



MANUFACTURING

L'impression 3D bien partie pour révolutionner l'industrie

Déjà utilisées dans l'industrie et le design pour les phases de prototypages, les imprimantes 3D sortent de cette enclave. Moins chères, plus précises, rapides et capables de travailler sur une grande variété de matériaux, elles pourraient bouleverser la production.

Du modèle 3D à l'objet physique en quelques clics, telle est la promesse de l'imprimante 3D. Inventé dans les années 80, le concept s'appuie sur la technique de la stéréolithographie (SLA). Son but : disposer d'une machine pouvant produire un objet de manière autonome, en lui soumettant simplement un fichier 3D réalisé avec un outil de CAO du marché. Ces machines, au départ réservées aux laboratoires, connaissent un brusque développement dans les années 2000. Leur prix, en chute libre, les rend accessibles à de plus en plus d'entreprises. On voit même apparaître des imprimantes 3D personnelles ! Autre avancée significative, l'arrivée de techniques additives, sous le label Additive Manufacturing. Elles s'opposent aux machines-outils traditionnelles, de technologies soustractives, qui, pour atteindre la géométrie souhaitée, retirent de la matière, à un bloc d'aluminium par exemple.

Un outil de choix pour le marketing et le design

Z Corporation, notamment, a acquis en 1995 une licence de la technologie d'impression mise au point par le MIT (Massachusetts Institute of Technology) : ses imprimantes ZPrinter réalisent une fabrication d'objets laminés en projetant un liant dans une poudre

Simples vues de l'esprit il y a encore quelques années, les imprimantes 3D quittent les bureaux d'études et de design pour se faire une place dans les unités de production.

composite. C'est la technologie LOM (Laminated Object Manufacturing). Particularité de ces machines : elles s'appuient sur des têtes d'impression jet d'encre standards HP, « dont la conception a nécessité un investissement de 500 millions de dollars par le constructeur, et qui nous permettent de proposer des imprimantes robustes et de haute résolution », note Joe Titlow, vice-président en charge des produits chez

Z Corporation. Ce dernier fournit des modèles monochromes, mais aussi polychromes, qui servent à la production de prototypes d'appareils électriques ou de bouteilles de shampoing, en incluant l'application des logos et stencils habituellement réalisée au stade du packaging sur la chaîne de production. « Cette technique est très utilisée par les services marketing ou ceux de vente, notamment pour l'étude des »



■ *packagings*, ajoute Joe Titlow. *Ainsi, les boucles de validation entre l'équipe de design et le client sont extrêmement rapides.* » Parmi les plus gros utilisateurs de ZPrinter figurent la marque de cosmétiques Ambers, qui valide ainsi ses flacons avant de lancer leur production, ou Reebok, qui imprime en 3D ses prototypes de chaussures de sport destinés aux sous-traitants asiatiques.

Les imprimantes 3D rendent possible l'automatisation de réalisations personnalisées

Le procédé est simple d'emploi et sans danger : la machine se recharge avec des cartouches de matière. Aucun gaz n'est émis, aucun n'est rejeté. L'imprimante peut donc être installée dans un bureau. Z Corporation annonce en avoir vendu 6 000.

Toutefois, la surface des objets produits ainsi n'est pas parfaite. Elle laisse apparaître les couches d'impression, ce qu'aime à souligner Richard Scherer, directeur des ventes régionales aux Etats-Unis d'Envisiontec. « *Avec notre technologie, il n'y a absolument aucune couche visible dans les objets générés, car nous travaillons sur une notion de voxels (volumetric pixels ou pixels 3D).* » L'entreprise allemande s'appuie sur la polymérisation de résines par lumière visible ou ultraviolet. Avantage ? Une qualité de surface impres-

sionnante, d'une précision qui atteint 15 µm (microns). Envisiontec s'est donc positionné sur le prototypage rapide dans l'aéronautique, le jouet, l'automobile, mais aussi la production de bijoux et de prothèses dentaires.

