

3D ADEPT **MAG**

DOSSIER : COMMENT LES SOCIÉTÉS DE FA
CONTRIBUENT-ELLES À LA LUTTE CONTRE
LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ?
- **ACTIONS TANGIBLES SUR LE TERRAIN.**

IMPRESSION **3D**



Messe Frankfurt Group

formnext

16 – 19 NOVEMBER 2021
FRANKFURT / GERMANY

mesago

Make the impossible possible!

We know that additive manufacturing offers undreamed-of potential. In addition to the printer, however you also need the upstream and downstream processes plus the experts, who have mastered the technology. You'll only find all this at Formnext! Find out more now and join us in Frankfurt.

formnext.com

Where ideas take shape.

#formnext



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 editrice est interdite. Tous droits réservés.

Cover image credit : [Hyperganic](#)

ISSN : 2736-6626

Questions and feedback:

3D ADEPT SPRL (3DA)

VAT: BE0681.599.796

Belgium -Rue Borrens 51 - 1050 Brussels

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

Email: contact@3dadept.com

Online: www.3dadept.com



Table de Contents

Editorial 04

Dossier 07

COMMENT LES SOCIÉTÉS DE FA CONTRIBUENT-ELLES À LA LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE?
- ACTIONS TANGIBLES SUR LE TERRAIN.

FOCUS on YOU Series 17

GUARANTEED: L'IMPORTANCE DU CHOIX D'UN PRESTATAIRE DE SERVICES DE FABRICATION ADDITIVE MÉTAL

AM Shapers| Equinor..... 23

EQUINOR: UN « ÉTAT D'ESPRIT ADDITIF » POUR FAIRE FACE AUX PROBLÈMES DE CHANGEMENT CLIMATIQUE ET DE DURABILITÉ

Post-traitement | Matériaux..... 29

RÉCUPÉRATION DE LA POUDRE DANS UNE PRODUCTION DE FA : QUOI ? POURQUOI ? COMMENT ?

Matériaux | Recherche 33

LA NATURE DÉTIENT-ELLE LA RÉPONSE À LA DURABILITÉ ? UN REGARD SUR LE BIOMIMÉTISME ET SON UTILISATION PRATIQUE DANS LE DOMAINE DE L'IMPRESSION 3D.

Applications | Matériaux 35

QUELS MATÉRIAUX D'IMPRESSION 3D CONSTITUENT UN CHOIX INTÉRESSANT POUR LA MODE ET QUELLE EST L'APPROCHE DE CE SECTEUR EN MATIÈRE DE DURABILITÉ ?

Espace Start-up 41

LES MÉTAUX SONT-ILS RECYCLABLES ET IMPRIMABLES EN 3D ? F3NICE SE CONFIE.

Bonjour & bienvenue



“Des promesses à l’Action”

Nous sommes de nouveau à cette période de l’année où tous les regards sont tournés vers Formnext...Et pour marquer le coup, cette édition de 3D ADEPT Mag, qui sera distribué pendant le salon porte principalement sur la « durabilité ». Cela peut sonner redondant quand on voit à quel point ce mot, ainsi que les mots « changement climatique » sont utilisés à tout bout de champ, dans toutes les industries et dans les débats politiques. Seulement, à ce jour, le battage médiatique a mis en avant beaucoup de promesses et peu d’actions.

Chez 3D ADEPT Media, on a voulu aller au-delà de ces promesses pour l’industrie de la Fabrication Additive et pour toutes les industries verticales qui utilisent ces technologies de FA. L’un de nos principaux challenges pour cette édition a été de définir des questions pertinentes qui permettront d’éviter toute forme de « greenwashing », des questions qui ont permis aux contributeurs de partager des **idées clés**, des **chiffres** et des **actions tangibles** qui montrent comment ils s’emploient à réaliser leurs objectifs de zéro émission nette.

La tâche semble facile pour les grandes entreprises qui ont des ressources et des budgets pour y parvenir, mais laissez-moi vous dire que les plus petites entreprises ne sont pas en reste. Contrairement aux grandes entreprises où les prises de décision ralentissent souvent la mise en place d’actions, les plus petites entreprises ont la possibilité de penser un business model qui prend en compte ces préoccupations dès le début de leur aventure.

D’un point de vue manufacturier, que ce soit avant ou après la fabrication d’un objet à proprement parler, les questions de durabilité recentrent le débat sur « **les matériaux** ». Le dossier, les rubriques « post-traitement », « recherche » ou encore « applications » mettent en avant, à travers différents prismes et différentes entreprises, l’importance de repenser la production des matériaux et leur utilisation.

Bien plus encore, le point de vue manufacturier révèle que les acteurs de l’industrie, même s’ils doivent agir individuellement, sont obligés de tenir compte des autres parties prenantes. Les fournisseurs de logiciels ont donc une place importante, tout comme les fournisseurs de services d’impression 3D, les fabricants d’imprimantes 3D et les spécialistes du post-traitement.

Alors non, cette édition de 3D ADEPT Mag n’est pas un ensemble de beaux mots placés, c’est une édition qui montre ce qui a déjà été fait, ce qui est en train d’être fait et ce qui reste à faire. C’est une édition qui invite à l’action et à l’analyse du type de société qu’on veut bâtir.



Kety SINDZE

Editrice-en chef chez 3D ADEPT Media

✉ kety@3dadept.com

Editorial

The Leader in Additive Manufacturing



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

THERMWOOD

www.thermwood.com 800-533-6901

MADE IN USA 



IMAGE: HYPERGANIC



COMMENT LES SOCIÉTÉS DE FA CONTRIBUENT-ELLES À LA LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ? – ACTIONS TANGIBLES SUR LE TERRAIN.

Le changement climatique est un sujet qui est sur toutes les lèvres. Les autorités gouvernementales ont tiré la sonnette d'alarme si fort que tant les personnes morales que les personnes physiques se sentent investies d'une mission : jouer leur rôle dans la lutte contre le changement climatique. Parmi les multiples fronts sur lesquels ce problème peut être abordé, il y a la **fabrication**.

Selon l'Agence de protection de l'environnement, l'industrie manufacturière américaine est responsable de près d'un quart (23 %) des émissions directes de carbone. La situation est tout aussi désastreuse pour [l'industrie européenne](#) qui émet un total annuel de 880 millions de tonnes d'équivalents de dioxyde de carbone, ce qui en fait l'un des plus grands émetteurs de gaz à effet de serre du continent. Sans compter que, que ce soit en Europe ou aux États-Unis, l'industrie manufacturière reste un domaine d'activité profondément lié à d'autres secteurs économiques tels que l'énergie et les transports. Au-delà de ces secteurs interconnectés, il faut reconnaître que plus l'industrie manufacturière se développe, plus de nouvelles technologies sont mises au point pour aider à améliorer les opérations ; de nouvelles technologies qui peuvent être particulièrement bien placées pour lutter contre le changement climatique. Et, comme vous le savez peut-être déjà, l'une de ces technologies est la **fabrication additive** (FA).

Le problème, c'est que la fabrication additive implique inévitablement la contribution de différentes parties prenantes pour la fabrication à grande échelle ; des parties prenantes qui comprennent un large éventail d'experts en logiciels, d'experts en matériaux, de fabricants d'imprimantes 3D ou de spécialistes du post-traitement**, pour n'en citer que quelques-unes. Comment chacune d'entre elles peut-elle répondre aux enjeux du changement climatique ? C'est la question à un million de dollars que nous allons aborder dans ce dossier exclusif.

Changement climatique : les bases

Pour replacer les choses dans leur contexte, le changement climatique concerne les changements observés au cours du XXe siècle dans les conditions météorologiques moyennes des régions du monde entier. Ces changements comprennent l'augmentation de la température moyenne de l'air et des océans, l'élévation du niveau des mers ainsi que la réduction généralisée et durable de la couverture neigeuse et glaciaire. Ces changements sont dus à une augmentation de la chaleur dans le système climatique, et

cette chaleur supplémentaire est due à l'ajout de gaz à effet de serre dans l'atmosphère (ou **émissions de gaz à effet de serre**), qui sont principalement dus aux activités humaines.

Ces émissions de gaz à effet de serre sont mesurées dans l'empreinte carbone de chaque produit – d'où le terme **d'équivalents dioxyde de carbone** – à chaque étape du cycle de vie du produit. Tout cela devient plus complexe pour les entreprises car, pour chaque produit – fabriqué et consommé –, différents facteurs doivent être pris en compte pour mesurer l'empreinte carbone totale, des facteurs qui incluent les **matériaux** utilisés dans la fabrication, les **processus de fabrication** ou le transport.

Ces facteurs – qui sont les plus largement mentionnés lorsqu'il s'agit de fabrication – soulignent la nécessité pour les entreprises de mettre en œuvre une stratégie de durabilité pour y faire face. C'est pourquoi les **questions de changement climatique et de durabilité sont souvent abordées de manière interchangeable** au sein des organisations.

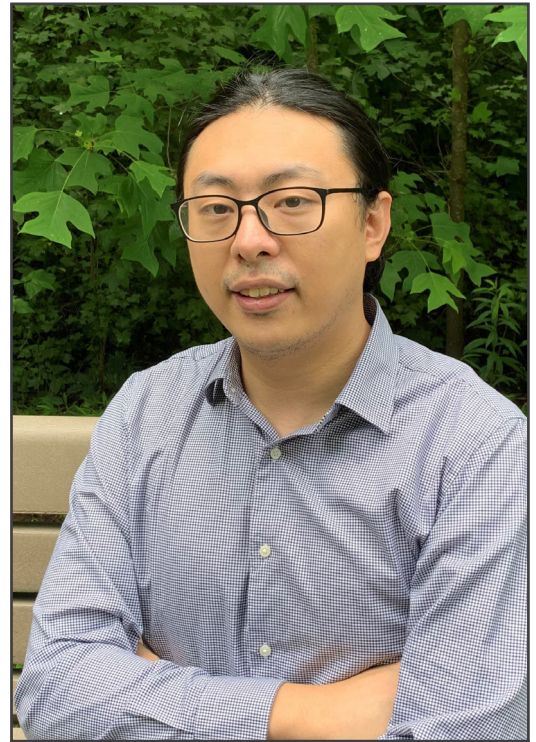
Selon **Runze Huang**, chercheur dans le domaine de la durabilité, CEO et cofondateur d'ExLattice Inc, « le changement climatique et/ou d'autres impacts environnementaux pourraient être les défis les plus mentionnés à relever, et qui pourraient être traités maintenant, en ce qui concerne la durabilité. La durabilité comprend des aspects économiques, sociaux et environnementaux, ce qui est un concept bien plus vaste que le changement climatique. Parmi ces aspects de la durabilité, l'économie est supposée être abordée la plupart du temps car il s'agit du bloc fondamental traditionnel des affaires/de l'industrie ; les aspects sociaux sont généralement compliqués, peuvent être extrêmement difficiles à aborder et ne sont pas facilement tangibles. Ainsi, les aspects environnementaux, y compris le changement climatique, semblent être le «défi non abordé» le moins important, et cela conduit souvent à penser que la durabilité est abordée lorsque des progrès sont réalisés en matière de changement climatique.

Deuxièmement, ou plus important encore, c'est parce que s'attaquer au changement

climatique et aux impacts environnementaux, dans de nombreux cas, pourrait également bénéficier aux aspects économiques et sociaux dans une perspective plus large. De nombreuses mesures prises pour réduire les émissions sont liées à l'amélioration de l'efficacité, à la réduction des déchets et à l'exploitation des nouvelles technologies, qui apportent des gains économiques tangibles à long terme et une croissance de l'emploi en même temps à l'usine/l'entreprise et à la société tout entière. »

D'autre part, même si la FA combat le changement climatique par le biais de ses différentes parties prenantes, l'industrie manque toujours d'un modèle de mesure pour confirmer la validité de cette déclaration. Selon des chercheurs et des experts en durabilité comme le **Dr Huang**, l'outil/modèle le plus utilisé pour fournir des données clés est l'analyse du cycle de vie (**Life Cycle Assessment – LCA- or Life cycle Inventory Analysis**) ou l'analyse de l'inventaire du cycle de vie, une méthode qui couvre 5 grandes étapes du cycle de vie, notamment l'extraction des matériaux, la fabrication, le transport, l'utilisation et la fin de vie.

« Un bon modèle LCA contient généralement des sous-modèles paramétrés pour chaque étape du cycle de vie afin d'estimer la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre de bas en haut à partir des données de conception/ingénierie de base. Il doit également inclure des sous-modèles pour les différents processus de FA tels que FDM ou DMLS, ainsi que des sous-modèles pour les processus de fabrication traditionnels tels que l'usinage ou le moulage par injection à des fins de comparaison. Le sous-modèle de la phase d'utilisation doit être adapté à l'application spécifique des pièces/produits imprimé(e)s 3D à analyser. Un tel modèle permet d'estimer l'énergie du cycle de vie et les changements nets d'émissions avec des données changeantes provenant directement des utilisateurs de FA », note Huang.



Dr. Runze Huang, researcher in sustainability, CEO and Cofounder of ExLattice Inc

Comment cela se traduit-il pour chaque partie prenante qui influence la production de pièces par la fabrication additive ?

Le point de vue du logiciel

L'utilisation de logiciels dans une production de fabrication additive requiert diverses capacités qui peuvent être classées en cinq grands types de logiciels : Conception (CAO), Simulation (IAO) ; Traitement (FAO), Workflow (ERP/MES), et Assurance qualité et sécurité. Selon l'éditeur de logiciels auquel un ingénieur fait confiance, il est possible de trouver un logiciel qui englobe une ou plusieurs de ces capacités.

Chaque éditeur de logiciels doit-il donc appliquer le modèle LCA ? La réponse est beaucoup plus complexe qu'on ne le pense.

« Nous devons être clairs sur le défi que nous devons relever : Non seulement nous devons réduire les émissions de carbone – c'est là que la légèreté pourrait nous aider – mais nous devons aller jusqu'à des émissions nulles, et probablement moins que zéro, pour rester en dessous des niveaux critiques. Dans le cadre de nos modèles actuels d'ingénierie et de fabrication, ce changement prendrait des générations », déclare d'emblée **Lin Kayser**, fondateur et CEO d'Hyperganic.

Selon Kayser, l'adoption d'un nouveau paradigme d'ingénierie et de fabrication

est une «nécessité absolue» et si la FA – en tant que processus de fabrication – est une étape critique dans le cadre de ce paradigme, la conception algorithmique en est une autre, cruciale.



Production of a rocket engine. Image: Hyperganic

« Nous devons concevoir des objets à l'aide d'un code informatique, et non par le biais du processus visuel manuel actuel. Au lieu qu'un ingénieur dessine un plan dans un programme de CAO, cette nouvelle méthode d'ingénierie utilise des algorithmes pour fabriquer les objets les plus complexes et les plus avancés en un temps beaucoup plus court. Par coïncidence, c'est exactement comme cela que fonctionne la nature. La nature construit les choses de manière additive en utilisant des plans ou des codes contenus dans l'ADN. Dans notre nouveau paradigme, la nature nous montre la voie à suivre », ajoute-t-il.

Prenant l'exemple d'Hyperganic Core, une plateforme géométrique basée sur les voxels pour la conception algorithmique et basée sur l'IA développée par sa société, Kayser explique à quel point il devient intéressant de créer des objets en encodant dans un algorithme informatique le processus par lequel on conçoit quelque chose.

« Au lieu de créer un objet, vous créez un processus qui conçoit des objets de cette catégorie. Désormais, vous pouvez concevoir des objets complexes en quelques minutes au lieu de plusieurs semaines et tester rapidement différents paramètres d'entrée, ce qui peut aboutir à des conceptions radicalement différentes. Si vous y réfléchissez, presque toutes les innovations dont nous avons été témoins au cours des 40 dernières années sont venues du secteur des technologies de l'information, et ont été stimulées par la loi de Moore. Un paradigme logiciel encourage la réutilisation, les interfaces standardisées et l'échange accéléré d'informations. Si quelqu'un construit une base de données, je peux simplement l'utiliser, je n'ai pas besoin d'apprendre à en construire une. Si quelqu'un en construit une meilleure, je peux probablement remplacer ce composant, car il utilise une interface normalisée. Cela accélère considérablement le développement de systèmes logiciels complexes. En ingénierie, par contre, les gens sont surtout occupés à concevoir la même chose, encore et encore. Toute amélioration que vous apportez à vos objets dépend de vous, en tant qu'ingénieur, pour apprendre de nouvelles astuces et appliquer de nouveaux principes. Il y a peu de possibilités de partager des composants et d'utiliser ce que d'autres ont fait. Le seul moyen de s'en sortir est d'acheter des composants physiques, et c'est un moyen très limité de réutiliser les idées », ajoute-t-il.

Il est assez paradoxal et intéressant de voir comment l'explication de Kayser illustre également deux des «trois R» de la durabilité (Réduire, Réutiliser et Recycler) – une règle qui permet de protéger l'environnement et de préserver les ressources par une approche prioritaire, le but ultime étant de tirer le plus d'avantages pratiques des



Lin Kayser, Founder and CEO of Hyperganic

produits et de générer le moins de déchets possible. Dans ce cas précis, les explications de Kayser soulignent comment une approche de conception algorithmique permet de réduire le temps et de réutiliser des conceptions déjà construites dans le processus de création.

Tout ceci est intéressant, mais nous devons reconnaître qu'il ne fournit pas de données tangibles qui prouvent sa viabilité en ce qui concerne le changement climatique. Cela nous fait penser qu'une façon de mesurer l'impact positif de cette approche est par le biais des applications. Comment les applications sont-elles réalisées ? Et comment mesurer les améliorations que ces nouvelles applications apportent par rapport aux précédentes réalisées à l'aide d'autres procédés de fabrication ?

