologie – semblable à un processus de sérigraphie traditionnel utilisé dans l'industrie aérospatiale/électronique, etc. – nous appliquons une fine couche (jusqu'à 10 microns) de notre pâte d'impression sur un plateau d'impression, qui oscille ensuite entre la station d'impression et la station de séchage jusqu'à ce que le lot de comprimés soit complet. En variant les écrans et la composition des pâtes d'impression, les comprimés – ou tout autre système d'administration de médicaments produit à l'aide de notre technologie – peuvent être imprimés couche par couche avec des structures géométriques complexes, ce qui permet une distribution hétérogène des principes actifs et une libération contrôlée une fois administrés au patient. Par rapport à la fabrication traditionnelle de comprimés, qui consiste à presser une solution API homogène, notre technologie joue une partie d'échecs alors que les approches traditionnelles jouent aux dames.

Ce qui est également unique et avantageux dans la technologie SPID®, c'est sa capacité à traiter des lots de petite taille pour les essais précliniques/cliniques, ainsi que la production de masse à l'échelle industrielle. Actuellement, notre technologie peut produire jusqu'à 560

La technologie de sérigraphie 3D attire l'attention dans un contexte où les technologies d'impression 3D sont de plus en plus utilisées dans les systèmes d'administration de médicaments en raison des avantages potentiels qu'elles présentent pour la personnalisation des médicaments dans des doses ajustées individuellement. Par ailleurs, la technologie soulève également des inquiétudes quant à sa capacité à fabriquer des formes posologiques orales plus complexes dans le cadre d'une production de masse avec une reproductibilité élevée.

« La technologie de Laxxon vise à réduire la dose journalière d'un comprimé, ce qui permet d'administrer plusieurs doses à l'intérieur d'une même pilule. Cela diffère du concept de 'polypill', qui consiste à personnaliser les médicaments en fonction de la génétique et des prescriptions du patient.

Laxxon utilise plusieurs IPA dans un seul comprimé, mais uniquement des IPA qui sont classiquement appariés, comme la Lévodopa et la Carbidopa, ou un IPA actif et un tampon », ajoute Kühne, sans préciser



Le processus d'impression 3D de Laxxon. Image : Laxxon.

s'il est possible de réaliser une production de masse avec une reproductibilité élevée.

Pour donner un exemple tangible de la façon dont elle joue son rôle dans l'industrie pharmaceutique, la société a récemment expliqué comment sa technologie offre des possibilités d'amélioration de la Lévodopa, un traitement utilisé contre la maladie de Parkinson :

L'un des effets graves de la maladie de Parkinson est la «congélation de la démarche», qui empêche les patients de bouger le matin tant qu'ils n'ont pas reçu leur dose standard de Levodopa. Si les patients ne sont pas capables de bouger, ils ont besoin d'une infirmière ou d'un parent pour leur administrer la dose de Levodopa.

« Laxxon a développé une «nouvelle génération de produits» de Levodopa avec un programme de libération retardée de 8 à 9 heures. Cela signifie que le patient peut, par exemple, prendre notre comprimé de Levodopa le soir et qu'il sera libéré automatiquement après 8 à 9 heures pour éviter l'effet de gel de la démarche. Il s'agira d'une amélioration spectaculaire pour les patients atteints de la maladie de Parkinson et souffrant d'un blocage de la démarche ».

### **Le modèle commercial de Laxxon' SPID® et les prochaines étapes du projet**

Le modèle d'entreprise de Laxxon comporte deux volets. L'entreprise accorde des licences pour sa technologie à des sociétés pharmaceutiques qui cherchent à développer de nouveaux médicaments



Différents types de prototypes de médicament

ou à optimiser leurs médicaments actuels. Elle offre également à ces sociétés pharmaceutiques des services de R&D, sa technologie et un produit final qui peut ensuite être fabriqué. Cela ne tient pas compte du fait qu'elle dispose de son propre pipeline de développement de produits pour les médicaments génériques.

Enfin, depuis qu'Evonik a investi dans Laxxon, les deux équipes travaillent sur de nombreux projets de développement de produits. Le **concept de profil de libération retardée (DDS)** est actuellement l'un de leurs principaux domaines d'intérêt.

« Ce profil de libération retardée permet d'avoir plusieurs dosages de médicaments dans un seul comprimé. Pour certains patients et certains médicaments, cela permettrait de réduire le nombre de pilules et le

nombre de fois par jour nécessaires au patient. Pour d'autres, comme la Lévodopa/Carbidopa, le principal médicament contre la maladie de Parkinson, notre profil de libération retardée est synonyme d'autonomie pour les patients qui n'ont plus besoin d'un soignant pour s'administrer le médicament en raison de sa courte demi-vie », conclut Kühne.

L'entreprise a récemment clôturé un tour de table de 8 dollars avant l'introduction en bourse, mais elle accepte toujours des investissements de la part d'investisseurs stratégiques.





## RAPID + TCT revient à Chicago pour sa 32ème édition

Vous souvenez-vous quand nous vous disions qu'« être précoce est la même chose qu'avoir tort »? Il se trouve que c'est vrai pour de nombreuses entreprises du secteur de la fabrication additive, qu'il s'agisse de fournisseurs ou d'utilisateurs de technologies. La vérité est que la fabrication additive est l'une de ces technologies qui a été victime de son propre succès, ce qui a donné lieu à plusieurs prédictions trop précoces concernant ce qu'elle pouvait/devait faire. C'était au milieu des années 2010.