Car le secteur médical présente un très gros potentiel de développement pour les imprimantes 3D. Par définition, les prothèses sont uniques et personnalisées pour chaque client : ce type d'impression rend possible l'automatisation de la réalisation. Envisiontec est d'ailleurs impliqué dans un projet avec le centre de recherche en matériaux de Freiburg, afin de réaliser le 3D Bioplotter, une imprimante capable de générer des tissus humains destinés à être réimplantés sur un patient.

Les géants de l'impression commencent à se positionner

Pour sa part, Stratasys a misé sur la technologie FDM (Fused Deposition Modeling), dont le principe est de déposer un filament plastique en fusion selon une trajectoire calculée pour former l'objet souhaité lors du refroidissement. Jesse Roitenberg, responsable formation de cette société américaine, souligne les avantages de la technique : « *Nous pouvons recourir à des matériaux de qualité et durables. Et notamment réaliser des moules qui seront utilisés par la suite pour le produit final.* » Ce procédé permet l'emploi des thermoplastiques courants dans

Technologies phare

● SLA

Procédé : solidification d'une résine liquide par exposition à un rayon laser UV.

Matériaux : photopolymères.

Applications : produits de grande consommation, pièces mécaniques, maquettes d'architectes.

● FDM

Procédé : dépôt d'un filament de plastique en fusion.

Matériaux : plastiques ABS, polycarbonates, PC-ISO, Ultem, PPSF/PPSU.

Applications : produits de grande consommation, maquettes d'architectes, enseignement.

● EBM

Procédé : fusion de poudre de titane par faisceau d'électrons.

Matériaux : titane.

Applications : pièces mécaniques.

● SLS

Procédé : fusion des matériaux à l'état de poudre par un laser de forte puissance.

Matériaux : polymères, nylon, polystyrène, métaux, alliages, composites, céramiques, cires.

Applications : pièces mécaniques, implants médicaux, moules, outillage.

● LOM

Procédé : dépôt de couches successives solidifiées par un liant.

Matériaux : papier, plastiques, composites.

Applications : prototypes de produits, modèles d'architecture, figurines, géospatial.



l'industrie, dont les combinés polycarbonate/ABS. Il revendique 20 000 installations dans le monde, la moitié aux Etats-Unis et le reste en Europe, notamment en Allemagne et en France. Preuve de l'expansion de ce marché, les géants de l'impression tels que Canon et HP s'y intéressent. Ce dernier commercialise d'ailleurs sous sa propre marque certaines des imprimantes de Stratasys (la gamme HP Designjet 3D proposant les modèles Dimension uPrint de Stratasys).

Chaque technologie a ses avantages et ses limites, rendant certaines applications possibles ou non. Ainsi, le frittage stéréolithographique sert à fabriquer des pièces totalement irréalisables par moulage. Bernard Faure, responsable

technico-commercial du bureau français de Proto Labs, précise : « *Les pièces produites par impression 3D ne subissent pas le stress de l'injection : leur résistance mécanique est donc différente de celle de la pièce qui sera produite au final.* »

Si la flexibilité et la rapidité d'exécution de ces imprimantes en font des outils de plus en plus indispensables pour le prototypage rapide, ces machines commencent à se frayer un chemin vers les ateliers de production. Terry Wohlers, analyste spécialisé dans ce domaine, estime qu'aujourd'hui plus de

20 % des imprimantes 3D actuellement déployées servent aux industriels pour fabriquer des produits finis et non plus seulement des prototypes. Et, selon lui, à l'horizon 2020, la moitié d'entre elles seront utilisées en production.

Des bureaux d'études aux ateliers de production

Stratasys est certainement le constructeur le plus avancé dans cette démarche. Il propose déjà des gammes d'imprimantes sous deux marques différentes, Dimension et Fortus. La première vise les bureaux d'études et de design, avec des modèles de petite capacité, dont les prix démarrent à moins de 15 000 dollars. La seconde réunit des machines de plus forte capacité, à l'attention des prototypistes mais aussi des entreprises qui réalisent des pièces finales. Cette gamme répond notamment à une critique habituellement faite aux imprimantes 3D : la faible taille de leurs enceintes. Les fabricants répliquent habituellement qu'il suffit de coller les pièces, comme en modélisme. Mais avec son modèle de production Fortus 900mc, équipé d'un bac de 91,4 cm x 61 cm x 91,4 cm, il devient possible d'imprimer des pièces plastiques de grande taille. BMW réalise des outillages par ce moyen pour son usine de Regensburg. Klock Werks Kustom Cycles, un fabricant de motos sur mesure, l'utilise pour les pièces plastiques.