« La plupart des gens vont penser à avoir des composants plus légers ou une intégration fonctionnelle. C'est une bonne chose, car il est important d'économiser des matériaux et de s'éloigner des procédés à forte teneur en carbone et en métal lourd. Cependant, le véritable impact viendra d'une innovation radicale, rendue possible par la FA. Par exemple, les bobines de cuivre imprimées en 3D pour les moteurs électriques peuvent avoir des formes complexes qui réduisent les courants de Foucault. Cela permet au moteur d'être plus efficace à grande vitesse. Les composants de batterie imprimés en 3D peuvent nous aider à améliorer la densité d'énergie et permettre de nouveaux types de stockage d'énergie en général. De nouveaux types de moteurs de fusée compatibles avec la FA pourraient permettre d'atteindre l'orbite en un seul étage. Ce ne sont là que quelques exemples de la manière dont l'impression 3D peut faire évoluer des industries entières vers des innovations plus durables », a déclaré le porte-parole d'Hyperganic à propos de la réduction de l'empreinte carbone des véhicules.

La perspective des matériaux et «le sale petit secret de la fabrication additive».

Avant d'aller plus loin, veuillez noter que les termes «empreinte carbone» et «énergie» seront dorénavant utilisés de manière interchangeable. Nous tiendrons compte du fait que, parfois, l'énergie et les émissions de dioxyde de carbone sont considérées comme des éléments distincts lorsqu'il s'agit, par exemple, de faire fonctionner les outils de fabrication à l'électricité solaire et, d'autres fois, elles sont tellement imbriquées qu'il n'est pas possible de les considérer séparément. Un bon exemple de ce dernier cas est l'extraction des matières premières de la terre et leur transformation en molécules bien définies.

Cela dit, il convient de noter que «l'énergie interne» des matériaux utilisés pour fabriquer des produits est un facteur important – et souvent moins pris en compte – de l'empreinte carbone totale de ces produits. En outre, du point de vue de la fabrication, il est complexe et difficile de modifier l'énergie intégrée des matériaux

sans changer la façon dont ils sont produits et leurs propriétés finales.

Imaginez une seconde que cette énergie se rapporte à tout ce qui entre dans **l'extraction, la purification, la production et le transport des matières premières.**

Dans ce cas, la FA devient une technologie de production de

choix, car elle permet de réduire la composante «matériaux» de l'empreinte carbone grâce à des géométries à haut rendement énergétique qui utilisent beaucoup moins de matériaux que les procédés de fabrication traditionnels.

Le producteur de matériaux [6K Additive](#) attire ici l'attention de l'industrie sur la façon dont les matériaux – en particulier les métaux – sont produits. Selon **Frank Roberts**, président du groupe 6K Additive, « c'est au stade de la production des matériaux que les fabricants peuvent opérer un véritable changement en matière de durabilité. Dans la production de poudres métalliques, l'industrie est terriblement en retard sur le plan environnemental. En fait, nous appelons cela le sale petit secret de la fabrication additive ». Dans le domaine de la production de poudre métallique, les technologies en place utilisent des matières premières qui doivent être créées spécifiquement pour leur processus (comme le fil), ce qui consomme de l'énergie pour la fabrication et nécessite un transport (souvent depuis l'étranger). Leur processus de fabrication génère également des déchets qui sont soit vendus pour leur valeur de rebut, soit, dans le cas du titane, brûlés ou mis en décharge. Si l'on utilise les méthodes traditionnelles de production de poudres métalliques de FA, **jusqu'à 70 % des matériaux produits peuvent être des déchets.** Un volume substantiel de matériau est produit à des tailles inutilisables et ces déchets sont soit réintroduits dans le processus – ce qui fait peser sur le matériau un coût énergétique deux ou trois fois supérieur – soit envoyés à la décharge, auquel cas ce processus est extrêmement gaspilleur.

Pour éviter de contrebalancer négativement les avantages en matière de durabilité récoltés lors des étapes ultérieures de la fabrication additive, 6K Additive a développé un processus de fabrication de poudre – appelé **UniMelt®** – qui garantit à plus de 95 % que la plupart, voire la totalité, du matériau est une poudre utilisable et non un déchet du processus.

« En outre, le procédé UniMelt peut utiliser des matières premières provenant de divers flux d'entrée, notamment des déchets d'usinage, de la poudre usagée, des supports de FA et des constructions de FA ratées. Toutes ces sources de matières premières ont une empreinte carbone quasi nulle, car elles sont souvent considérées comme des déchets. 6K Additive recycle et valorise ce matériau «de rebut» en poudre de qualité supérieure pour la FA », souligne l'expert de la société.

« Le système UniMelt est [un] procédé de production par plasma micro-ondes de qualité industrielle dont le rendement est proche de 100 %, ce qui permet de quasiment éradiquer la production de poudre inutilisable, et qui utilise en outre des déchets ou des matériaux usagés comme matière première. Il s'agit là d'une véritable économie circulaire, puisque les poudres et les matériaux

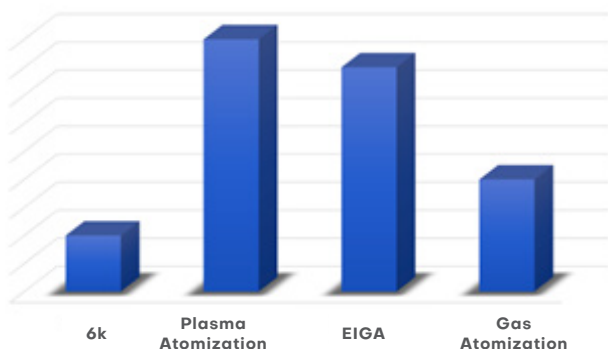


Frank Roberts

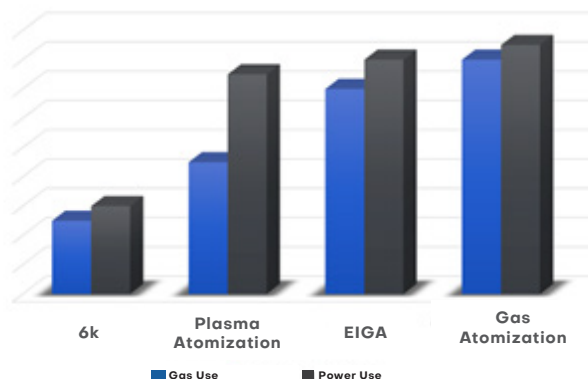
provenant de nombreuses sources différentes sont recyclés pour être utilisés dans le processus UniMelt : déchets certifiés issus de la fabrication CNC, poudres de FA usagées, modèles défectueux et même matériaux de condensation provenant des équipements de FA. L'utilisation du système UniMelt pour recycler ces matériaux en poudres de FA métal de qualité supérieure, sans perte de performance au cours du processus, constitue une alternative durable.

En outre, le processus UniMelt utilise beaucoup moins d'énergie et de gaz pour produire la poudre. Le matériau étant pré-dimensionné avant d'être soumis au processus, l'UniMelt ne fait que 'sphéroder' le matériau en utilisant beaucoup moins de gaz que l'atomisation. En outre, comme le matériau sortant du processus est de la bonne taille, le temps et l'énergie de post-traitement sont également bien inférieurs dans le processus 6K Additive. Vous trouverez ci-dessous quatre graphiques qui illustrent ces points. Nous avons actuellement passé un contrat avec une agence environnementale tierce pour réaliser une analyse du cycle de vie du procédé 6K Additive par rapport aux technologies existantes. Ce rapport devrait être finalisé au milieu du quatrième trimestre 2021. Sur la base des informations que nous avons reçues d'experts du secteur et de clients, les graphiques ci-dessous illustrent la comparaison énergétique avec d'autres procédés de fabrication de matériaux », a déclaré Roberts à 3D ADEPT Media.

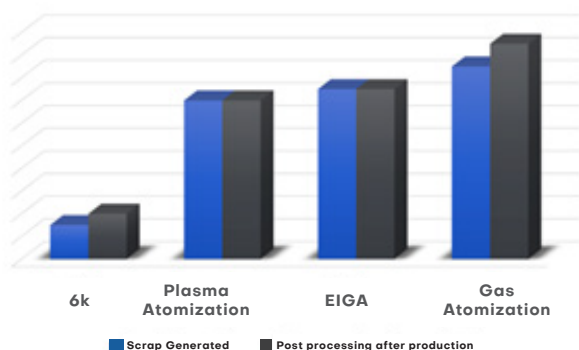
Energy comparison - input materials



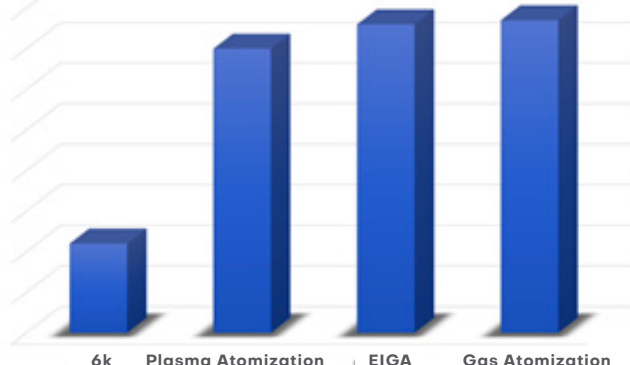
Energy comparison - gas and power usage



Energy comparison - post processing



Energy comparison - Totals



En attendant que ce rapport LCA soit finalisé, notons que l'entreprise de matériaux travaille actuellement avec la société spatiale Relativity pour produire une poudre de qualité certifiée à partir de matériaux de rebut. Le nouveau matériau serait ensuite utilisé dans la production additive d'une pièce spatiale d'usage final. Malgré la confidentialité qui entoure ce partenariat, empêchant 6K Additive de faire le moindre commentaire sur ce développement, la société assure qu'à travers d'autres partenariats, avec Form3D et Castheon par exemple, elle vend de la poudre dérivée de sources durables. Conçus pour des applications de production, ces matériaux en poudre répondent ou dépassent les spécifications ASTM.

À titre d'exemple, voici les spécifications pour le Ni718 et le Ni625 6K qui sont disponibles dans le commerce.

TENSILE PROPERTIES - Ni718

| | Powder | YS (MPa) | UTS (MPa) | EL (5%) |
|----|-----------------|----------|-----------|---------|
| XY | 6K (HT) | 1227 | 1455 | 19 |
| | 6K (HT & HIP) | 1220 | 1413 | 23 |
| | ASTM F3055 (HT) | 940 | 1240 | 12 |
| Z | 6K (HT) | 1241 | 1372 | 22 |
| | 6K (HT & HIP) | 1282 | 1413 | 24 |
| | ASTM F3055 (HT) | 940 | 1240 | 12 |

6K Premium Nickel Powders

- Ultra clean
- No satellites
- High sphericity
- Free flowing
- High apparent density
- Low interstitials
- High density powders



First 3D printed High Entropy Alloy part – Image: 6K

TENSILE PROPERTIES - Ni625

| | Powder | YS | UTS | EL | RA |
|----|------------|-----|-----|-----|-----|
| XY | 6K (HT) | 429 | 897 | 54% | 60% |
| | ASTM F3056 | 275 | 485 | 30% | 30% |
| Z | 6K (HT) | 345 | 886 | 55% | 59% |
| | ASTM F3056 | 275 | 485 | 30% | 30% |

Qu'en est-il des non-métaux ?

Il est primordial d'amener les producteurs de non-métaux autour de cette table quand on sait que la plupart des utilisateurs de FA utilisent encore des technologies de FA non-métal. Pour ces applications, la FA peut diminuer l'énergie intrinsèque du matériau en remplaçant des pièces qui auraient été traditionnellement fabriquées avec un matériau à forte énergie intrinsèque. Dans ce cas, les utilisateurs de la FA doivent garder à l'esprit que chaque pièce de production ne doit pas nécessairement être fabriquée avec la FA métal.

Parfois, l'impression 3D de polymères ou de composites peut parfaitement faire l'affaire, offrant même une solution à plus faible énergie

intrinsèque (et souvent plus légère). Du point de vue des producteurs de matériaux, nous avons développé un vif intérêt pour **PolySpectra**, qui a pour ambition de créer des matériaux et des procédés de FA de haute performance dont l'empreinte carbone globale ne représente qu'une fraction des matériaux et procédés de pointe actuels.

L'entreprise a mis au point le **COR Alpha**, qui signifie «résine d'oléfine cyclique». Ce polymère issu de la fabrication additive est décrit comme unique en raison de sa robustesse et intègre un ensemble de qualités comparables aux plastiques moulés par injection.

Si nous mentionnons ce matériau

aujourd'hui, c'est parce que le producteur croit fermement que «pour avoir une chance d'avoir un impact [sur le changement climatique], il faut d'abord des matériaux imprimés en 3D dont les performances et la durabilité permettent de supplanter les processus de fabrication traditionnels.»

Pour illustrer la façon dont COR Alpha y parvient, la société a partagé la réduction spectaculaire des équivalents de dioxyde de carbone estimés pour l'impression avec le matériau COR Alpha, par rapport au moulage par injection avec trois plastiques techniques courants.

| CO2 Equivalents (Kg) / Polymer (Kg) | Material Production | Part Forming | Total |
|-------------------------------------|---------------------|--------------|-------|
| ABS | 3.6 | 1.3 | 4.9 |
| Nylon 6 | 6.7 | 1.3 | 8.0 |
| Epoxy Thermoset | 8.0 | 1.3 | 9.3 |
| PolySpectra COR Alpha | 4.0 | 0.1 | 4.1 |

Source : PolySpectra. Estimation de l'empreinte carbone en comparant le COR Alpha imprimé en 3D à trois polymères courants pour le moulage par injection.

« Grâce au COR Alpha, nous pouvons imprimer en 3D des pièces présentant la force, la résistance et les températures de travail des polymères de pointe actuels, avec en prime une empreinte carbone considérablement réduite. Si nous parvenons à utiliser des polymères comme COR Alpha pour réduire considérablement l'énergie nécessaire à la fabrication de biens durables, nous ouvrirons un nouveau paradigme de fabrication économe en énergie en tirant parti des liaisons chimiques pour remplacer le travail actuellement effectué par les électrons. Cela pourrait avoir un effet considérable sur les besoins énergétiques et l'empreinte carbone de la fabrication – et pourrait faire la différence en matière de changement climatique », déclare **Raymond Weitekamp**, fondateur et CEO de PolySpectra.

La perspective de la fabrication

Non seulement il existe différents types de technologies d'impression 3D, mais la plupart d'entre elles restent très gourmandes en énergie et sont à peu près comparables à l'usinage au stade de la production. Cela signifie que la FA ne sera pas toujours gagnante dans la catégorie «énergie de processus».

Un exemple qui pourrait être en faveur de la FA, c'est la consommation d'énergie d'une imprimante DLP de table typique. Si on la compare à un outil de moulage par injection traditionnel, il s'avère que la différence dans l'énergie du processus est de 100X, ce qui signifie, selon les mots de Weitekamp, que «les processus d'impression DLP peuvent utiliser aussi peu que 1% de l'énergie d'un outil de moulage par injection.»

Toutefois, ce n'est qu'un exemple parmi d'autres que nous avons pu identifier. Le marché présente encore un manque de ressources concernant les méthodes de mesure de l'impact environnemental des technologies de FA.

Et... le transport ?

Le transport après fabrication ne nécessite pas seulement de s'occuper de la transmission du produit à l'utilisateur final. Il faut



Part produced with COR Alpha. Image: PolySpectra.

également tenir compte du stockage de ces produits et, au final, de certaines pertes s'ils ne sont pas achetés. Grâce à la production à la demande par impression 3D, la production décentralisée est devenue la voie à suivre pour les fabricants afin de réduire les stocks et les empreintes mondiales.

Si vous êtes dans ce secteur depuis un certain temps, vous savez que la pandémie de Covid-19 a accéléré la mise en œuvre de la fabrication numérique distribuée dans les organisations, ce qui signifie des **délais plus courts** ainsi qu'une **énergie de transport moindre**.

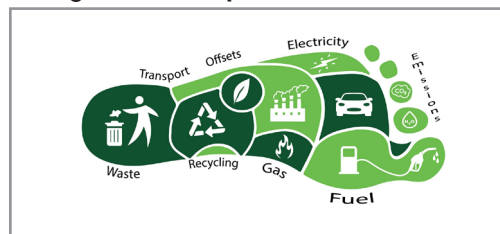


Image: CO2 Living

Même si le système a fait ses preuves, nous ne pouvons-nous empêcher de nous demander s'il n'aura pas un impact sur les entreprises produisant des systèmes traditionnels qui sont généralement situées dans des économies qui doivent baser leur production sur l'utilisation d'une main-d'œuvre intensive.

À cela, le **Dr Runze Huang** répond que « l'impact serait perceptible uniquement à court terme. La production décentralisée est un beau concept, mais elle n'apporte pas d'avantages suffisants pour un changement majeur pour la plupart des entreprises. Elle a été appliquée plus récemment en raison de l'impact de COVID-19 et de sa perturbation des chaînes d'approvisionnement existantes. Lorsque cette chaîne d'approvisionnement se stabilise, l'échelle de l'économie fonctionne toujours et domine. Et tout dépend si le fait d'avoir un modèle décentralisé peut conduire à une réduction des empreintes du point de vue du cycle de vie. Pour l'expert, « les entreprises devraient se concentrer davantage sur l'application que sur les chaînes d'approvisionnement. Les avantages et les impacts potentiels, tant environnementaux qu'économiques, de la phase d'utilisation sont toujours beaucoup plus importants que les autres étapes du cycle de vie combinées dans de nombreux cas. Les différences peuvent être d'un ordre de grandeur. Je pense que cela s'applique à notre industrie de FA, et pas seulement aux entreprises utilisant des modèles distribués. L'application la meilleure et la plus adaptée l'emporte. »

Remarques finales

En ce qui concerne la fabrication, les nouveaux modèles commerciaux basés sur la FA seront potentiellement complémentaires des modèles traditionnels, et dans certains cas, pourraient même cannibaliser les modèles traditionnels. Pour que ces nouveaux modèles fonctionnent ou même cannibalisent efficacement les modèles traditionnels, ils doivent nécessairement impliquer des infrastructures qui vont au-delà de la simple utilisation des technologies de FA, pour englober des infrastructures intelligentes liées à l'industrie 4.0.

Cependant, ces infrastructures intelligentes rendent plus complexe la mesure de l'impact environnemental via le modèle ACV et pourraient conduire à l'utilisation d'autres méthodes d'analyse individuelles pour prouver la viabilité d'une stratégie de durabilité. En fait, cet article souligne l'importance du modèle ACV, mais recommande également à différents niveaux de se concentrer sur les applications pour apprécier l'impact environnemental de la FA sur le changement climatique.

