



## EN COUVERTURE

# Industrialisation Le défi des grandes séries

Les industriels sont chaque jour plus nombreux à lorgner les différentes techniques d'impression 3D. Aujourd'hui inadaptées pour la production de masse, elles pourraient convenir aux besoins des grands groupes dans un avenir proche.

**L'**impression 3D se démocratise à vitesse grand V dans l'industrie. Perçue comme une technologie limitée à la réalisation de prototypes il y a encore quelques années, la fabrication additive – par dépôt et fusion de couches successives de matériaux – est en passe de s'installer durablement dans tous les secteurs d'activités. Total, PSA Peugeot-Citroën, Airbus, General Electric, Siemens... « tous les grands groupes s'y intéressent et commencent à se demander à quel endroit de la chaîne de production il serait le plus rentable de l'introduire », assure Georges Taillandier, président de l'Association française de prototypage rapide (AFPR). Arrivée dans son premier stade de maturité, la technologie a prouvé

qu'elle était digne d'être sérieusement envisagée pour la production en série d'objets et d'outils. Elle permet en effet de réaliser des objets complexes, variés et de qualité à des coûts compétitifs. Elle permet aussi de réagir rapidement à la demande et de limiter les stocks et l'outillage nécessaire à la fabrication.

### » Les industriels scrutent les avancées de l'impression 3D

Et pourtant, les grandes lignes d'assemblage que nous connaissons aujourd'hui ont encore un peu de répit. Tous ceux qui s'intéressent de près à la question vous le diront : l'impression 3D n'est pas faite pour la production de masse, pas prête pour la fabrication de grands volumes, de

millions de pièces standards ou personnalisées. « Impression 3D et grandes séries sont deux choses peu compatibles ! », assure Georges Taillandier.

Premier écueil, et de taille : le temps de fabrication, encore trop élevé par rapport au coût des pièces. « La technologie n'est pas du tout optimisée pour cela : les machines sont lentes par rapport à de la fabrication traditionnelle et elles sont chères. On ne peut pas en mettre mille dans une usine », observe Clément Moreau, directeur de Sculpteo, entreprise française spécialisée dans la fabrication d'objets à la demande par impression 3D. À plusieurs centaines de milliers d'euros la machine industrielle, les investissements à réaliser seraient... colossaux. Autre obstacle, celui des matériaux qu'elles sont aujourd'hui capables d'imprimer – céramique, caoutchouc et autres filaments de bois. « Le problème n'est pas qu'ils sont de mauvaise qualité, c'est surtout qu'on les connaît mal », explique Georges Taillandier. Peu d'études ont pour l'instant été menées sur la façon dont ils se comportaient réellement une fois mis en fusion. En Europe et aux États-Unis, les démarches de normalisation ont néanmoins débuté. L'Union française de normalisation de la mécanique y a pris part et a récemment proposé la création d'un comité technique européen sur la question. Dernier verrou, « le manque de formation des ingénieurs », souligne le président de l'AFPR, jugés pas assez au fait du fonctionnement et des possibilités offertes par la fabrication additive. Mais là encore, les choses commencent à changer avec l'apparition d'organismes de formation spécialisés et agréés, comme le FabShop ou les formations de l'antenne lilloise des Arts et Métiers ParisTech.

Bien qu'elles soient minoritaires, il est pourtant des branches où l'impression 3D et grandes

## » Les filières à la pointe

» Dans son rapport de 2013 sur « l'état de l'industrie de la fabrication additive », le cabinet de consulting Wohlers Associates recense les filières qui produisent déjà des pièces via cette technologie. À savoir : le spatial, l'automobile, le médical, mais aussi les secteurs de l'art, de la mode et du jouet. Spécialisé dans l'impression de pièces 3D à la demande, Sculpteo réalise ainsi des séries de plusieurs dizaines de milliers de pièces, « essentiellement pour de petits ou gros industriels du secteur de l'électronique, boîtiers, clips et petits éléments mécaniques », indique Clément Moreau,

son directeur général.

Dans l'aéronautique, des sous-traitants de Dassault Aviation impriment déjà des pièces destinées aux avions et aux drones, pas plus de quelques centaines par modèle, quand General Electric prévoit que plus de 100 000 pièces fabriquées en 3D se trouveront dans les moteurs LEAP construits par CFM, sa co-entreprise avec Safran. Dans l'industrie automobile, « la technologie devient intéressante à partir de séries de quelques centaines de pièces, car la tendance est à la personnalisation des véhicules », affirme Georges Taillandier.

## IMPRESSION 3D

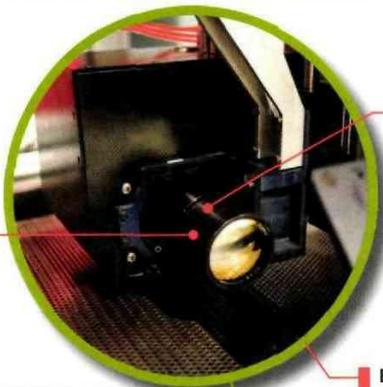
La procédé original de PME française MovingLight du groupe Gorgé, imprime 10 fois plus vite que ses concurrents utilisant des technologies à balayage laser grâce à des diodes UV et un DLP.