Avance rapide jusqu'en 2023 : le monde est confronté à certains des défis les plus urgents de son époque : problèmes de chaîne d'approvisionnement, transition énergétique, fabrication sur place et locale, etc. La liste est non exhaustive. Aujourd'hui, les progrès de la FA et de tous les équipements auxiliaires n'ont jamais été aussi opportuns pour les relever.

Mais une fois que vous avez décidé de suivre la voie de la FA ou de franchir une nouvelle étape, des centaines de questions restent en suspens : Quelle technologie ? Pourquoi ? Pour quel type d'applications ? Comment ?

La seule question à laquelle nous pouvons légitimement répondre aujourd'hui est celle de savoir par où commencer. Et c'est à l'événement **RAPID + TCT**, qui se tiendra du 2 au 4 mai à Chicago.

Produit par les organisateurs phares des événements technologiques [SME](#) et [Rapid News Publications](#), et présenté dans le monde entier comme l'événement de la FA le plus important et le plus influent d'Amérique du Nord, la 32e édition de ce salon professionnel de la FA accueillera plus de 350 exposants du monde entier.

Mais RAPID + TCT est bien plus que son hall d'exposants. Le salon est rempli de conférences et de leaders d'opinion de l'industrie, d'une variété de sessions de conférences et

d'événements de réseautage, ainsi que de prix de la communauté de la fabrication additive pour les PME.

Cette année, par exemple, la conférence RAPID + TCT propose huit pistes spécifiques à la fabrication additive, sélectionnées par des experts de premier plan, notamment de Divergent Technologies, Lockheed Martin Space et GE Research, pour n'en citer que quelques-uns. Les sujets abordés iront des conseils pour démarrer avec la fabrication additive grand format dans les applications de biens de consommation à l'utilisation de la micro-AM pour le prototypage et la conception dans le secteur des soins de santé.

En outre, les prix de la communauté de la fabrication additive des PME (en anglais [SME Additive Manufacturing Community Awards](#)), qui comprennent le prix de la réussite de l'industrie de la FA, le prix de l'étude de cas de FA Aubin, le prix de technologie dédié à une startup de la FA et le prix du défi de la fabrication numérique, seront tous décernés dans la zone des PME. Cette année en particulier, trois nouveaux prix seront décernés à des réalisations qui ont été mises en œuvre ou déployées dans un environnement commercial/industriel, à des cas d'utilisation exceptionnels de l'adoption et de la mise en œuvre de la technologie de FA, ainsi qu'à une technologie et une application qui résolvent un problème existant ou une approche unique.

La saison printanière des salons professionnels consacrés à l'impression 3D et à la fabrication assistée par ordinateur a officiellement commencé. Parmi les événements qui devraient figurer sur votre liste, on compte définitivement **RAPID + TCT**. Pour obtenir un laissez-passer Expo gratuit offert par 3D Adept, utilisez le code promo RP23BP lors de votre inscription.

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





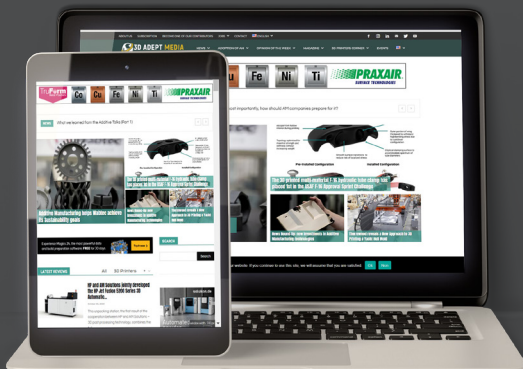
3D Adept est une société de communication dédiée à l'industrie de l'impression 3D. Nos médias fournissent en anglais et en français, les dernières tendances et analyses de l'industrie de l'impression 3D. 3D Adept Media comprend un média en ligne et un magazine bimestriel, 3D Adept Mag. Tous les numéros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

# 3D ADEPT MAG

Le Magazine de la Fabrication Additive



6 numéros par an



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

## Contact us !!!

[contact@3dadept.com](mailto:contact@3dadept.com)

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

+32 (0)4 89 82 46 19

Rue Borrens 51, 1050 Brussels - BELGIUM

Together with Medtec-SUMMIT

# SHAPE THE FUTURE OF MEDICAL TECHNOLOGY PRODUCTION

## 23 – 25.5.2023

Nürnberg, Germany 2023

# MedtecLIVE

Connecting the medical technology supply chain

with **T4M**



**PARTNER  
COUNTRY  
IRELAND**

## THE TRADE FAIR FOR DOERS AND DECISION-MAKERS

MedtecLIVE with T4M is the key trade fair for medical technology in Europe – and is also much more. This is where your industry becomes a special experience, knowledge comes to life, trends are addressed, and innovations become real.

The exhibition focuses on the complete manufacturing process in medical technology, from the initial idea to production. Together with the MedtecSUMMIT, you will enjoy a comprehensive programme with top speakers and key players in the industry.

**SEE FOR YOURSELF!**



secure your ticket now  
[medteclive.com/en/visit](https://medteclive.com/en/visit)

Honorary sponsors



SWISS MEDTECH

NÜRNBERG MESSE