Une chose est sûre, mettre la durabilité et le changement climatique au premier plan d'un modèle économique qui implique la FA, nécessite de prendre en compte toutes les parties prenantes clés – aux niveaux socio-économique et technologique – qui peuvent avoir leur rôle à jouer dans cette transition vers l'industrie 4.0.

Notes pour les lecteurs

**La perspective du post-traitement a été abordée dans son propre segment.

Ce dossier a été rédigé sur la base de ressources et d'entretiens avec plusieurs organisations de l'industrie. Les principaux contributeurs sont les suivants :

Runze Huang est un chercheur indépendant en matière de durabilité, de LCA et d'analyse technico-économique de la FA. Il a obtenu son doctorat en génie mécanique à l'université Northwestern, avec une spécialisation sur la durabilité de la fabrication avancée. Ses travaux publiés ont été appliqués/reconnus par le Ministère de l'Energie Américain, Deloitte et d'autres organisations. Il est également le CEO et le cofondateur d'[ExLattice Inc.](#), une start-up spécialisée dans l'intelligence artificielle qui fournit des solutions de simulation technique en temps réel pour la FA. Son travail sur le «potentiel d'économie d'énergie et d'émissions de la fabrication additive : le cas des composants légers d'avions» peut être consulté [ici](#).

Hyperganic, une société de logiciels qui propose un paradigme d'ingénierie, dérivé de la façon dont les Égyptiens construisaient les pyramides et les Romains les aqueducs – c'est-à-dire qu'en tant qu'ingénieur, vous avez une idée géniale, vous dessinez un plan et vous demandez à quelqu'un de le construire. Il faut toujours éviter de faire de l'ingénierie à outrance, car si l'ouvrage ne fonctionne pas, il faut tout recommencer. Avancez de quelques milliers d'années et c'est ce que les ingénieurs font chaque jour, même avec la conception assistée par ordinateur. L'approche d'Hyperganic vous permet d'explorer un ensemble de solutions beaucoup plus large. Si quelque chose ne fonctionne pas immédiatement, vous pouvez le reconcevoir rapidement sans grand effort et le résultat change en quelques secondes ou minutes. Lorsque l'ingénierie demande moins d'efforts, on peut devenir plus radical et plus innovant, on trouve des solutions qui sortent des sentiers battus. **Lin Kayser**, un serial entrepreneur allemand, cofondateur et CEO de la société, a répondu à nos questions dans le cadre de ce numéro. Il a aussi récemment expliqué pourquoi [les algorithmes et l'IA sont les pièces manquantes dans le domaine de la fabrication additive](#).

L'héritage de 6K Additive provient de 20 ans de recyclage de déchets de titane en produits de raffinage du grain. Aujourd'hui, 6K Additive vend 3 millions de livres de compacts de titane, qui servent à raffiner le grain pour l'industrie de l'aluminium, ce qui donne 3 milliards de livres d'aluminium utilisées dans les secteurs automobile, aérospatial et médical. En fait, si vous possédez un Ford F150, le matériau Ti de 6K Additive, dérivé de déchets de titane, se trouve dans votre camion. Ces connaissances et cette expertise se traduisent directement dans le processus de production des matières premières pour les poudres de FA de 6K Additive, et la connaissance institutionnelle du groupe permet de garantir une poudre de qualité. En outre, l'un des principaux moteurs et la mission de 6K consiste à soutenir les initiatives en matière d'énergie propre et à lutter contre le changement climatique. Ces objectifs ne concernent pas uniquement l'industrie de la fabrication additive, mais l'ensemble de l'activité de 6K, qui opère également dans le secteur des [matériaux pour batteries et des matériaux du futur](#). Chaque secteur de l'entreprise soutient l'autre, ce qui aide 6K à développer des matériaux avancés plus performants, de manière durable.

PolySpectra a pour mission de développer des matériaux et des processus d'impression 3D qui utiliseront moins d'énergie, produiront moins d'émissions et contribueront finalement à atténuer la progression du changement climatique. L'entreprise utilise des catalyseurs activés par la lumière pour imprimer en 3D des matériaux fonctionnels avancés. Leur plateforme modulaire permet de fournir des matériaux avec un large spectre de propriétés sur mesure à partir d'un seul système chimique. Elle appelle ce procédé la **lithographie fonctionnelle**.

TruForm™

Metal Powders

Make the future with proven
powders created by Praxair

TruForm™ metal powders support every part you make with capacity, quality and experience.

- Used by leading OEMs in aerospace, medical, energy and industrial markets
- Custom alloys and particle sizing available
- ISO 9001, ISO 13485 and AS9100 certified

Now Available:

Tru2Spec

The leading precision powder formulation process for OEMs looking to go beyond conventional powders.



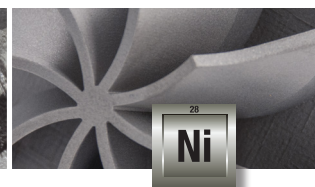
Co



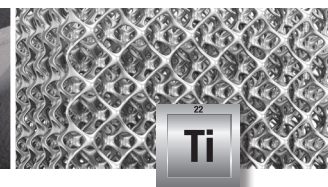
Cu



Fe



Ni



Ti

A Linde company

PRAXAIR
SURFACE TECHNOLOGIES

Learn more: praxairsurfacetechologies.com/am

Contact us: Praxair Surface Technologies GmbH
Am Mühlbach 13, 87487 Wiggensbach
Germany
Tel: +49 (0) 8370 9207 0
Fax: +49 (0) 8370 9207 20
Email: AME.Europe@linde.com

XYZprinting MfgPro236 xS

The most powerful, cost-efficient and comprehensive multi-material SLS 3D printing solution.

- XYZprinting partner with BASF Forward AM for advance polymers offering the widest range of supported materials among its segment.
- High power 60W CO2 laser with high temperature chamber and open material platform.
- Lead time reduction and increasing productivity by removable tray with print speed of up to 22mm/hr.
- Fastest cooling cycle in SLS.
- Intuitive yet powerful software.

Materials available at launch :

sPro12W / sPro11CF /
sProTPU / sPro11B /
sPro11W / sPro6FR /
sPro6LM / sPro6MF /
sProPP / sPro6NE

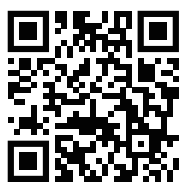


Formnext 2021 from
16-19 November at
Frankfurt am Main,
H12.1 / Stand C51

Qualified materials by



Homepage : <https://pro.xyzprinting.com>
Email : info_Pro@xyzprinting.com



FOCUS ON YOU SERIES : GUARANTEED

L'IMPORTANCE DU CHOIX D'UN PRESTATAIRE DE SERVICES DE FABRICATION ADDITIVE MÉTAL

Une fois que vous avez décidé d'emprunter la voie de la fabrication additive métal (FA), l'étape suivante est tout aussi importante. Si le «ratio qualité-prix» est souvent le critère le plus analysé, la vérité est que la collaboration avec un fournisseur de solutions doit aller au-delà de cet argument important. En effet, non seulement le marché est rempli d'entreprises proposant des services de FA, mais la confusion peut rapidement surgir lorsqu'on se rend compte qu'il existe également un large éventail de technologies de FA métal. Quels sont les critères à utiliser pour privilégier une technologie plutôt qu'une autre ? Et surtout, comment devriez-vous/envisagez-vous l'avenir de votre production avec cette solution de FA métal ?

Au cours des dernières années, la FA métal est progressivement passée du stade de prototypage à celui de technologie de production courante dans plusieurs secteurs tels que le médical, l'aérospatiale et l'automobile.

L'adoption généralisée par l'industrie s'est toutefois concentrée sur des composants de taille relativement petite, car la production de pièces métalliques de grande taille n'était pas techniquement possible ou économiquement intéressante avec les procédés à base de poudre.

Mais la taille compte !

Les avantages intrinsèques de la FA (petites tailles de lots, réduction des stocks, gestion de l'obsolescence, etc.) sont particulièrement intéressants pour les composants métalliques de grande taille utilisés dans des secteurs tels que le pétrole et le gaz, le secteur maritime, l'énergie, le transport, l'exploitation minière, l'aérospatiale ou l'industrie lourde. Ces industries utilisent souvent des pièces moulées ou forgées qui, selon l'environnement dans lequel elles sont utilisées, peuvent être en acier au carbone ou inoxydable, en alliages à base de nickel ou même en titane. Le fait est que plus la géométrie est complexe, plus le processus de moulage ou de forgeage lui-même entraîne d'importantes pertes de matière, mais souffre également de délais d'exécution prolongés et de taux d'échec non négligeables.

Toutes ces contraintes conduisent souvent les fabricants à explorer les procédés de fabrication qui pourraient le mieux répondre à ces exigences.

« La combinaison de la taille des composants et de leur complexité fonctionnelle constitue un argument convaincant en faveur des procédés DED à base de fil (CMT et plasma) proposés par Guaranteed en tant que service de fabrication à guichet unique, car ils permettent de produire des pièces de 10 x 5 x 6 mètres et jusqu'à 20 tonnes dans des délais courts et à un coût compétitif. Actuellement, la base de données des matériaux est déjà bien remplie (acier, inox, Inconel, titane, aluminium, bronze...), mais elle peut facilement être étendue à la demande de nos clients », commente Joachim Antonissen, CEO de Guaranteed.

Du point de vue des coûts, il convient de noter qu'il existe un large choix de fils de soudure disponibles dans le commerce, dont le coût est considérablement inférieur à celui de leurs homologues en poudre. De plus, le fait de produire des pièces denses à quasi 100%, sans avoir à recourir à la compression isostatique à chaud, fait des procédés à base de fils tels que le WAAM un choix intéressant d'un point de vue économique.

Comme les technologies de Guaranteed permettent une approche hybride en déposant sur un composant existant (par exemple, une plaque ou un cylindre) ou même pour réparer une pièce existante, l'analyse de rentabilité est encore améliorée, même sans tenir compte des économies logistiques telles que la réduction des délais ou des coûts de stockage. Outre les avantages économiques qui en résultent, la réparation localisée ou la production à la demande de formes quasi nettes contribue également au développement durable, car elle réduit considérablement les besoins en matières premières et en transport.

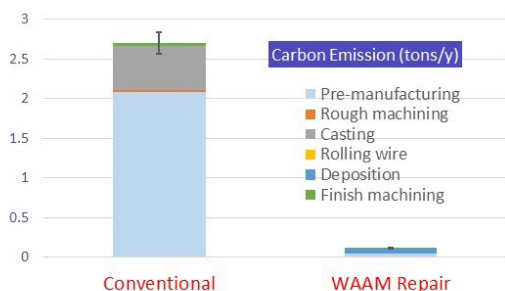


Value Proposition Examples

Repair fatigue crack in wheel rim



- Slab transporters (Kress) are critical to ensure continuous slab supply but suffer from wheel rim fatigue failures
- New OEM parts need to be sourced out of the US and cost 60k€
- XXL metal AM allows to repair the damaged rims at a **much lower cost (5k€)** and **within a short deadline (2-3 days vs 3 months for forged part)** allowing to reduce stock keeping costs or avoid production losses through stand stills
- The reduced raw material and energy needs, processing and transport also allow **much more sustainable maintenance**



- OEM part: 60k€
- Repair: 5k€
- No transatlantic transport needed
- Lead time: 2-3 days



Le coût est important, la qualité est le meilleur moyen de le réduire

Contrairement à la plupart des situations où «qualité supérieure» est synonyme de «coût élevé», dans ce cas, le coût et la qualité ne sont pas contradictoires mais se renforcent mutuellement. La recherche d'une qualité élevée est en définitive le meilleur moyen de réduire les coûts. En effet, lors du passage de la fabrication conventionnelle (FC) à la fabrication additive (FA), les exigences de certification imposées par les conditions de fonctionnement strictes de la pièce doivent évidemment être prises en compte lors de l'évaluation de l'analyse de rentabilité.

En fonction du niveau de criticité du composant, la certification peut imposer la production d'un nombre important d'échantillons d'essais destructifs à côté de la pièce réelle. Grâce à son logiciel de contrôle du processus, Guaranteed est en mesure de garantir la performance de la pièce, ce qui réduit considérablement le nombre de boucles d'essais et d'erreurs coûteuses. Impliquée dans divers projets de collaboration visant à établir des directives de certification claires pour l'utilisation de la FA dans les industries pétrolière et gazière, maritime, ferroviaire et minière, Guaranteed va plus loin en faisant de la certification une partie intégrante de son cadre d'assurance qualité. La qualification du processus, plutôt que celle d'une seule pièce, permettra d'élargir le portefeuille de pièces et de composants imprimés 3D, afin d'obtenir une qualification et/ou une certification plus rapide qu'aujourd'hui. En partenariat étroit avec des universités de premier plan, Guaranteed développe la prochaine génération de la technologie WAAM. Cette dernière permettra d'augmenter encore les vitesses de dépôt sans compromettre la qualité, tandis que les propriétés mécaniques dynamiques seront améliorées au-delà de celles du matériau forgé grâce aux technologies de manipulation microstructurale en cours de processus.

« Nés de l'innovation, nous utilisons des outils uniques de simulation, de surveillance et d'inspection à la pointe de la technologie pour garantir une production zéro défaut dès la première fois. Ayant grandi dans l'industrie, nous garantissons une fiabilité industrielle à guichet unique », déclare Sander Plasschaert, directeur technique de Guaranteed.

La meilleure pièce de rechange est-elle virtuelle ?

Comme les usines fonctionnent dans des environnements de plus en plus difficiles, il y a une plus grande probabilité que des pièces essentielles tombent en panne, deviennent obsolètes en raison de changements technologiques ou de modifications des normes, ou soient retirées de la production avant leur fin de vie. Les petites séries et les cycles de vie courts des pièces par rapport aux usines représentent un défi pour la gestion des stocks et renforcent encore l'argument en faveur du déploiement de la FA métal de grande taille.

Les technologies de production traditionnelles sont trop coûteuses et demandent trop de temps pour produire des pièces à la demande. Il en résulte une quantité importante de stocks de pièces rarement commandées. Ces stocks immobilisent des capitaux pour des produits qui ne sont pas utilisés. Ils occupent de l'espace physique, des bâtiments et des terrains tout en nécessitant un loyer, des coûts de services publics, des assurances et des taxes. Pendant ce temps, les produits se détériorent et deviennent obsolètes. La possibilité de produire ces pièces à la demande grâce à la FA réduit la nécessité de maintenir des stocks importants et élimine les coûts associés, tout en permettant une plus grande longévité des actifs.

Dans une chaîne de montage automobile, par exemple, seuls 8 % de chaque euro investi sont consacrés à l'assemblage proprement dit. Chaque composant individuel est produit séparément et dispose de ses propres stocks, tandis que toutes les pièces doivent également être transportées. Des études ont montré que jusqu'à 10 % du chiffre d'affaires d'une entreprise manufacturière est immobilisé dans les stocks. Les ressources consacrées à la production et au stockage de ces pièces pourraient être utilisées ailleurs si le besoin de stocks était réduit.

Aujourd'hui, Guaranteed participe déjà activement à des écosystèmes d'entrepôts numériques dans des secteurs tels que le pétrole et le gaz, les chemins de fer et l'industrie maritime.

« La FA soutient nos opérations en réduisant les délais de livraison, car elle permet d'acheter des pièces juste à temps et non plus juste au cas par cas. La méthode traditionnelle d'achat de pièces de rechange au moment de l'installation d'un nouvel équipement peut ne plus être nécessaire si nous pouvons imprimer les pièces avec une qualité identique ou supérieure. Les pièces de rechange stockées dans un entrepôt nécessitent un stockage et une conservation appropriés, ce qui a un coût et n'offre pas de souplesse lorsque les conditions d'exploitation changent et que les pièces de rechange d'origine ne sont plus adaptées. Nous pensons que l'impression de pièces de rechange juste à temps permet de réduire les coûts d'approvisionnement de pièces spécifiques, notamment celles qui sont essentielles aux opérations commerciales », souligne A. Goh, de Shell.

Valoriser l'avenir, moderniser le passé

Le vieillissement des installations est un problème courant dans de nombreux secteurs. Les actifs sont de plus en plus utilisés au-delà de leur durée de vie initiale, ce qui entraîne un risque élevé d'immobilisation ou de défaillance des pièces. Il peut en résulter un temps improductif important qui peut coûter des centaines de milliers d'euros par an. Le maintien de l'intégrité de l'équipement est difficile étant donné que les remplacements de pièces à l'identique ne sont plus disponibles en raison de l'obsolescence du modèle d'équipement ou des changements dans



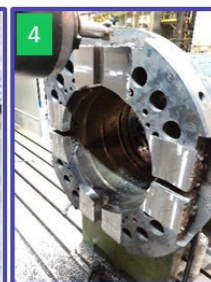
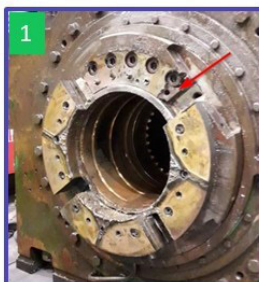
les normes d'ingénierie.

Les services WAAM à la demande de Guaranteed permettent de reproduire de telles pièces à un coût abordable, même pour un lot d'une taille, de les réparer ou de les remettre à neuf. Dans ce dernier cas, la conception de la pièce d'origine ou la sélection des matériaux est améliorée, ce qui permet à la pièce remise à neuf d'avoir des performances ou une durée de vie accrues par rapport à la pièce d'équipementier d'origine.

Pour les pièces de très grande taille ou les pannes survenant dans des zones reculées, les coûts et la logistique liés au démontage et au transport de la pièce endommagée peuvent devenir prohibitifs. Pour résoudre ce problème, Guaranteed a mis au point un «service mobile de réparation additive WAAM» qui permet d'effectuer une réparation ou un réusinage sur site, voire in situ.