### À LA VITESSE DE LA LUMIÈRE

» JEAN-FRANÇOIS PREVÉRAUD  
jfppeveraud@industrie-technologies.com

#### » FICHE TECHNIQUE

**Marque** Prodways  
**Modèle** M350 Producer  
**Volume utile**  
840 x 660 x 550 mm  
**Épaisseur des couches**  
0,05 à 0,15 mm  
**Précision**  
500 000 pixels par couche  
**Résolution**  
32 µm  
**Dimensions**  
190 x 201 x 225 cm  
**Poids** 1 500 kg



#### LED UV

La source lumineuse est constituée de modules de LED UVA haute puissance travaillant à une longueur d'onde de 365 nm, refroidis par circulation de fluide. L'utilisation de LED haute puissance (20 W) accélère la polymérisation de la résine et facilite l'utilisation d'une gamme plus large de photo-initiateurs dans les résines utilisées.

#### MIROIRS

Le projecteur est constitué d'une puce DLP (digital light processor) qui comporte 2 millions de miroirs montés sur charnières. Ceux-ci, 5 fois plus fins qu'un cheveu, font dévier ou pas le faisceau lumineux vers un point de la surface de la résine à polymériser. Cela permet d'obtenir une image de base comportant 1920 x 1080 pixels.

#### REFROIDISSEMENT

Afin d'assurer une durée de vie importante à l'ensemble du vidéo-projecteur, celui-ci est maintenu à une température comprise entre 20 et 25 °C par un système de refroidissement liquide doté d'un échangeur thermique.



#### CALCUL

Afin de créer les images unitaires et de les positionner correctement les unes à côté des autres, en pilotant très précisément le système MovingLight, de nombreux calculs temps réel sont nécessaires. Plusieurs brevets ont été déposés, tant sur le système de contrôle des déplacements que sur le positionnement relatif des images unitaires.



#### DÉPLACEMENT

Le système breveté de déplacement du vidéo-projecteur (MovingLight) permet de couvrir rapidement une grande surface avec une multitude de petites images de base (3 x 6 cm) à haute résolution (32 µm), et de créer ainsi à la surface de la résine plus de 500 000 millions de pixels par couche.

#### MATÉRIAUX

La polymérisation UV d'une résine liquide spécifique codéveloppée avec Dreve permet de créer des modèles précis avec des matériaux stables ayant de bonnes propriétés mécaniques, physiques et esthétiques. À l'avenir, l'utilisation de pâte chargée en céramique, métal, nanoparticules et fibres améliorera, entre autres, la tenue à ultra-haute température.

## EN COUVERTURE



### » Ils sont déjà passés à l'impression en grande série

► **Peu mis en avant par les médias...** et pourtant pionniers sur l'impression 3D. Chez les fabricants de prothèses auditives et dentaires, des produits sur-mesure réalisés jusqu'ici de manière quasi artisanale, le procédé a permis depuis une dizaine d'années

de faire chuter prix et temps de fabrication. Plus besoin de moules pour une prothèse audio: le scan de l'oreille, la modélisation numérique et l'impression sont désormais les seules étapes précédant l'ajout de l'électronique. Les imprimantes conçues

par la société allemande Envisiontec seraient capables de fabriquer 65 appareils auditifs en moins de 90 minutes, et, selon un expert, il y aurait déjà plus de dix millions de prothèses auditives imprimées en circulation dans le monde. Côté dentaire,

on a massivement recours à l'impression 3D pour les bridges, couronnes et gouttières. Près de 17 millions de gouttières individuelles Invisalign auraient d'ailleurs été réalisées en 2012 sur 55 imprimantes conçues par le leader mondial 3D Systems.

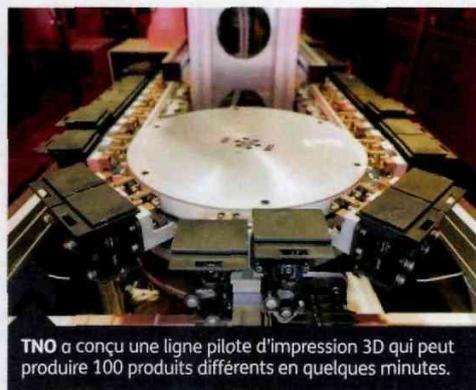
►►► séries font bon ménage: ceux de la prothèse dentaire et auditive. L'impression 3D « de masse » est-elle pour autant vouée à se borner aux dispositifs de santé sur mesure? Rien n'est moins sûr. « Si les pièces réalisées de cette manière présentent une vraie valeur ajoutée, le surcoût pourra être accepté », prédit Clément Moreau. Voilà pourquoi les poids lourds de l'automobile et de l'aéronautique, en quête de pièces toujours plus techniques, scrutent les avancées dans ce domaine. Récemment, certains ont laissé penser que la fabrication additive rapide et en grande série ne serait bientôt plus une chimère.