Là encore, le temps est capital : il faut traditionnellement de quatre à six semaines pour concevoir un moule avant de pouvoir produire les pièces en



L'AVIS DE L'UTILISATEUR

Clément Moreau, fondateur de Sculpteo

« Nous nous adressons à ceux qui ont besoin de réaliser de petites séries »

Avec notre service, les industriels obtiennent leur devis en ligne en cinquante secondes. C'est la grande différence par rapport aux prototypistes classiques. Nous nous adressons à ceux qui ont besoin de réaliser des petites séries, comme des boîtiers électroniques. Selon la taille de la pièce, la technologie est pertinente jusqu'à quelques centaines d'exemplaires. Autre avantage : alors qu'avec les technologies traditionnelles il faut réaliser un moule, ce qui demande

jusqu'à six semaines, nous pouvons, avec l'impression 3D, fournir une maquette en quarante-huit à soixante-douze heures.

En dehors du marché des avatars 3D pour les particuliers, nous produisons beaucoup d'objets marketing. Mais aussi des maquettes de bâtiments pour les architectes. Pour faire valider un design chez le client, rien ne vaut un modèle que ce dernier observe et, éventuellement, prend en main.



Matériaux friables, bacs d'impression trop petits...

les contraintes des premières imprimantes 3D sont peu à peu corrigées dans les modèles les plus récents. La Fortus 900mc de Stratasys est ainsi capable d'imprimer en grande taille.

■ question. Cette même opération ne prend que quelques heures avec une imprimante 3D.

Si ces machines sont capables de générer des objets sur des plastiques de plus en plus durs, la nouvelle frontière des professionnels du secteur concerne les matériaux dits nobles, soit principalement les métaux. i.materialise, l'équivalent américain de Sculpteo, propose plusieurs matériaux à son catalogue : l'aluminium, mais aussi, autrement

La réalisation des moules ne prend que quelques heures contre quelques semaines classiquement

plus dur, le titane. La technologie dite SLS (Selective Laser Sintering) permet de réaliser des objets métalliques. Un laser de forte puissance ou un faisceau d'électrons vient littéralement tracer la pièce dans la poudre de matériaux. L'industriel EADS exploite cette technologie pour créer des pièces en titane. De même, des éléments du F35 Joint

Strike Fighter – le futur avion de combat de l'Usaf (United States Air Force) et de l'Otan (Organisation du traité de l'Atlantique nord) – seront conçues à l'aide du procédé additif EBM (Electron Beam Melting), une technique voisine utilisant un faisceau d'électrons à la place du laser.

Des contraintes de fabrication

Ces procédés, notablement plus coûteux que l'impression stéréolithographique, par exemple, ont atteint le stade commercial. En Europe, l'Anglais MTT Technologies Group, le Suédois Arcam et l'Allemand Eos proposent de telles machines. Les contraintes de fabrication sont pourtant nombreuses. « Les clients demandent du métal, mais la technologie n'est pas encore prête à une large diffusion. Le prix d'une imprimante 3D monte jusqu'à un million d'euros si l'on veut le frittage laser », assure Clément Moreau, le fondateur de Sculpteo.