Value Proposition Examples

Refurbish broken mandrel bushing



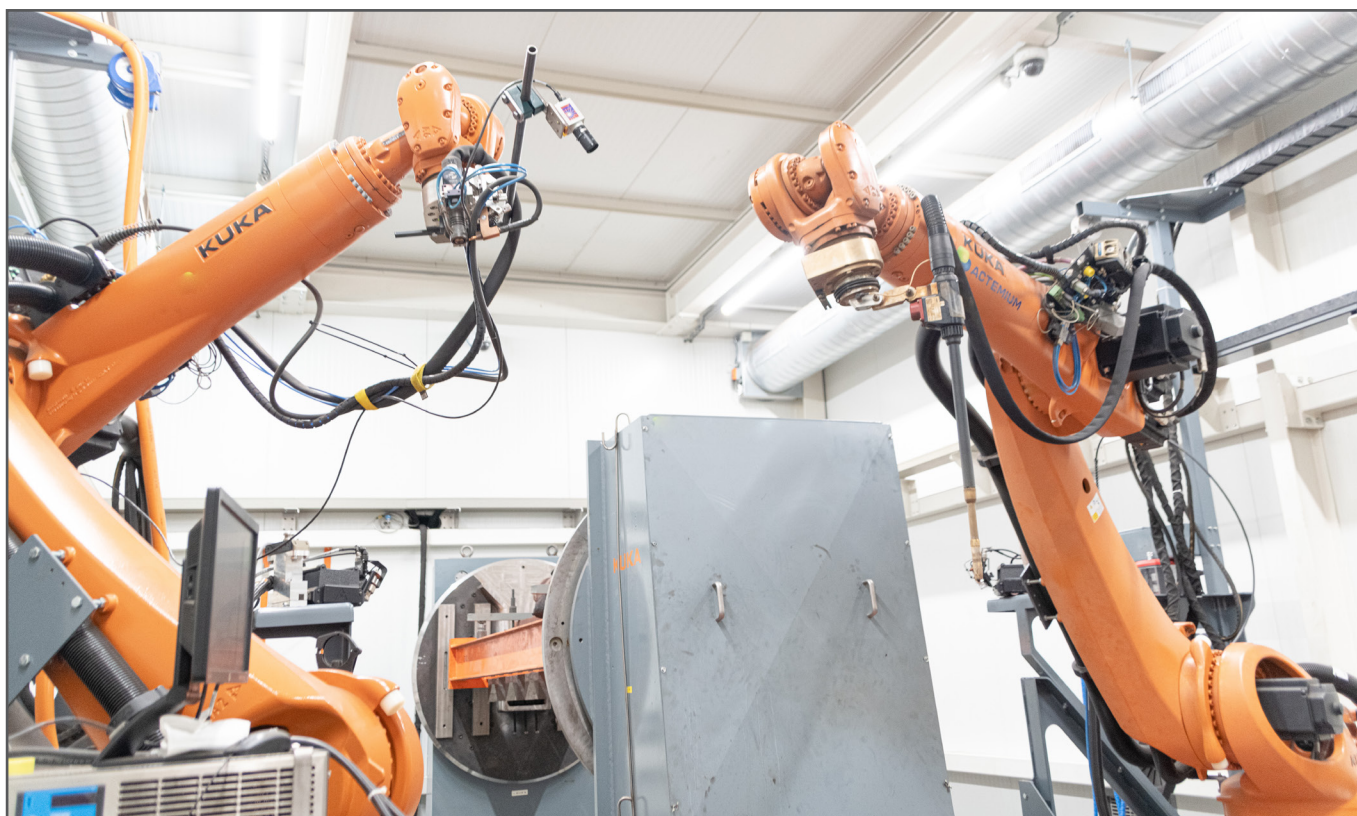
Le moins est le mieux

Le changement climatique étant le principal défi du XXI^e siècle, l'efficacité des ressources et la réduction de l'empreinte carbone sont devenues des enjeux vitaux pour l'industrie manufacturière d'aujourd'hui. La production locale pour réduire les efforts de transport et la fabrication de produits à la demande pour réduire directement les déchets et éviter la mise au rebut des pièces excédentaires deviendront un jour des nécessités pour éviter les taxes ou les pénalités institutionnelles. En outre, la demande de remise à neuf des machines et des produits pour prolonger leur durée de vie continuera de croître.

« La FA et les bibliothèques de pièces numériques permettront de réaliser des économies en réduisant les volumes d'inventaire et en réduisant les coûts et les risques liés à la fin de vie et à l'obsolescence. Alors

qu'Equinor s'oriente vers le zéro carbone et accroît sa présence dans le secteur des énergies renouvelables, la réduction de l'impact environnemental de la production d'équipements et du transport de pièces dans la chaîne d'approvisionnement deviendra de plus en plus importante », ajoute Brede Laerum – Equinor.

Dans une étude récente réalisée par Guaranteed en étroite collaboration avec l'Université de Cranfield et sa spin-off WAAM3D, une analyse comparative du cycle de vie a été effectuée pour plusieurs pièces. Par rapport aux options de fabrication conventionnelles telles que le moulage ou le forgeage, les résultats de cette étude démontrent clairement les économies importantes qui peuvent être réalisées en termes d'émissions de carbone et de consommation d'énergie pour la production de WAAM et encore plus pour la réparation ou la remise à neuf de WAAM.



Le caractère durable de notre technologie nous garantit déjà l'accès au financement du fonds d'encouragement de l'Institut européen de technologie, qui investit dans les entreprises qui réalisent la durabilité et délocalisent le travail en Europe.

Des preuves, pas des promesses

Puisqu'on juge l'arbre à ses fruits, Guaranteed travaille en toute transparence et en étroite collaboration avec ses clients du monde entier pour analyser, optimiser et partager les enseignements tirés de chaque cas d'entreprise. Pour certains de nos clients, cela signifie que nous leur recommanderons d'envisager la réparation ou la remise à neuf plutôt que le remanufacturage complet, tandis que pour d'autres, les avantages de la production de pièces de rechange à la demande permettront de réduire les coûts de stockage et d'avoir un impact direct sur la rentabilité, car les besoins en fonds de roulement seront réduits, ce qui se traduira par des flux de trésorerie supplémentaires. L'atténuation des problèmes d'obsolescence, soit directement dans les équipements de production vieillissants, soit indirectement dans les stocks par la fabrication juste à temps, représente une autre façon dont les services fournis par Guaranteed peuvent créer de la valeur.

Enfin, l'efficacité des ressources et les économies d'émissions de CO₂ résultant de la collaboration avec Guaranteed offrent une voie vers un avenir plus durable en réduisant la quantité d'émissions primaires et secondaires.

Contact details:
www.guaranteed.be/en/
 +32 473 30 19 28
info@guaranteed.be

BRIGHT LASER TECHNOLOGIES

Metal 3D Printing Specialist

BLT can provide a integrated technical solution of metal additive manufacturing and repairing for customers, including customized products, equipment, raw materials, software and technical service.

BIGGER THAN BIGGER

BLT-S500: 400X400X1500mm (Forming Size)

BLT-S600: 600X600X600mm (Forming Size)



Irregular Shaped Tube
1100mm



Fan Blade Bordure
1200mm



Wheel
φ485X210mm



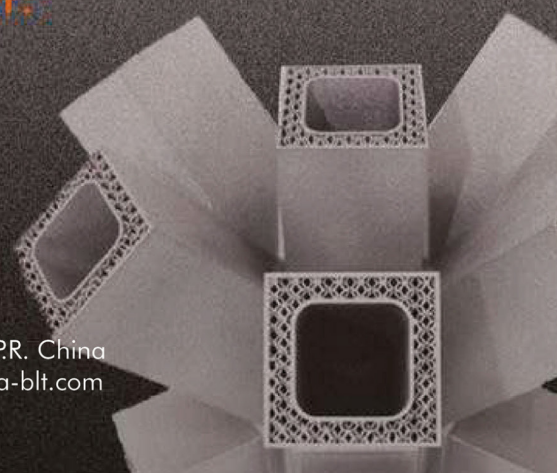
BLT Brand Metal AM Equipment

Supporting Materials:

Titanium Alloy, Aluminum Alloy, Copper Alloy, Superalloy, Stainless Steel, High-strength Steel, Die Steel, Tungsten Alloy

Powder Production:

BLT-TA1, BLT-TA15, BLT-TC4



Gas-Atomized Titanium Powder

TILOP

Titanium Low Oxygen Powder

OTC has been producing titanium powder since 1991.

The manufacturing process employs the gas atomization method, which is the most suitable for mass production.

As one of the largest manufacturers of aerospace grade titanium sponge, we provide a stable supply high quality titanium powder that meets all your requirements.

Possible powder for production

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

Markets & Applications

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



Appearance



OSAKA Titanium technologies Co.,Ltd.

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

Contact Address High-performance Materials Sales and Marketing Group

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

formnext

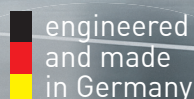
Frankfurt, Germany,
16 – 19 November 2021

Hall 12, A139

solukon

Pioneer and Technical Leader of Automated Powder Removal

Launch of a new depowdering system for metal parts
Live at Formnext 2021



[solukon.de](https://www.solukon.de)

EQUINOR : UN « ÉTAT D'ESPRIT ADDITIF » POUR FAIRE FACE AUX PROBLÈMES DE CHANGEMENT CLIMATIQUE ET DE DURABILITÉ



Credit - Ole Jørgen Bratland.
Copyright - Equinor - Fieldmade

Il y a des industries – comme le secteur de l'énergie – où la lutte contre le changement climatique est plus difficile que d'autres. Brede Lærum et Pantea Khanshaghaghghi ont pris 50 minutes de leur temps de mercredi pour discuter de ce sujet avec 3D ADEPT Media. Croyez-moi, il est assez compliqué d'aborder tous les points de ce vaste sujet en seulement 50 minutes, mais elles sont suffisantes pour confirmer qu'une entreprise est sur la bonne voie pour réaliser ses ambitions climatiques. Et c'est le cas d'Equinor.

Avec plus de 21 000 employés engagés à fournir une énergie abordable aux sociétés du monde entier, la multinationale norvégienne de l'énergie est en route vers des émissions nettes nulles grâce à l'optimisation de son portefeuille de pétrole et de gaz, ainsi qu'au développement de la croissance des énergies renouvelables et de la chaîne de valeur à faible émission de carbone dans la capture du carbone et l'hydrogène.

Avec la pression politique et le niveau des réglementations qui augmentent autour du changement climatique, la société basée à Stavanger – tout comme les autres organisations du secteur – intègre continuellement des stratégies de durabilité pour comprendre les effets de ses propres actions, mais aussi pour les mesurer afin d'atteindre ses objectifs de zéro émission nette.

« Les entreprises du secteur de l'énergie s'intéressent à deux domaines principaux, lorsqu'il s'agit de changement climatique et de durabilité. Le premier est celui des émissions de CO₂ dues à la production de pétrole et de gaz – et nous nous efforçons de les réduire autant que possible – et le second est celui de la réduction de l'empreinte des produits utilisés dans le monde. Ce deuxième défi rend crucial le «projet d'élimination du carbone». Nous sommes en train de développer une solution pour capturer le carbone et le renvoyer dans un endroit où il n'y aura aucun risque de le revoir », a déclaré Lærum à 3D ADEPT Media.

Pour Equinor – et toutes les

autres organisations qui peuvent jouer un rôle dans le changement climatique –, relever ces défis nécessite de prendre en compte de multiples fronts, dont celui de la fabrication, et c'est exactement la raison pour laquelle Brede Lærum et Pantea Khanshaghaghghi étaient les bons porte-parole pour ce sujet.

En effet, Lærum est responsable du centre d'excellence en fabrication additive chez Equinor, président du projet Fieldmade Digital Inventory et président du réseau international «AM Energy». Khanshaghaghghi, quant à elle, est le chef de projet du développement commercial, responsable de la durabilité par la fabrication additive chez Equinor.

Du point de vue de la fabrication additive, « nous étudions les émissions de CO₂ liées à notre processus d'approvisionnement, lorsque nous achetons des équipements, des biens et d'autres produits. Ce troisième domaine présente un énorme potentiel lorsqu'il s'agit de réduire la consommation de matières premières et la consommation d'énergie et les émissions de CO₂ correspondantes. La fabrication additive s'inscrit parfaitement dans un modèle d'économie circulaire », ajoute-t-il.

« L'industrie pétrolière et gazière



Pantea Khanshaghaghghi

a plusieurs défis à relever mais le monde entier a un défi plus important : les matériaux que nous consommons. Des centaines de milliards de tonnes de matériaux sont consommés dans le monde et nous ne sommes pas en mesure de les recycler (nous en recyclons moins de 9 %). Cette préoccupation majeure soulève plusieurs problèmes, notamment la pollution – car au moins 1 % de la pollution provient de l'industrie manufacturière (l'industrie manufacturière est responsable de 31 % des émissions mondiales, ce qui est le taux le plus élevé parmi les différents secteurs) – et la sécurité des approvisionnements que la pandémie a mis en évidence,

notamment en Europe.

La fabrication additive est particulièrement bien placée pour jouer un rôle dans ces trois grands défis. Par exemple, lorsque nous affirmons que nous allons produire moins de déchets et ce, à toutes les étapes du processus de fabrication, nous pouvons le faire parce que la technologie elle-même permet d'utiliser moins de matériaux. Le passage des procédés de fabrication conventionnels aux procédés de FA n'est qu'une première étape des actions qui peuvent être mises en œuvre.

En effet, l'extraction de ces matériaux est un autre problème. Cela signifie que, pour chaque production, nous devons généralement fabriquer un grand nombre de produits afin d'être visibles commercialement. Nous devons envoyer ces produits à des filiales ou des partenaires à travers le monde mais aussi conserver certains de ces produits au cas où

nous en aurions besoin plus tard. Tout cela nécessite beaucoup de matériaux, de transports et de ressources qui pourraient être économisés à d'autres fins. C'est la raison pour laquelle, notamment chez Equinor, nous cherchons à passer à un monde numérique où nous n'aurons pas besoin de produire beaucoup et de transporter beaucoup. Nous éviterions cette «surutilisation» des matériaux et enverrions les produits juste quand et où nous en aurons besoin. En procédant ainsi, nous sommes déjà en mesure de réduire les émissions de CO₂ à de multiples niveaux. En plus de cela, nous économisons beaucoup de temps et d'argent en tant que producteur et pour l'utilisateur final », souligne Khanshaghghi, en parlant de ces trois domaines principaux et en expliquant pourquoi la FA est un outil de fabrication essentiel pour chacun d'eux.

En expliquant l'importance de ces trois domaines pour une entreprise

du secteur de l'énergie (production d'émissions, produits utilisés dans le monde entier ainsi qu'achat et consommation de biens), Khanshaghghi a mis l'accent sur l'importance de ce dernier pour les professionnels de la FA. En effet, on peut prolonger la durée de vie des équipements soit en utilisant la FA pour réparer, soit en récupérant les pièces obsolètes par impression 3D, soit en évitant de remplacer certains composants.

« Dans ce dernier cas, nous n'aurons pas besoin de prendre nos matières premières, nous n'aurons pas à consommer plus d'énergie pour produire ces pièces, et donc aucune émission de CO₂ ne sera produite. Donc, en réduisant la consommation de biens, nous pouvons tout à fait contribuer à la réduction des émissions de CO₂. Mais cela reste un domaine relativement nouveau », a-t-elle déclaré.

La fabrication additive, un outil pour traduire en pratique les objectifs d'émissions nettes nulles

Les premiers signes d'activités de fabrication additive ont été observés chez Equinor en 2016. Selon le responsable de la FA au centre d'excellence, tout a commencé par une activité de recherche où l'équipe avait pour ambition de découvrir si elle pouvait effectivement faire confiance à la FA et quels seraient les principaux avantages pour Equinor. À l'heure actuelle, l'unité de FA intègre **environ 34 imprimantes 3D** en polymère (FDM et SLS) qui servent un objectif éducatif.

« Nous n'avons pas l'ambition d'être un producteur de pièces. Nous voulons que les fournisseurs continuent à produire des pièces, en utilisant désormais la FA. C'est la raison pour laquelle, même si nous gardons un fort accent sur les technologies de FA métal dans nos différentes activités, nous n'investissons pas dans ces technologies pour nos activités internes. Cela dit, il existe sept technologies de FA différentes et reconnues dans ce secteur. Nos activités et les exemples concrets d'application explorés jusqu'à présent révèlent un grand potentiel pour la fusion sur lit de poudre, la DED, alias LMD, et la FA à arc filaire – WAAM – », souligne le responsable de la FA.

Même si la FA est, par essence, une méthode durable – puisque vous construisez à partir de rien au lieu de partir d'un gros morceau de métal et de le réduire progressivement ; avec ce procédé, vous pouvez optimiser les pièces grâce à l'optimisation de la topologie et vous réduisez les matières premières -. Il n'existe pas de données confirmées permettant de déterminer quel procédé de FA métal est le plus durable aujourd'hui.

Cependant, une analyse comparative de la manière dont certaines applications sont produites peut aider à apprécier le potentiel d'une technologie de FA donnée et à mieux comprendre la stratégie de durabilité d'une entreprise donnée. Pour illustrer cette affirmation, Lærum a pris l'exemple de l'analyse comparative du cycle de vie (LCA)* d'un ventilateur de refroidissement – produit par FA et par des processus de fabrication conventionnels.



Brede Lærum

Dans ce cas précis, l'empreinte carbone du moteur électrique – du ventilateur de refroidissement produit par les deux types de processus de fabrication – a été évaluée en fonction de son potentiel de réchauffement global (PRG)* sur 100 ans.

Lærum explique que le fournisseur leur a demandé de remplacer l'ensemble du moteur électrique (pesant 1 tonne et demie) parce que le ventilateur (obsolète) était cassé. Ils ont calculé les émissions de CO2 liées au remplacement d'une nouvelle pièce. Les émissions de CO2 pour la production locale de ce ventilateur étaient de 3,8 kg, mais le remplacement de l'ensemble de la pompe – comme indiqué initialement – leur aurait fait produire 4 500 kg d'émissions de CO2.