Le constructeur hollandais d'imprimantes 3D professionnelles MaukCC a présenté fin 2012 un prototype disposant de quatre têtes d'impression, la CartesioLMP. Celle-ci permet de réaliser une pièce avec plusieurs matériaux, plusieurs couleurs ou – et c'est sans doute le plus intéressant – d'en imprimer jusqu'à huit à la fois. Une façon de réduire les investissements et l'espace consacré à ces machines. En Italie, la start-up Fabtotum est parvenue à associer différentes techniques de fabrication dans un cube de 36 centimètres de côté. Elle s'apprête à commercialiser une imprimante 3D « tout en un » intégrant également un scanner 3D et une fraiseuse à commande électronique – capable d'usiner des pièces en cuivre, aluminium, bois ou mousse. De quoi gagner en réactivité lors de nouvelles commandes. Outre-Manche, des travaux menés par l'univer-

sité de Cranfield avec BAE Systems ont débouché sur la production par fabrication additive d'une pièce en titane de 1,2 mètre de long. Une performance tant les objets de grande taille sont encore difficiles à réaliser. Pour fabriquer ce longeron – l'un des éléments principaux de la structure de l'aile d'un avion – 37 heu-

res seulement ont été nécessaires, contre plusieurs semaines avec les méthodes traditionnelles. Trop long pour de la grande série, mais ce temps risque d'être encore raccourci...

D'autres voient plus grand pour faire chuter davantage les temps de fabrication. Aux Pays-Bas, l'organisme de recherche indépendant TNO a présenté fin 2011 une ligne pilote préfigurant ce à quoi pourrait ressembler la fabrication additive rapide dans les usines du futur. La machine consiste en cent mini plateformes de quelques centimètres de côté circulant rapidement en cercle sur une chaîne de production. Chacune peut contenir des matériaux différents et déposer la matière sur l'objet à construire (avec une précision de 0,1 millimètre) ou passer au-dessus sans rien faire. Intérêt: « Une centaine de produits différents peuvent être construits en quelques minutes seulement », vante TNO dans la brochure de présentation. Pour le moment, seuls du plastique et des encres conductrices peuvent être imprimés.



TNO a conçu une ligne pilote d'impression 3D qui peut produire 100 produits différents en quelques minutes.



MaukCC a lancé l'imprimante 3D CartesioLMP, capable de fabriquer quatre pièces en même temps.

### » Le frittage haute vitesse: un procédé à vocation industrielle

Au nord de l'Angleterre, Neil Hopkinson, du département d'ingénierie mécanique de l'université de Sheffield, a breveté dès 2003 un nouveau procédé à vocation industrielle, le « high speed sintering » (HSS, frittage haute vitesse). Dans le système qu'il a conçu, un rouleau d'impression multiplie les allers-retours au-dessus d'une plaque pour y déposer la matière,

CARTESIO: TNO

## IMPRESSION 3D

Envisiontec a mis au point un photopolymère chargé de verre pour produire en 3D des prothèses dentaires temporaires.



quand un second rouleau fixé au premier se charge du frittage – le chauffage d'une poudre sans atteindre la fusion – par infrarouge. Classé en 2013 dans la catégorie des technologies émergentes par le cabinet spécialisé Wohlers Associates, le frittage haute vitesse aurait quelques avantages. « Le procédé associe robustesse des pièces et taux de production élevé. On s'est aussi aperçu qu'il permettait dans de nombreux cas d'augmenter la ductilité des éléments imprimés, c'est-à-dire leur capacité à se déformer sans se briser, par rapport aux autres techniques de frittage existantes », raconte Neil Hopkinson. « À l'avenir, ces machines HSS seront sans doute intégrées aux côtés de celles spécialisées dans le moulage par injection dans les usines où l'on produira en grandes séries. Car leur taux de production potentiel est comparable, pour peu que l'on en installe un grand nombre. »

Si les imprimantes 3D ne remplacent pas encore les moules à injection et autres outils, certaines servent déjà à les fabriquer. C'est le cas chez Michelin, selon Georges Taillandier, où l'on fait appel à la fabrication additive pour créer les outils d'usinage de pièces, servant à « dessiner » les pneus, au rythme de plusieurs centaines par jour. « L'avenir de cette technologie est du côté des nouveaux matériaux et des nouvelles formes », prédit l'expert. Reste à voir si la production de masse fera aussi parti de son avenir. ✕

ENVISIONTEC

➤ GABRIEL SIMÉON  
redaction@industrie-technologies.com