Discussion

Transportation

- AM fan is about 1/5th of CM
- AM has fewer transportation «steps»
- AM has lower weight
- Volume not considered

Source: Equinor.
Unit [Kg/CO2e]

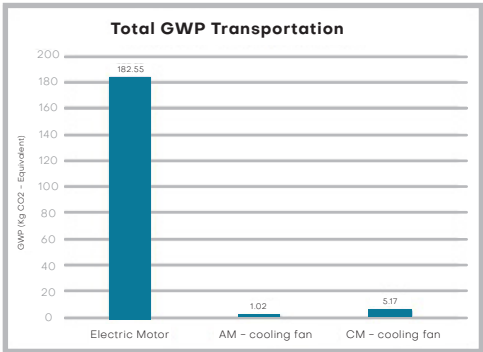


Figure: Total GWP Impact due to transportation

| | Cradle to grave | Cradle to cradle | GWP from transportation |
|----------------|-----------------|------------------|-------------------------|
| Electro motor | 4509,456 | 2071,218 | 182,55 |
| AM cooling fan | 3,773 | 1,702 | 1,02 |
| CM cooling fan | 15,436 | 8,353 | 5,17 |

En outre, l'expert souligne que l'utilisation du recyclage des matières premières réduit le potentiel de réchauffement global de 45% à 54% dans les trois scénarios respectifs.

| | Cradle to grave | Cradle to cradle | GWP reduction circular approach |
|-------------------------------|-----------------|------------------|---------------------------------|
| Electro motor | 4509,456 | 2071,218 | 54,07% |
| AM cooling fan | 3,773 | 1,702 | 54,89% |
| CM cooling fan | 15,436 | 8,353 | 45,89% |
| GWP reduction AM vs CM | 75,56% | 79,62% | Source: Equinor |
| GWP reduction AM vs new motor | 99,92% | 99,92% | |

« C'est une échelle complètement nouvelle. En prolongeant la durée de vie de ce moteur, nous avons évité 4 500 kg d'émissions de CO2 liées à la production d'une nouvelle pompe. Si vous ajoutez cela à tous les différents équipements que nous envisageons de remplacer, cela représente une somme assez importante de CO2 chaque année. C'est vraiment une nouvelle ère à envisager en ce qui concerne les émissions de CO2. L'ensemble du secteur devrait se pencher sur ce «champ d'application n° 3» des émissions », ajoute Lærum.

Comme l'explique l'expert, en prenant l'exemple du ventilateur cassé, l'examen de ce «champ d'application n°3» nécessite de considérer le pays où les composants sont produits et celui où les

composants bruts sont prélevés.

Par ailleurs, cette production par FA recentre le débat sur l'importance de l'économie circulaire et sa finalité qui va au-delà du recyclage. « L'objectif principal de l'économie circulaire est de 'repenser' l'élimination des déchets et c'est exactement ce que fait la FA. Tout d'abord, nous utilisons moins de matériaux, et ensuite, lorsque nous concevons la nouvelle pièce, nous le faisons de manière à ce qu'elle soit recyclée – ou du moins qu'elle ait une durée de vie plus longue », note Khanshaghghi.

« En changeant notre comportement et notre façon de traiter l'ensemble des équipements, nous pouvons bien sûr contribuer à réduire les émissions de CO2 », complète le responsable de la FA.

Un combat qui nécessite d'autres partenaires

C'est une chose de connaître le processus et d'identifier les mesures à prendre dans cette lutte contre le changement climatique, c'en est une autre d'avoir les bons partenaires pour le faire.

Le dernier partenariat dans lequel l'entreprise est impliquée, aux côtés de l'institut indépendant de recherche technologique SINTEF et de la compagnie gazière Gassco, est un projet de Kongsberg Ferrotech, une entreprise norvégienne de robotique qui conçoit et fabrique des robots sous-marins pour l'industrie pétrolière et gazière. Ensemble, les trois entreprises vont développer des technologies d'impression 3D pour la réparation et la maintenance des équipements sous-marins.

Les robots d'inspection, de maintenance et de réparation (IMR) sont essentiels à la réussite de ce projet, car ils peuvent effectuer des réparations et des modifications dans un environnement sec tout en étant complètement immergés. Jusqu'à présent, les équipes ont déjà effectué des tests en eau profonde sur la réparation du composite dans le fjord de Trondheim en Norvège.

Selon l'expert en durabilité, le concept d'économie circulaire jouera une fois de plus un rôle clé ici, puisque la FA sera utilisée pour réparer au lieu de remplacer. « C'est en quelque sorte concevoir à nouveau l'élimination des déchets », rappelle-t-elle. « Du point de vue de la fabrication, par exemple, ils examineront la manière dont ils peuvent recycler tous les métaux dont ils disposent. Parmi les entreprises qui vont nous aider dans ce processus, il y a F3nice qui recycle les déchets métalliques en poudre atomisée. »

Si la FA est un autre outil qui illustre le processus d'économie circulaire dans la production, Khanshaghghi souligne l'importance pour les organisations de réfléchir à un meilleur mix énergétique pour cela. « Par exemple, il n'est pas intéressant d'utiliser massivement des combustibles fossiles dans un pays qui prévoit déjà d'utiliser des énergies renouvelables », note-t-elle.

Dans le même ordre d'idées, les collaborateurs d'Equinor notent également l'expérience enrichissante qu'ils vivent grâce aux collaborations avec les startups. En plus de f3nice mentionnée ci-dessus, Lærum a mentionné Fieldmade, une startup technologique qui ambitionne de changer la chaîne d'approvisionnement linéaire en une approche basée sur le réseau. La startup s'est associée à Siemens Energy, TotalEnergies et Equinor pour développer un écosystème d'impression 3D à la demande pour la fourniture de pièces.

« Ensemble, nous démontrons que la FA contribue

à la durabilité dans tout le cercle de l'économie circulaire. Dans ce cas précis, la technologie sert de catalyseur au nouvel écosystème numérique que nous construisons avec Fieldmade et Siemens Energy. À long terme, cette plateforme sera un produit commercial – promu par Fieldmade – avec deux fonctions principales : connecter tous les opérateurs et tous les fournisseurs dans un immense réseau numérique de pièces détachées. Ensuite, tous ces fournisseurs pourront promouvoir leurs propres pièces numériques dans le réseau, de sorte que l'inventaire numérique sera piloté par l'écosystème – et non acheté par l'opérateur. Bien que la FA est un outil important pour l'inventaire numérique, l'essentiel est la production de pièces à la demande, par FA, usinage CNC ou toute autre méthode de fabrication rapide, fiable et reproductible. Le plan consiste à réduire progressivement l'inventaire physique tout en développant le contenu de l'inventaire numérique », explique Lærum.

Et maintenant... ?

La plupart des entreprises du secteur de l'énergie qui sont confrontées à la question du carbone ont l'habitude de réfléchir à la manière dont elles devraient se développer dans les énergies renouvelables, développer des solutions de capture et de stockage du carbone ou même produire moins de pétrole et de gaz au fil du temps. Tout cela est totalement compréhensible si on considère la manière dont la société souhaite qu'elles abordent cette question.

D'un point de vue pratique, cette conversation avec Equinor révèle que les organisations ne doivent plus considérer la FA uniquement comme une belle technologie permettant de produire des pièces complexes. Il est possible d'obtenir des résultats tangibles en matière de durabilité si nous explorons l'utilisation de la fabrication additive lors du développement de solutions numériques sur l'ensemble de la chaîne de valeur, comme la maintenance, l'optimisation de la production et la gestion de la chaîne d'approvisionnement. Maintenant, imaginez jusqu'où elles peuvent aller si elles ajoutent à l'impression 3D, la science des données et l'intelligence artificielle.

Dans le but d'étendre les solutions numériques à l'ensemble de son portefeuille mondial plus rapidement que prévu, et de contribuer ainsi à l'augmentation de la production ainsi qu'à la réduction des coûts de maintenance, de forage et des installations, Equinor a récemment augmenté de 50 % son ambition d'amélioration pour 2025, passant de 2 à 3 milliards USD. Ajoutons à cela les exemples précités et les partenaires à ses côtés ? Leurs efforts pour devenir une entreprise à énergie nette zéro porteront certainement leurs fruits d'ici 2050.

Notes aux lecteurs:

Pour ceux qui ne sont pas familiers avec certains termes, veuillez noter que :

L'analyse du cycle de vie (LCA en anglais = Lifecycle Assessment) est une méthodologie permettant d'évaluer les impacts environnementaux associés à toutes les étapes du cycle de vie d'un produit, d'un processus ou d'un service commercial. Par exemple, dans le cas d'un produit manufacturé, les impacts environnementaux sont évalués depuis l'extraction et la transformation des matières premières (berceau), en passant par la fabrication, la distribution et l'utilisation du produit, jusqu'au recyclage ou à l'élimination finale des matériaux qui le composent (tombe).

Le potentiel de réchauffement planétaire (PRP) a été mis au point pour permettre de comparer l'impact de différents gaz sur le réchauffement planétaire. Plus précisément, il s'agit d'une mesure de la quantité d'énergie que les émissions d'une tonne d'un gaz absorberont sur une période donnée, par rapport aux émissions d'une tonne de dioxyde de carbone (CO2).

2021
▼

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/SUBSCRIPTION/



A20X: THE STRONGEST ALUMINIUM ALLOY. WORLDWIDE!

Get to know the aerospace-approved A20X: A unique aluminium alloy for high strength and temperature castings as well as for additive manufacturing, presented by ECKART.

ECKART, as member of the ALTANA group, is one of the leading global players with decades of experience in the field of atomization of pure, spherical aluminium powder.

With the acquisition of TLS, ECKART extended the portfolio with a variety of different metal alloy powders, titanium, aluminium and copper based, as well as the option to provide customized solutions. We are your partner of choice for DIN EN 9100:2018 certified production.

**Let us meet at formnext, Frankfurt, November 16 – 19, 2021, at booth 12.0-A101.
We look forward to your visit!**

For further information please contact:

ECKART GmbH · Guentersthal 4 · 91235 Hartenstein · Germany

E-Mail: dominik.reuschel@altana.com · info.eckart@altana.com

www.am.eckart.net

RÉCUPÉRATION DE LA POUDRE DANS UNE PRODUCTION DE FA : QUOI ? POURQUOI ? COMMENT ?



Au tout début, lorsque les fabricants ont commencé à utiliser la fabrication additive (FA), le marché manquait cruellement de matériaux spécifiquement conçus pour cette technologie. Les fabricants sous contrat travaillaient donc avec des restes et des déchets aux spécifications générales, ce qui limitait le succès de la qualité des pièces.

Aujourd'hui, les producteurs de matériaux ont mis au point des poudres métalliques en tenant en compte les spécificités de la FA. Toutefois, leur coût élevé a fait augmenter la demande de recyclage de la poudre non fondue, en particulier dans les procédés de FA à lit de poudre. Pour les fabricants qui sont prêts à explorer des stratégies de réutilisation ou de recyclage, répondre à cette demande signifie également permettre une **performance de durabilité** – ou au moins permettre un **cadre environnemental de durabilité**. Plus important encore, répondre à cette demande nécessite de tirer parti de ressources interdisciplinaires qui vont au-delà de la simple expertise des experts en matériaux.

Le présent article a pour ambition de discuter de certaines technologies et stratégies de récupération/réutilisation de la poudre qui pourraient être utilisées pour sauver la poudre métallique tout en tenant compte de ces ressources interdisciplinaires. Il pourrait servir de ressource complémentaire au dossier **«Fabrication additive: Comprendre le processus d'élimination des poudres métalliques»**, car il se concentrera également sur l'importance de la poudre récupérée en ce qui concerne la durabilité et la viabilité des matériaux.

Récupération des poudres : «Pourquoi ?»

Établissons quelques faits essentiels : si l'un des avantages de la FA est que la poudre métallique peut être recyclée pour la production suivante, il convient de noter que la recyclabilité dépend du type de matériau utilisé.

Du point de vue de la fabrication, la plupart des productions révèlent que seule une petite quantité de la poudre qui entre dans la chambre de fabrication est fondue en un composant, ce qui signifie qu'une quantité importante de poudre peut être réutilisée ou mise au rebut.

Du point de vue des coûts, la récupération et la réutilisation de la poudre non fondue peuvent apporter un large éventail d'avantages, notamment en termes de rentabilité. En effet, un opérateur qui ne réutilise pas la poudre, la jettera et ajoutera cette perte au coût global de la pièce qui a été produite (et cela restera une des raisons pour lesquelles les pièces imprimées en 3D en métal sont dites très chères). Cela signifie que le recyclage de la poudre permet de gérer le stock de poudre, et de diminuer le coût global par pièce.

Du point de vue de la durabilité, l'utilisation de la même matière première permet de maximiser le rendement et d'éviter les déchets inutiles dont l'élimination peut également s'avérer très coûteuse.

Andreas Hartmann, cofondateur et directeur technique de Solukon Maschinenbau GmbH, souligne chacune de ces perspectives en mettant l'accent sur les endroits où la récupération de la poudre doit avoir lieu :

« Tout d'abord, en prenant en compte le processus d'impression lui-même. Seule une petite quantité de la quantité totale de poudre est effectivement fusionnée dans un composant. Le reste de la poudre reste dans la chambre ou est piégé dans des cavités ou des canaux internes de la pièce imprimée – une poudre potentiellement réutilisable dans les deux cas. Ne pas récupérer cette poudre reviendrait à se débarrasser d'une énorme quantité de poudre qui n'a pas du tout été utilisée pour l'impression.

De cette façon, la récupération de la poudre suit l'idée fondamentale de la durabilité, c'est-à-dire éviter l'épuisement des ressources naturelles.

Deuxièmement, les ressources sont limitées, ce qui s'applique également à la poudre métallique. Il est donc crucial de récupérer et de recycler les poudres métalliques afin de garantir autant que possible la durabilité de la fabrication additive.

Le niveau de durabilité concernant la récupération de la poudre dépend fortement de l'industrie et de l'application. Il existe des industries où le recyclage de la poudre n'est pas possible (en raison des certifications). Pour ces industries en particulier, des concepts complets pour l'élimination appropriée ou le downcycling de la poudre doivent être développés. Concernant le downcycling, il est peut-être possible d'utiliser la poudre pour des composants qui n'ont pas besoin d'être certifiés (composants de formation, prototypes, etc.). »

Ce que nous comprenons de la déclaration d'Hartmann concernant la durabilité, c'est que non seulement elle peut soulever plusieurs questions tout au long du cycle de vie de produits spécifiques, mais elle nécessite également de comprendre le cycle de vie de la production de poudre métallique. Ce dernier peut inclure l'extraction pour former un produit métallique pur ou allié, certaines étapes de traitement supplémentaires spécifiques pour une production de poudre appropriée et l'analyse de la spécificité de la poudre pendant la production, voire la validation pour les producteurs d'équipements d'impression 3D métalliques personnalisés.

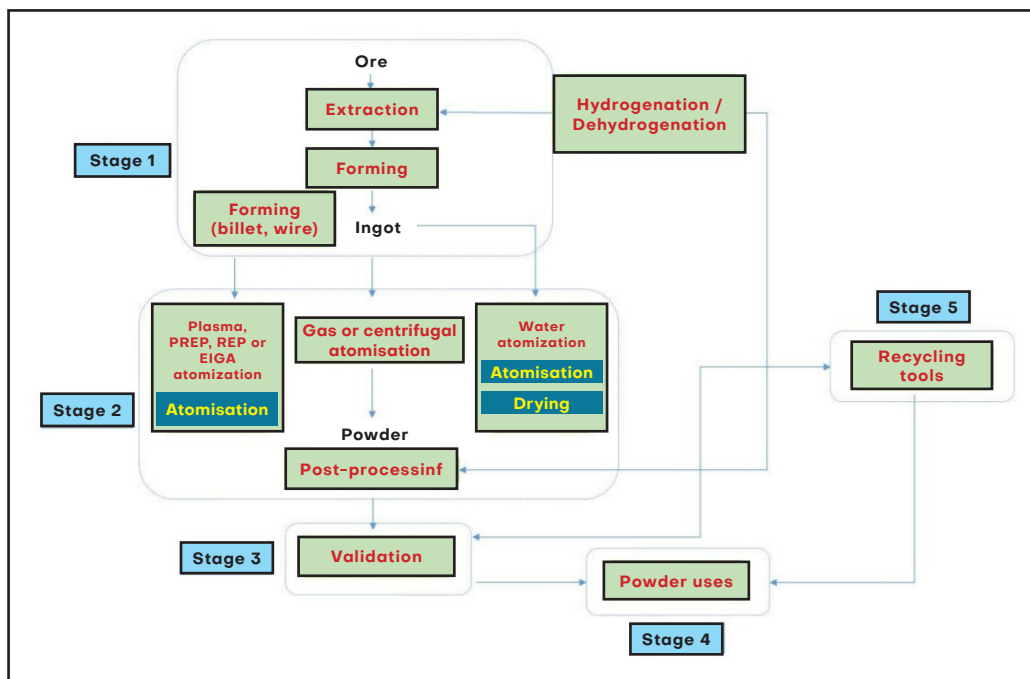


Figure : Cette figure présente un organigramme des étapes du cycle de vie de la production de poudre (adapté de Dawes et al.), où le procédé PREP-plasma rotating electrode, REP-rotating electrode process, EIGA-electrode induction melting gas atomisation ont été exploités.

En d'autres termes, il s'agit de prendre en compte l'atomisation à l'eau, l'atomisation au gaz, l'atomisation au plasma, le procédé plasma à électrode rotative et l'atomisation centrifuge ou le procédé hydride-déshydrate.

En fonction de votre situation, chacune de ces étapes ne sera pas forcément la plus importante à privilégier. En effet, comme nous l'avons vu dans notre interview avec F3nice (préciser la page), si vous êtes un producteur de matériaux qui utilise des déchets pour produire de la poudre, vous vous concentrerez principalement sur l'atomisation – sans compter que, parfois, les producteurs de matériaux ont leur propre technologie qui met l'accent sur d'autres aspects de la production. Cependant, si vous êtes un fabricant de pièces, votre étape la plus importante devrait probablement être de vous concentrer sur le **post-traitement**.

Récupération de la poudre : «Comment» et «Quoi» ?

Comment récupérer efficacement la poudre ? Quel impact le processus de récupération et la poudre récupérée peuvent-ils avoir sur les autres étapes de la fabrication ?

À ce niveau, les considérations (le «Quoi») qui doivent être prises en compte doivent justifier le choix du processus de récupération de la poudre utilisé pour recycler les matériaux.

Tout d'abord, les fabricants doivent toujours garder à l'esprit que **chaque matériau vieillit différemment** et que **ses caractéristiques sont donc susceptibles de changer pendant la fabrication, la récupération et la réutilisation**. Aussi, il devient essentiel de suivre l'évolution des

caractéristiques de la poudre à différents stades du recyclage pour produire des pièces aux propriétés cohérentes.

Selon le **CEO de Solukon**, pour minimiser les risques d'avoir un matériau dont les caractéristiques seront différentes de la matière première, les opérateurs doivent se concentrer sur les aspects qui peuvent influencer ces caractéristiques pendant le processus de récupération de la poudre :

« Pour une réutilisation sans problème, la poudre doit inévitablement être exempte de toute contamination afin de minimiser les obstacles dans les processus d'impression ultérieurs. Un environnement propre pour la récupération de la poudre est donc obligatoire. Pour améliorer la qualité de la poudre récupérée, une atmosphère de gaz de sécurité est bénéfique. La fluidité de la poudre

est augmentée tandis que l'humidité diminue – deux facteurs obligatoires pour les processus d'impression ultérieurs avec la poudre réutilisée. En outre, lors de l'utilisation de matériaux réactifs, une atmosphère inerte est obligatoire pour éviter le risque d'explosion.

Un autre effet à prévenir est ce qu'on appelle le «vieillessement de la poudre». En raison de l'interaction avec l'atmosphère ambiante, la poudre métallique non fondue vieillit progressivement, ce qui signifie que la qualité de la poudre est réduite en raison de l'absorption d'oxygène. En conséquence, la morphologie et la chimie de surface, la forme et la distribution des tailles ainsi que la fluidité des particules sont modifiées. Les poudres vieilles peuvent affecter négativement les propriétés finales du composant imprimé, ce qui limite le nombre de cycles de la poudre métallique ».



Tous ces aspects fournissent une approche holistique de la production par FA, où les étapes du processus se fondent directement les unes dans les autres. Pour Solukon, ces étapes consistent à appliquer une **étape de déballage sécurisé**, une **étape d'enlèvement des poudres** ainsi qu'une étape de **post-traitement**.

Pour l'entreprise, le processus de recyclage de la poudre doit être conçu comme suit :

« - **Dépoudrage** : Après avoir déballé les pièces dans l'imprimante 3D, la station de dépoudrage élimine les résidus de poudre critiques des pièces dans une atmosphère protégée et les recueille sans contamination dans le fond de la chambre.

- **Tamissage** : Les résidus de poudre peuvent ensuite être acheminés vers l'unité de recyclage de la poudre. Là, il est tamisé et rafraîchi avec de la poudre fraîche.

- **Réutilisation de la poudre** : la poudre est maintenant prête pour d'autres processus d'impression. »

Même si un processus automatisé de recyclage de la poudre suggère que la poudre réutilisée après reconditionnement (processus de tamissage) peut avoir des caractéristiques similaires à celles de la poudre métallique brute, il convient de noter que ces caractéristiques peuvent varier d'un processus de FA métal spécifique à un autre. Ainsi, un opérateur qui utilise des machines de FA métal avec un aspirateur par exemple, pourrait obtenir un matériau aux propriétés différentes.

En outre, les machines de FA telles que celle de Renishaw qui intègrent un tamis interne ont des méthodes de réutilisation spécifiques.

« Ce graphique montre comment la chimie du vrac peut changer sur une période de réutilisation. Au début, il y a une augmentation générale de l'oxygène mesuré dans la poudre car les particules affectées par la chaleur commencent à se mélanger à la poudre vierge. La deuxième

phase présente une teneur en oxygène stable, car la poudre en vrac est rafraîchie avec de la poudre vierge après chaque construction et le niveau global d'oxygène dans la poudre en vrac reste conforme aux spécifications. La troisième phase montre ce qui se passe lorsque la poudre vierge n'est pas utilisée pour rafraîchir le lot de poudre ; il y a une augmentation progressive de la teneur en oxygène jusqu'à ce que la poudre en vrac soit en dehors des spécifications. Dans cet exemple, le matériau est l'Inconel 718 ». Image de **Renishaw**.

De plus, afin de savoir si la réutilisation de la poudre non fondue ou si le processus de récupération est valable pour un projet spécifique, les opérateurs doivent également prendre en compte les **considérations de production et d'achat**.

Evonik attire notre attention sur le fait que le nombre de fois que l'on peut réutiliser une poudre « dépend des pièces et du travail de construction. Idéalement, [les opérateurs] devraient pouvoir travailler avec un rapport vieux/nouveau fixe sans aucun rebut. » En fait, une fois que les critères auxquels les pièces doivent répondre ont été définis, certains opérateurs trouvent souvent plus abordable d'acheter des poudres proches des spécifications de production. Dans ce cas, le nombre de cycles de réutilisation sera également limité, car la poudre ne peut se dégrader qu'un certain temps avant d'être hors d'usage. Sans compter que les exigences en matière de propriétés du composant à imprimer détermineront le degré de surveillance de la poudre par l'opérateur ou le nombre de réutilisations possibles.

Quant à la **viabilité de la poudre**, parfois, la récupération et la réutilisation peuvent aboutir à une distribution granulométrique affinée, mais avec un changement marginal de la morphologie de la poudre. D'autres fois, «la viscosité doit être mesurée» - comme c'est le

cas pour les poudres de polymère. «En fonction du résultat, le rapport ancien/nouveau doit être ajusté», nous dit Evonik.

Comment considérer la durabilité ?

« Dans quelle mesure le processus de récupération de la poudre dans la FA est-il durable ? » La réalité montre que la récupération de poudre a fait ses preuves en termes de coûts globaux des pièces de production, et de réutilisation des poudres. Contrairement à ce qui se passait il y a dix ans, le marché actuel de la FA regorge de solutions de post-traitement automatisées qui peuvent faciliter ce processus. « Les systèmes de dépoudrage de Solukon, par exemple, récupèrent généralement jusqu'à 100 % de la poudre, sans contamination et dans une atmosphère protégée », note la société. Mais est-ce suffisant ? Comme poursuit Hartmann, c'est « le point de départ à une approche raisonnable de la durabilité en premier lieu. »

Nous ne pourrions pas être plus d'accord avec lui, mais il devrait y en avoir plus, car l'industrie est continuellement à la recherche de données clés qui pourraient l'aider à comprendre la durabilité du cycle de vie dans les processus de FA métal, les processus de post-traitement et les processus de production de matériaux, des données clés qui sont basées sur des méthodes démonstratives d'évaluation du cycle de vie (LCA) et des inventaires basés sur des données.

Force est de constater qu'à l'heure actuelle, très peu de ressources sont disponibles pour les soutenir. « Avec l'augmentation de la production en série, le besoin de durabilité va croître, non seulement pour des raisons de recyclage éthique, mais aussi en ce qui concerne l'élimination coûteuse de la poudre », assure le CEO.

En attendant, que devons-nous faire ?

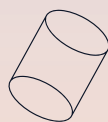
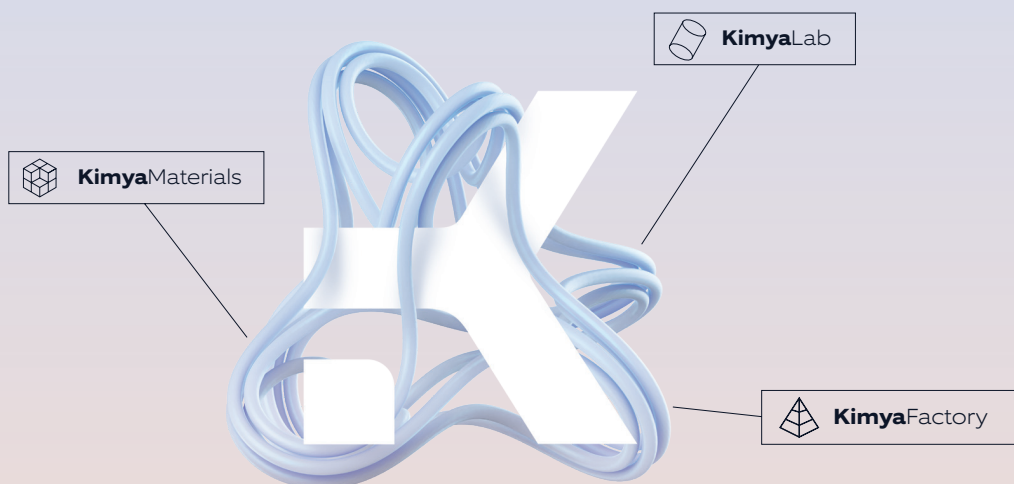
Notes aux lecteurs

Solukon est un expert en enlèvement de poudre industrielle dans la fabrication additive. Les systèmes de l'entreprise assurent un dépoudrage automatisé sûr, fiable et reproductible des composants métalliques et polymères. Avec des pièces de plus en plus complexes et difficiles à manipuler, la demande d'assurance qualité et de qualification des processus est en hausse. C'est pourquoi la société pense qu'une approche holistique de la chaîne de processus de FA est essentielle pour assurer un cycle de vie adéquat de la poudre et la durabilité. « Nous considérons le dépoudrage comme une partie du travail de fabrication lui-même et comme une porte ouverte à un post-traitement approprié et sans poudre (traitement thermique, retrait du support, etc.) », note la société.

Il aurait été difficile de discuter de ce sujet sans les commentaires d'un producteur de matériaux. Pour cela, nous avons fait appel à Evonik, une entreprise chimique qui dynamise la chimie des polymères et des additifs de haute performance en matériaux prêts à l'emploi [pour des applications 3D infinies](#). À ce jour, Evonik ne fournit pas de matériaux à base de métal pour la FA, mais propose une large gamme de matériaux pour plusieurs technologies de FA.

Parmi les autres ressources externes utilisées, citons celle de Renishaw, ainsi qu'une recherche menée sur le recyclage de la fabrication additive métal.

KIMYA, EMBEDDING ADDITIVE INTO MANUFACTURING



Characterisation laboratory
Specific developments
Dedicated team of chemists



Modeling & Conception
3D printing Services
Support & Assistance



High-tech filaments
Eco-designed filaments
Customized production lines

To establish a partnership Or specific development
Contact us: kimya@armor-group.com
+33(0)2 40 38 40 00
www.armor-group.com/kimya

KIMYA
Additive Manufacturing by **ARMOR**

Infinity meets reality.

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

www.evonik.com/infinam

INFINAM®

Talk to us at
the formnext,
booth C69,
hall 12.1



EVONIK
Leading Beyond Chemistry

LA NATURE DÉTIENT-ELLE LA RÉPONSE À LA DURABILITÉ ? UN REGARD SUR LE BIOMIMÉTISME ET SON UTILISATION PRATIQUE DANS LE DOMAINE DE L'IMPRESSION 3D.

Si tout ce que nous utilisons provient de ressources naturelles et que les écosystèmes naturels sont souvent décrits comme des modèles de durabilité, cela signifie-t-il que tout produit imprimé en 3D inspiré par la nature est de facto un produit durable ?

Il est tout à fait logique d'explorer comment la nature peut inspirer les entreprises spécialisées dans l'impression 3D. En fait, celles qui ont déjà emprunté cette voie ont adopté le concept de biomimétisme et, oui, les applications partagées jusqu'à présent ont révélé des conceptions vraiment cools inspirées par la nature. Mais ce n'est pas suffisant, pas aujourd'hui où nous recherchons des exemples tangibles qui peuvent soutenir l'argument de «durabilité», des exemples qui montrent ce qui est possible dans la production industrielle.

Nous avons donc rencontré Flavia Libonati, chercheuse et professeur associé à l'Università degli Studi di Genova – une université italienne – dont les travaux se situent à l'intersection de la nature, des matériaux, de l'impression 3D et de l'ingénierie. Ses recherches portent sur le durcissement et les mécanismes de défaillance des matériaux structurels biologiques, tels que l'os et la nacre, de l'échelle moléculaire à l'échelle de l'ingénierie, et sur la conception de nouveaux composites. Elle utilise une approche «material-by-design», combinant la nature et les principes de l'ingénierie, y compris l'impression 3D, pour améliorer les propriétés mécaniques

des matériaux et ainsi leur procurer des propriétés optimales.

D'emblée, Libonati a déclaré que « nous avons affaire à un processus à double sens. L'impression 3D peut transformer le biomimétisme et vice-versa. D'une part, l'impression 3D a tout révolutionné, y compris l'approche de conception biomimétique. La technologie et ses principes ont ouvert l'espace de conception, fait tomber plusieurs barrières de fabrication et permettent désormais aux concepteurs d'imprimer en 3D des composants aux formes très complexes. D'autre part, le biomimétisme transforme l'impression 3D dans la mesure où elle ouvre de nouvelles perspectives et apporte des changements au niveau fonctionnel. Elle permet par exemple d'explorer de nouvelles possibilités de matériaux, de nouvelles fonctions de matériaux comme le fait la nature. L'impression 4D, par exemple, permet d'obtenir de nouvelles fonctions dans le composant imprimé en ajoutant une nouvelle dimension, ce qui va au-delà de la simple fabrication de la pièce. »

La chercheuse et professeure va plus loin pour expliquer les principes de la nature dont les ingénieurs tirent parti :

« La nature utilise quelques éléments de base, comme les protéines et les minéraux, et, grâce à des structures hiérarchiques complexes, elle crée une variété de matériaux multifonctionnels, efficaces et durables. Si vous pensez aux matériaux de base observés dans la nature – nacre, bambou, os, etc. Ils ont une structure très complexe et se diversifient beaucoup, et cette diversité de structures et de fonctions peut également être observée au sein d'un même matériau. L'os, par exemple, est un matériau qui présente de nombreuses sous-structures, constituées de minéraux et de protéines, pour ne citer que quelques éléments de composition. Ces structures sont mélangées à différentes échelles de

longueur – de l'échelle nanométrique à l'échelle macroscopique – pour produire différentes macrostructures complexes capables de remplir différentes fonctions dans le corps. Sept niveaux de hiérarchie sont en fait reconnus pour ce matériau. Même à l'intérieur de notre corps, le tissu osseux est très différencié. Ainsi, un tissu compact n'aura certainement pas les mêmes propriétés qu'un tissu spongieux, mais tous deux sont constitués des mêmes éléments de base. Nous pouvons faire la même chose avec l'impression 3D. Nous commençons par ces éléments de base, puis nous observons la nature et la manière dont une forme locale spécifique peut affecter et améliorer les performances d'une pièce entière. Ensuite, nous essayons de combiner ces blocs de construction et de diversifier les diverses sous-structures pour obtenir, par exemple, des composites aux propriétés différentes. »

En comprenant comment les matériaux fonctionnent dans la nature, par exemple en imitant le monde naturel, les ingénieurs peuvent facilement trouver des solutions à certains de leurs problèmes de conception. L'exemple du fonctionnement des matériaux dans la nature n'est qu'un exemple parmi d'autres, car Libonati note que tous les acteurs de la chaîne de valeur de l'impression 3D peuvent voir leur travail affecté par une approche biomimétique. Cela inclut le concepteur, l'expert en matériaux ou même le producteur de pièces.

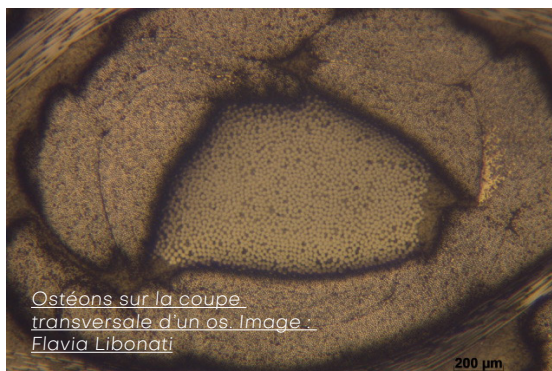
« Dans le travail du designer, l'approche biomimétique affectera la partie créative et contribuera à fournir des solutions optimales inspirées de la nature. Il est facile pour les concepteurs de s'inspirer des solutions trouvées dans la nature, non seulement parce qu'elles sont optimisées, mais aussi parce qu'elles ne sont pas couvertes par la propriété intellectuelle. En revanche, un expert en matériaux devra comprendre comment ces solutions fonctionnent et comment les traduire en matériaux synthétiques, sachant que ces derniers ne sont pas des matériaux vivants comme les matériaux biologiques. »



Libonati Flavia

Cependant, « l'évolution de l'impression 3D est très liée à l'évolution des matériaux »

», a-t-elle ajouté, d'où ce focus sur les matériaux dans le cadre de ce dossier. « Plus nous ouvrons la palette des matériaux que nous pouvons imprimer, plus nous pouvons développer une gamme diversifiée de structures pour les matériaux, et donc, une large gamme de formulations de matériaux et leur imprimabilité », ajoute-t-elle.



L'exemple des matériaux architecturés* imprimés en 3D développés grâce à la nature et aux principes de l'ingénierie.

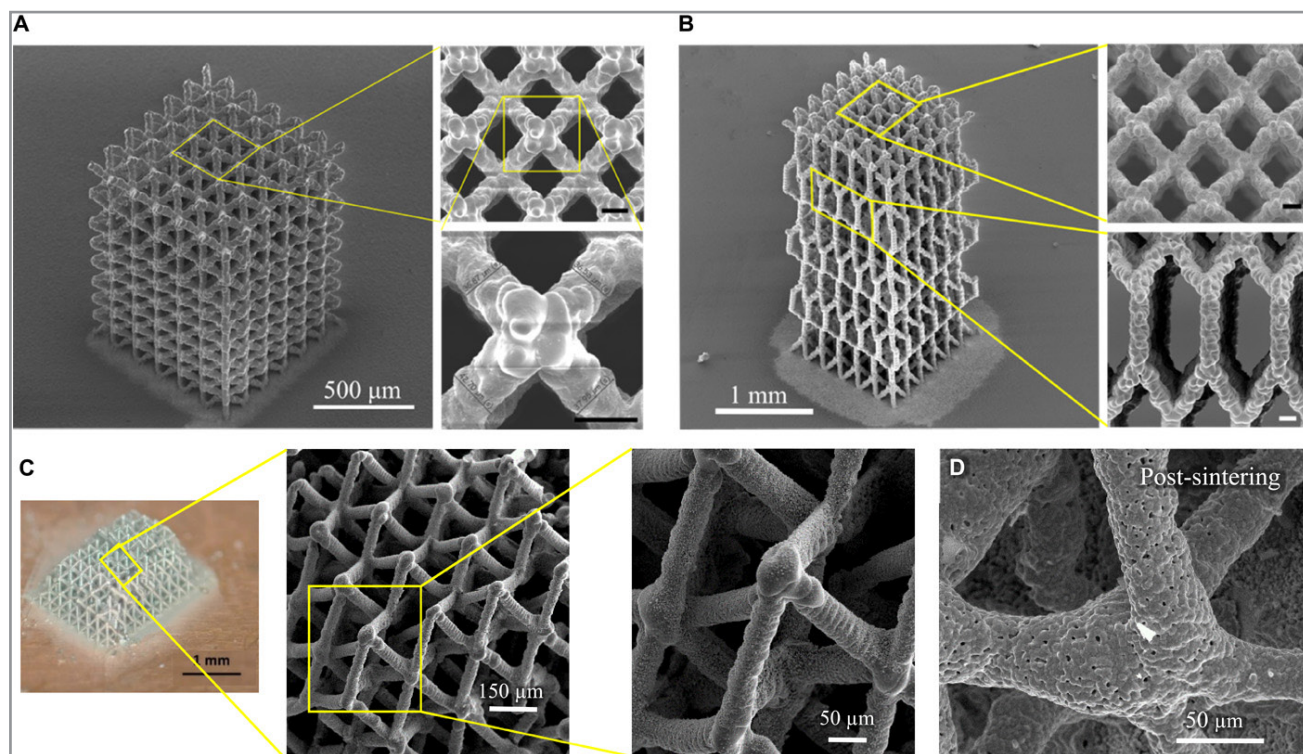


Image : Matériaux et dispositifs microarchitecturés tridimensionnels utilisant l'assemblage de nanoparticules par impression spatiale ponctuelle. Microarchitectures 3D imprimées par points avec différentes topologies de réseau. Crédit : Science Advances.

(A) Une microarchitecture octaédrique ouverte avec des éléments de treillis ayant un diamètre d'environ 35 µm. Barres d'échelle, 50 µm. (B) Microarchitecture fabriquée de manière ponctuelle avec une combinaison de structures octaédriques et hexagonales. Barres d'échelle, 50 µm. (C) Surface supérieure d'une structure d'échafaudage octaédrique à différents grossissements et (D) éléments de treillis de l'échafaudage imprimé en 3D après l'échappement du liant et le frittage des nanoparticules et la croissance possible des grains.

Dans le cadre d'un projet de recherche, le professeur associé, en collaboration avec une équipe de chercheurs, a permis de mieux comprendre la **relation structure-propriété des matériaux inspirés des réseaux cristallins**. Alors que l'étude commence par des cellules unitaires uniques inspirées des réseaux cristallins cubiques de Bravais, l'équipe de recherche a utilisé ce qu'elle a appris de la nature d'une part, et d'autre part, un ensemble de méthodes comprenant l'impression 3D et les tests mécaniques, pour étudier l'influence de différents paramètres d'impression, et la modélisation numérique pour concevoir des matériaux architecturés légers.

Si la nature fournit des solutions pour les structures poreuses, des épines de hérisson absorbant les chocs à

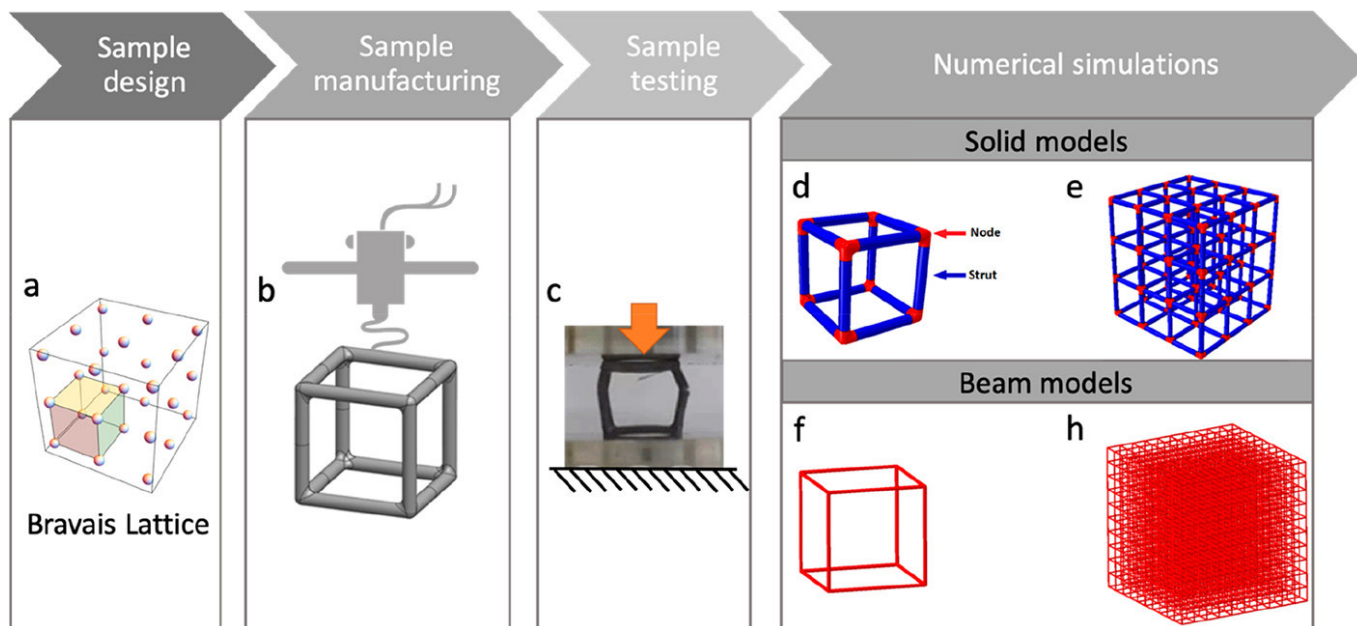
l'os trabéculaire, il convient de noter que l'épine de hérisson absorbant les chocs, qui aide à prévenir les blessures, est très similaire à une mousse qui remplit la partie centrale d'une colonne vertébrale, soutient la fine paroi extérieure, contraste l'instabilité locale et permet à l'ensemble du système de se plier davantage sans se briser. L'os trabéculaire, quant à lui, est un autre exemple de structure cellulaire à l'échelle microscopique possédant des propriétés d'absorption d'énergie. Avec une disposition poreuse à cellules ouvertes, apparemment aléatoire, il est « soigneusement conçu par la nature pour supporter des charges locales spécifiques et pour répondre à différents besoins fonctionnels tout en gardant un poids

faible », peut-on lire dans la recherche.

« Des modèles numériques, validés sur la base d'essais expérimentaux réalisés sur des cellules unitaires uniques et intégrant des défauts induits par la fabrication, sont utilisés pour dériver les lois d'échelle pour chaque topologie étudiée, fournissant ainsi des directives pour la sélection et la conception des matériaux, et la base de futures études d'homogénéisation et d'optimisation. Nous n'observons aucun effet clair de l'épaisseur de la couche sur les propriétés mécaniques du matériau en vrac et des structures en treillis. En revanche, l'effet de la direction d'impression, négligeable dans les échantillons solides, devient important dans les structures en treillis, ce qui entraîne des rigidités différentes des montants et des nœuds. Ce phénomène est pris en

compte dans le cadre de simulation proposé. Les modèles numériques de grands réseaux utilisés pour définir les lois d'échelle suggèrent que les topologies choisies ont un comportement principalement dominé par l'étirement, une caractéristique des structures structurellement efficaces où le module s'échelonne linéairement avec la densité relative. En regardant vers l'avenir, l'imitation de la structure

caractéristique à micro-échelle des matériaux cristallins permettra de reproduire le comportement typique des cristaux à une plus grande échelle, en combinant les traits de durcissement de la métallurgie avec le comportement caractéristique des polymères et l'avantage des structures architecturées légères, conduisant à de nouveaux matériaux aux fonctions multiples », indique le [rapport](#).



Légende : Cadre de l'étude : (a) inspiration du réseau cubique de Bravais ; (b) conception de la cellule et impression 3D ; (c) essais mécaniques ; (d,e) modèles FE solides 3D de la cellule unitaire (d) et du réseau (e) ; (f,h) modèles FE de la poutre 3D de la cellule unitaire (f) et du réseau (h). Image (a) générée par les auteurs à l'aide du projet de démonstration Wolfram, © 2021 Wolfram.

Ce que nous retiendrons des explications de Libonati, c'est que « la nature fait tout à partir de l'échelle nanométrique, avec une organisation hiérarchique, et nous devons trouver un moyen de traduire ce processus en fabrication, tout en maintenant une précision multi-échelle. De cette façon, nous trouverons de meilleures façons de développer de nouveaux matériaux à haute performance. »

Outre les matériaux architecturés imprimés en 3D, d'autres exemples d'approche biomimétique dans le domaine de l'impression 3D mettent en évidence l'utilisation de structures en nid d'abeille dans les pièces imprimées en 3D. Le motif en nid

d'abeille résulte de l'étude de la section transversale d'un véritable nid d'abeille. Dans un objet imprimé en 3D, ce motif peut offrir une plus grande résistance tout en utilisant moins de matériau.

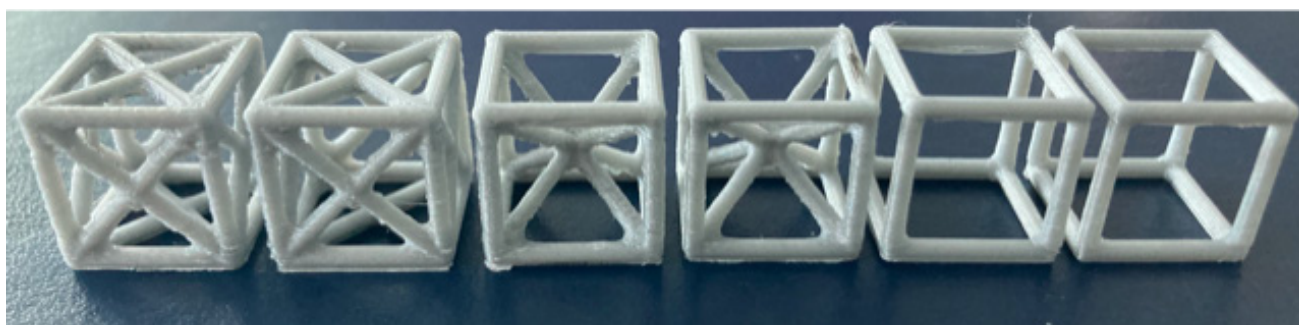
Puisque l'approche de conception biomimétique conduit d'une certaine manière à la fabrication d'objets imprimés en 3D avec moins de matériaux, il est juste de dire que cette approche peut permettre le développement de « produits plus verts » à long terme. Toutefois, en l'absence de données quantifiables concernant la chaîne de valeur complète, il sera difficile de confirmer son caractère « durable » pour les

fabricants.

En réalité, le marché commercial des produits ou matériaux bio-sourcés est presque inexistant, même si, dans l'intervalle, beaucoup de choses sont faites au niveau de la recherche. Il faut donc reconnaître les efforts de chercheurs comme Libonati qui exploitent toutes les capacités du biomimétisme pour élargir la palette des matériaux d'impression 3D ou pour faire progresser de nouveaux procédés de fabrication comme l'impression 4D.

Notes pour les lecteurs

Les matériaux architecturés sont une classe de matériaux qui sont traités comme une structure.



Applications | Matériaux

Quels matériaux d'impression 3D constituent un choix intéressant pour la mode et quelle est l'approche de ce secteur en matière de durabilité ?

Un article d'Andreina Martinez Tancredi



Avec une [taille de marché de 1,5 trillion de dollars américains](#), la mode est l'une des plus grandes industries du monde. Cependant, le secteur connaît actuellement des temps difficiles en raison de la crise du COVID-19. La pandémie a attiré l'attention sur des problèmes sous-jacents qui n'avaient pas été pris en compte auparavant.

Ces questions comprennent, sans s'y limiter, les chaînes d'approvisionnement délicates et complexes, l'augmentation de la présence numérique des marques, ainsi que l'expérimentation de nouvelles technologies telles que l'impression 3D et les matériaux – principalement les bioplastiques ou les matériaux recyclés. L'article ci-dessous traite de l'utilisation de matériaux imprimables en 3D dans l'industrie de la mode et de l'approche de ce secteur en matière de durabilité.

Faciliter la portabilité du vêtement et le confort avec des matériaux appropriés

La mode, c'est la joie de s'exprimer, ce que les utilisateurs de l'impression 3D comprennent aisément car la technologie permet la liberté de conception. En intégrant l'impression 3D dans leur processus créatif, les créateurs de mode peuvent créer des produits qui leur permettent d'exprimer leur humeur, leurs intérêts et leurs convictions. Pour ce faire, ils s'appuient sur la conception assistée par ordinateur (CAO) pour développer des dessins complexes qui peuvent se traduire magnifiquement en une pièce unique et personnalisable.

Cependant, **l'une des principales préoccupations soulevées par la mode imprimée en 3D est la portabilité et le confort.** On ne peut tout simplement pas trouver de la joie dans la mode si un vêtement est inconfortable pour celui qui le porte. Je peux identifier au moins trois aspects de la mode imprimée en 3D liés au confort :

- La **rigidité** et la **structure** : L'utilisation de matériaux tels que l'acide polylactique (PLA), l'acrylonitrile butadiène styrène (ABS) et le polyéthylène téréphtalate (PET), utilisés dans le cadre de l'impression FDM (Fused Deposition Modeling), n'apporte pas de confort à l'utilisateur, mais on peut néanmoins les utiliser pour créer des pièces portables intéressantes. Il suffit de tourner la tête vers le Cosplay, où les fans utilisent généralement ces matériaux pour recréer les vêtements de leurs personnages préférés de jeux vidéo, d'anime, de bandes dessinées, etc. Une autre possibilité est d'utiliser ces matériaux rigides pour créer, précisément, une structure dans un vêtement comme un corset. Néanmoins, ces matériaux rigides ne sont pas toujours très confortables à porter. Une autre idée est de créer d'autres accessoires comme des boutons, des embellissements et des garnitures. L'image suivante présente un corset réalisé par **Raquel Banegil** en mélangeant des bioplastiques avec des os en PLA, dans le cadre de ses recherches dans ce domaine.



Une robe qui combine des pièces imprimées en 3D et des microcontrôleurs (Source : Anouk Wipprecht)

- En ce qui concerne la **flexibilité** et la **fluidité**. Les polyuréthanes thermoplastiques (TPU) peuvent jouer un rôle clé à cet égard. Le **FilaFlex de Recreus**, un exemple de ces matériaux, est un filament utilisé par **Danit Peleg** dans sa collection de mode imprimée en 3D. Ce matériau est facile à travailler, peut ressembler à du tissu et peut être respirant pour la peau si vous contrôlez le remplissage de chaque pièce. Néanmoins, la peau peut avoir l'impression d'être en plastique ; c'est pourquoi les créateurs utilisent généralement des textiles en fibres organiques comme le coton, la soie, etc. pour créer des doublures. Un grand nombre de créateurs de mode et d'entrepreneurs, dont je fais partie, ont l'habitude d'expérimenter ce matériau dans la conception et la fabrication de vêtements, comme on peut le voir sur la photo.





– Concernant **le mélange de matières avec du tissu** : Cette voie consiste à déposer la matière directement sur un tissu, comme la tulle, le coton, ou même les tissus, pour profiter des deux mondes. L'approche de la créatrice de mode Julie Daviy est ici très intéressante puisqu'elle imprime dans des tissus qui, une fois rétrécis, permettent d'obtenir des volumes incroyables dans un vêtement.

Des « makers » et des designers utilisent ces trois méthodes pour créer des vêtements. Au fur et à mesure de l'évolution des matériaux et de la technologie, diverses voies vers la mode imprimée en 3D verront certainement le jour.

De nouveaux matériaux pour de nouveaux besoins

Les matériaux d'impression 3D ne cessent de se développer, mais aucun d'entre eux n'est spécifiquement conçu pour l'industrie de la mode, comme le suggèrent les trois voies mentionnées ci-dessus, qui doivent être prises en compte pour permettre la portabilité et le confort de la mode imprimée en 3D.

Comme l'a déclaré Susana Marques, créatrice de mode et chercheuse en textiles imprimés en 3D, lors d'une interview pour Women in 3D Printing en 2020 : « nous n'avons pas de technologie destinée à notre industrie, de matériaux, d'imprimantes, de logiciels... rien n'est développé en tenant compte des besoins spécifiques de la mode, mais il est déjà possible de trouver des solutions très fonctionnelles. »

Lorsqu'il s'agit de créer des vêtements à l'aide de l'impression 3D, les designers doivent faire appel à leur créativité et à leurs connaissances pour traduire des matériaux, des logiciels et des imprimantes spécifiquement conçus pour des industries aussi différentes que l'automobile, l'aéronautique ou autres, afin de créer des solutions durables, pertinentes et à la mode.

Une branche intéressante de la mode est l'utilisation de la technologie et du textile pour améliorer ou diminuer les capacités physiques. Imaginez maintenant qu'on combine cette branche avec la fabrication additive. Le travail de Marques sur la recherche de surfaces textiles imprimées en 3D pour les personnes non voyantes en est un exemple. Elle expérimente des matériaux tactiles et olfactifs pour les vêtements afin de réduire le fossé entre les personnes handicapées et les marques de mode.

Les biopolymères sont un autre matériau qui envahit l'industrie de la mode. Les expériences menées dans ce domaine commencent à remettre en question la façon dont nous consommons et produisons des objets et comment

nous bouclons la boucle de l'économie circulaire. Ces matériaux à base d'alginate, de chlorure de sodium ou de gélatine font l'objet de recherches pour de nombreux usages comme l'emballage par exemple, mais dans la mode, un bel exemple est celui de Charlotte McCurdy, qui a créé une veste résistante à l'eau à partir de plastique fabriqué à partir d'algues.

En Espagne, [Mariel Díaz, CEO de Triditive](#) et ambassadrice de Women in 3D Printing pour les Asturies, étudie l'utilisation des déchets de pommes dans le processus de fabrication du cidre pour la création de matériaux d'impression 3D.

Selon Díaz dans une interview pour [le journal La Nueva España](#) cette année : « Nous devons analyser quel type de pièces peut être imprimé avec cette technique, mais c'est faisable et nous comprenons que cela peut être une solution pour tout ce matériel qui est jeté et avec lequel les cidriers ne savent peut-être pas très bien quoi faire », avec l'avantage que ces biopolymères sont des substances synthétiques biodégradables.

Dans la même veine, il existe déjà des filaments compostables, c'est-à-dire qu'avec l'action de certains agents comme l'eau, l'oxygène, les microbes, un morceau peut se désintégrer en peu de temps.

En ce qui concerne la combinaison des bioplastiques et de la fabrication additive, il y a encore du travail à faire et des recherches à mener, mais une nouvelle façon de faire la mode est en train d'émerger et nous pouvons sûrement bénéficier d'une solution durable et sans déchets.

Mode et développement durable

L'un des plus grands problèmes de l'industrie de la mode est la pollution créée par la surconsommation et la surproduction. Selon le rapport de McKinsey et Global Fashion Agenda : « L'industrie de la mode représente environ 4 % des émissions mondiales, soit l'équivalent des émissions annuelles combinées de gaz à effet de serre (GES) de la France, de l'Allemagne et du Royaume-Uni. (...) Avec sa trajectoire actuelle, l'industrie de la mode manquera de 50 % la trajectoire de 1,5 degré ». Nous avons créé un monstre qui dévore notre planète.

La durabilité est sûrement en train d'imprégner les marques à mesure que nous, consommateurs, prenons conscience du problème que nous générons. La durabilité est désormais un besoin plus qu'une tendance et de plus en plus de marques prennent en considération les trois grands piliers de la durabilité : **les personnes, la planète et le profit.**

En 2020, Julia Daviy a remporté le prix d'or des Edison Awards avec le projet Organic Skirt, – « une jupe imprimable en 3D, créée numériquement et profondément personnalisable en plus de 1 000 variantes, est le premier projet unissant différents mondes – numérique et physique, non organique et organique, fabrication additive et artisanat traditionnel. » À l'aide d'une imprimante 3D industrielle grand format, Daviy a créé des collections impressionnantes, similaires à des vêtements fabriqués de manière traditionnelle et dans un souci de durabilité : une approche zéro déchet dans la conception et l'impression, une recherche intensive et continue de nouveaux matériaux et procédés.

Aujourd'hui, dans le secteur de la mode, une marque se doit d'être durable et tous les efforts doivent être faits pour améliorer la façon dont les vêtements sont produits, depuis les matériaux que nous achetons jusqu'aux personnes qui travaillent pour notre marque. Et nous, en tant que clients, de réduire la quantité de vêtements que nous jetons.

Et...maintenant ?

L'industrie de la mode connaît des changements structurels visant à transformer les processus de production,

l'approvisionnement en matériaux et le rôle important que jouent les travailleurs dans la production d'un vêtement. Ce n'est pas un mystère que nous portons les mêmes vêtements qu'il y a plusieurs siècles. Regardez ce que vous portez en ce moment, vous verrez que peu de choses ont changé au fil des ans, mais nous mettons toujours la Terre en danger et nous nous mettons nous-mêmes en danger à (pas si) long terme.

La technologie est là pour nous aider à créer de nouvelles voies pour changer et améliorer la façon dont nous faisons ce que nous faisons, et l'industrie de la mode est un acteur majeur de nos vies, pour le meilleur ou pour le pire.

Les nouveaux matériaux et les nouvelles technologies tels que la FA dans l'industrie de la mode pourraient et doivent être la réponse aux préoccupations liées au changement climatique et à la durabilité. Elles devraient conduire à un nouvel ensemble de valeurs tournant autour de la beauté et de la joie de l'expression personnelle.

Maintenant que nous avons fait le point sur la mode imprimée en 3D, laissez votre esprit vagabonder sur les possibilités de fusionner la fabrication additive et la mode...

[Andreina Martinez Tancredi](#) est l'ambassadrice de Women in 3D Printing pour Valladolid, en Espagne, et candidate à un master en innovation et technologie dans le domaine de la création de mode à l'Université polytechnique de Madrid, en Espagne. Elle est titulaire d'un diplôme d'ingénieur en aéronautique avec une spécialisation en gestion de projet, et possède plus de six ans d'expérience dans différents domaines de l'aviation civile et de l'industrie automobile, tels que la gestion des risques, des opérations, de la qualité et des projets. Actuellement, elle s'intéresse au mélange entre la mode et la technologie et à leur contribution possible à l'industrie aérospatiale, ainsi qu'à la façon dont la fabrication additive peut aider à résoudre des problèmes majeurs dans l'industrie de la mode.



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

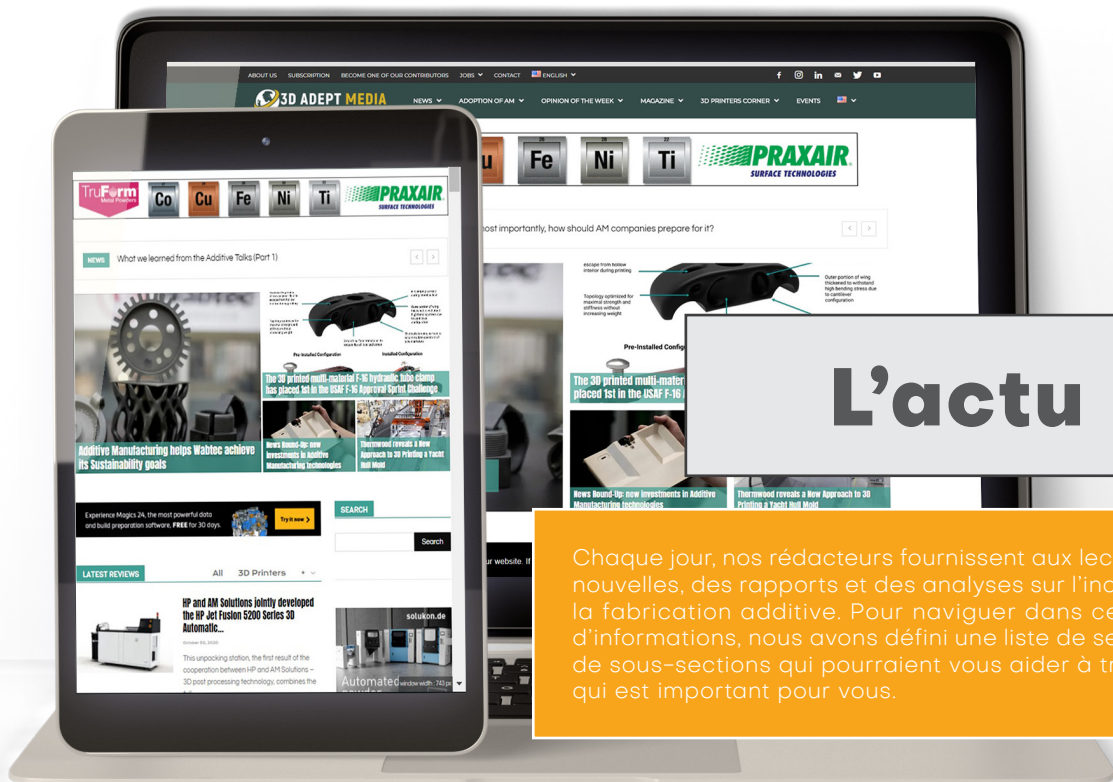
The only thing is that, once you've decided that Additive Manufacturing/3D Printing is right for your project/business, the next step might be quite intimidating. In their quest for the right technology, be it by email or during 3D printing-dedicated events, professionals ask us for advice or technical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

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

More importantly, an important focus is to enable potential users to leverage the latest developments in Additive Manufacturing. Therefore, companies can only feature their latest developments, new and upgraded solutions in the catalogue.

| | |
|-------------|--------------------------------------|
| Dossier N°1 | Metal additive manufacturing |
| Dossier N°2 | Post-processing for 3D printed parts |
| Dossier N°3 | Carbon fiber 3D printing |
| Dossier N°4 | Ceramic 3D Printing |
| Dossier N°5 | Dental 3D printing |
| Dossier N°6 | Composites 3D Printing |
| Dossier N°7 | Hybrid manufacturing |
| Dossier N°8 | Large format 3D printing |

Would you like to feature your AM technology? – Contact us!
contact@3dadept.com



L'actu FA

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

**AVEZ-VOUS DES INFORMATIONS RELATIVES À
L'IMPRESSION 3D OU UN COMMUNIQUÉ DE PRESSE À PUBLIER?**

Envoyez un email à contact@3dadept.com



NEWS



RAPPORTS



PROMOTIONS



COLLABORATION



contact@3dadept.com

www.3dadept.com

+32 (0)4 86 74 58 87

Rue Borrens 51, 1050 Bruxelles - BELGIQUE

A QUEL POINT LES MÉTAUX SONT-ILS RECYCLABLES ET IMPRIMABLES EN 3D ? F3NICE SE CONFIE.

Nous nous souviendrons du printemps 2020 comme d'une période de confinements qui a conduit à l'arrêt de plusieurs activités dans le monde. Pour **Luisa Elena Mondora** et **Matteo Vanazzi**, outre la pandémie qui a touché leur pays bien-aimé - l'Italie - encore plus que la plupart des pays, le printemps 2020 s'accompagne également du souvenir de la création du F3nice. Les deux cofondateurs ont en fait eu l'idée de **F3nice** en 2019, à la suite d'une analyse des industries du pétrole et du gaz. Avec le démantèlement des actifs offshore pour les plus anciens champs pétroliers de la mer du Nord, et l'inventaire numérique pour la production à la demande et «juste à temps» de pièces détachées, ils ont étudié les possibilités d'utiliser des déchets de haute valeur issue de la décomposition offshore pour alimenter un projet d'économie circulaire. Ils ambitionnaient ainsi de produire une matière première imprimable en 3D durable qui pourrait renforcer l'utilisation de la FA métal et, en particulier, l'initiative d'inventaire numérique.

Comme vous avez pu le voir dans notre interview avec Equinor dans cette édition de 3D ADEPT Mag (page 23), le projet de F3nice a pris de l'ampleur au fil du temps et a même suscité l'intérêt d'Equinor Ventures qui a signé une lettre d'intention avec la start-up italienne. F3nice a l'ambition d'être à la hauteur de son nom - dont la prononciation est similaire au mot italien pour Phoenix, «Fenice» (l'oiseau qui obtient une nouvelle vie en surgissant des cendres de son prédécesseur) - en s'approvisionnant en ferraille et en pièces désaffectées et en les transformant en poudre métallique imprimable en 3D.

Dans cette série de questions-réponses, nous avons posé à **Mondora** 7 questions pour nous aider à comprendre à quel point les métaux sont recyclables et imprimables en 3D.



Luisa Elena Mondora (droite) et Matteo Vanazzi

3D ADEPT Media (3DA) : Quels sont les services proposés par l'entreprise ?

Mondora : F3nice vend des matières premières de FA métallique durables et de haute qualité, avec un processus qui permet d'économiser plus de 90 % des émissions par rapport au processus standard. Pour certains utilisateurs finaux, F3nice offre la possibilité de recycler leur propre stock mort, la ferraille, et d'acquérir la matière première métallique fabriquée à partir de celle-ci, en accord avec leur mandat de durabilité vers l'économie circulaire et la réduction des émissions de CO2.

3DA : Selon vous, quelles sont les étapes clés du cycle de vie de la production de poudre ?

Mondora : Je dirais que le choix de la technologie d'atomisation n'est pas suffisamment pris en compte lors du choix de la matière première pour un processus de FA. Parlons des matériaux standard, tels que les aciers inoxydables, les alliages Inconel et autres. Aujourd'hui sur le marché, nous voyons des poudres fabriquées par atomisation à l'eau et IGA (atomisation sous gaz inerte) commercialisées vers des procédés d'impression très complexes tels que la fusion sur lit de poudre. Étant donné que le coût de la matière première ne représente qu'une fraction très limitée du coût du processus de FA, pourquoi se contenter d'une poudre de qualité inférieure (en termes de morphologie, de rhéologie et d'autres caractéristiques) qui peut conduire à des propriétés inférieures sur l'artefact imprimé, alors que la matière première VIGA (atomisation par gaz inerte sous vide - en anglais, vacuum inert gas atomization) donne une qualité supérieure ? C'est la raison pour laquelle nous avons choisi VIGA comme technologie d'atomisation pour l'usine de F3nice pour ces matériaux.



3DA : Ces étapes sont-elles nécessairement les mêmes lorsque vous utilisez des déchets pour produire des poudres ?

Mondora : Le tri et la préparation de la ferraille sont essentiels pour garantir la qualité standard élevée de la poudre et la répétabilité du processus ! Étant donné que le choix de la technologie d'atomisation est l'un des choix les plus importants que nous avons dû faire lorsque nous avons conçu notre usine de production.

3DA : Pouvons-nous recycler tous les types de poudres métalliques AM, les déchets et les rebuts ?

Mondora : Avec la technologie VIGA, nous pouvons travailler avec tous les matériaux, à l'exception de ceux qui nécessitent une température de fusion plus élevée, comme le titane. Pour les alliages de titane (et d'autres alliages de grande valeur, qui nécessitent des lots plus petits), nous envisageons d'utiliser un deuxième atomiseur qui permet la fusion par plasma du métal d'entrée.

3DA : La poudre recyclée a-t-elle les mêmes caractéristiques et propriétés que la poudre d'origine ?

Mondora : Oui ! Nous avons effectué une impression d'essai pour des spécimens de traction et d'élongation en utilisant la poudre F3nice sur une imprimante EOS M290, en utilisant les paramètres d'impression standard 316, puis nous avons imprimé les mêmes spécimens avec la charge d'alimentation de la marque EOS. L'Université de Stavanger a effectué des tests mécaniques sur les deux séries de spécimens et les résultats étaient alignés ; les différences dans les propriétés mécaniques étaient dans la plage d'erreur de la machine d'essai !

3DA : Prenons l'exemple du procédé de FA, largement utilisé : la fusion sur lit de poudre. Peut-on récupérer les poudres imprimables 3D F3nice4S dans une

production donnée et les réutiliser ? (Si possible, combien de fois ?)

Mondora : La poudre F3nice est identique à toute autre poudre de haute qualité produite avec la technologie VIGA et peut être réutilisée pendant le processus d'impression autant de fois (le nombre dépend de l'alliage spécifique). La valeur ajoutée est que, lorsque la poudre est considérée comme « épuisée », l'équipementier peut contacter F3nice et demander qu'elle soit recyclée au lieu d'avoir à l'éliminer (à un coût élevé) en tant que déchet dangereux. F3nice peut fournir ce service non seulement pour ses produits mais aussi pour toute poudre.

3DA : Nous savons que F3nice croit en un monde plus durable et s'efforce de jouer son rôle dans cette mission essentielle, mais dans quelle mesure vos produits/processus sont-ils durables ?

Mondora : Grâce à l'utilisation de 100% de ferraille comme matière première, à un mix énergétique très positif (nous sommes basés en Norvège où, selon electricitymap.org, plus de 95% de l'énergie provient de sources renouvelables) et à un processus breveté efficace pour le traitement de la ferraille, nous sommes en mesure d'économiser plus de 50% d'énergie et plus de 90% de CO2 par rapport au même produit fabriqué dans le reste de l'Europe (par exemple en Allemagne) avec un processus standard.

3DA : Y a-t-il autre chose que vous aimeriez partager ?

Mondora : Nous venons de signer un contrat d'un an avec Equinor pour le traitement de leurs déchets, et la matière première qui en est issue sera utilisée pour imprimer des pièces pour la mise en service du champ Johan Castberg, près de Hammerfest, par Fieldmade - dans un véritable écosystème d'économie circulaire !

TÉLÉCHARGEZ VOTRE COPIE GRATUITE DU DERNIER NUMÉRO



SCAN ME



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



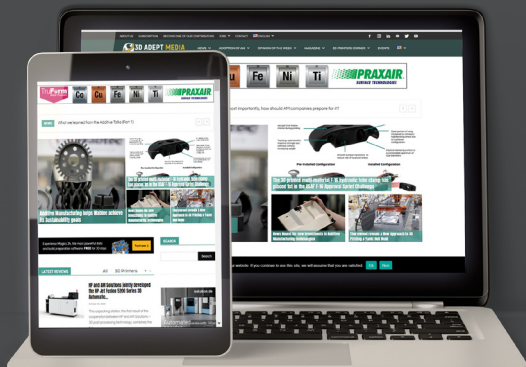
3D Adept est une société de communication dédiée à l'industrie de l'impression 3D. Nos médias fournissent en anglais et en français, les dernières tendances et analyses de l'industrie de l'impression 3D. 3D Adept Media comprend un média en ligne et un magazine bimestriel, 3D Adept Mag. Tous les numéros 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

Contactez - nous !!!

contact@3dadept.com

www.3dadept.com

+32 (0)4 89 82 46 19

Rue Borrens 51, 1050 Brussels - BELGIUM

AM Solutions Catalogue 2022

AM SOLUTIONS

—
INTERNATIONAL
CATALOGUE
2022

Edited by 3D ADEPT MEDIA

**INDUSTRIAL
3D PRINTERS &
POST-PROCESSING
SOLUTIONS**

Published by 3D ADEPT Media

Ready for the 2022 International Catalogue of Additive Manufacturing Solutions ?