Et de renchérir : « Ce qui la rend inaccessible aux bureaux d'études, car il faut non seulement investir dans la machine, mais aussi disposer d'un atelier et d'un opérateur spécialisé. Cette technologie est également trop contraignante. Par exemple, lors de la fabrication de la pièce, la température peut monter jusqu'à 800°. Ce qui pose des problèmes de dilatation différentielle de

la pièce en cours de fabrication : elle se tord. Il faut donc souder un support à la machine et mettre en place des aiguilles pour que cette pièce conserve sa géométrie lors de la fabrication. C'est un vrai métier d'ingénieur. »

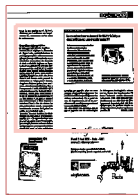
Imprimantes et machines-outils numériques sont complémentaires

Devant le raccourcissement des délais demandés par les industriels, les prototypistes traditionnels, c'est-à-dire travaillant avec des machines-outils classiques, remettent en cause leurs processus. Leurs machines restent irremplaçables sur les matériaux les plus nobles, et gardent une longueur d'avance sur plusieurs plans : « En ce qui concerne les pièces de petite taille, une imprimante 3D permet d'obtenir des résultats très rapidement et à un prix très inférieur, explique Jason A. Revelle, responsable projet chez l'Américain Prototype Solutions. Pour de plus gros volumes, la machine à commande numérique est plus compétitive, de même qu'elle est incomparable en termes de précision. » Les construc-

UN MODÈLE TRÈS RÉALISTE

L'impression 3D couleur permet d'obtenir en quelques dizaines de minutes (pour un objet de la taille d'un mobile) ou en quelques heures (quand il est volumineux) un résultat dont l'apparence reprend en tout point celle de l'objet final. Une aubaine pour le marketing et la communication.

Prototypage de multimètre imprimé en 3D



teurs de ces systèmes, tel Roland, n'hésitent pas à se frotter aux imprimantes 3D, notamment sur les coûts de maintenance.

Tout dépend du matériau et de la complexité de la pièce

Bernard Faure explique la démarche de Proto Labs, spécialisée dans le prototypage rapide : « *Nous avons une offre par fraisage de blocs plastiques, en aluminium ou en laiton. La demande de devis et de délai s'effectue en ligne, le client nous faisant parvenir par téléchargement son modèle 3D, à partir duquel notre logiciel réalise l'analyse plasturgiste de la pièce. Nous sommes capables d'établir un devis détaillé en deux à trois heures, et de garantir la réalisation en vingt-quatre heures, cinq jours, dix jours, quinze jours maximum, selon la complexité de la pièce.* » Pour parvenir à un tel délai (alors qu'il est habituellement de l'ordre de six semaines), l'entreprise américaine a choisi de concentrer sa production en un lieu unique et, surtout, a repensé son informatique. « *Nous disposons aux Etats-Unis de l'un des clusters les plus puissants au monde, composé de centaines de serveurs. Soit près d'un millier de processeurs Intel.* »

Toutefois, Bernard Faure ne se considère pas en concurrence avec les imprimantes 3D : « *Chaque technologie a ses pour et ses contre. Dans l'automobile, par exemple, les sous-traitants doivent réaliser les pièces prototypes dans le bon matériau pour qu'une validation*

PAS SEULEMENT POUR LES PROTOTYPES

Le constructeur automobile BMW fabrique des outils avec une imprimante 3D

BMW ne se contente pas d'utiliser les diverses technologies d'impression 3D pour créer les prototypes des pièces de ses véhicules. Le constructeur fabrique aussi certains outils avec ces imprimantes. C'est le cas de celui avec lequel les ouvriers fixent les sigles BMW sur les capots des voitures. Quand il était réalisé en aluminium, il fallait dix-huit jours pour le fabriquer et il coûtait 420 dollars. Imprimée en ABS sur une machine de Stratasys, donc en technologie FDM, la pièce est

désormais disponible en un jour et demi, pour seulement 176 dollars. De plus, son poids a été réduit de 72 %.

complète soit possible. Nous ne nous sommes ainsi positionnés que sur les matériaux de bonne qualité (pas sur les résines, entre autres). De ce point de vue, les imprimantes 3D et les machines-outils numériques apparaissent comme complémentaires. » S'il reste encore des obstacles, que ce soit au point de vue des technologies

de frittage ou des logiciels mis en œuvre, l'essor des imprimantes 3D dans l'industrie semble désormais inéluctable. Elles correspondent particulièrement aux scénarios de développement des entreprises qui cherchent à créer des produits de plus en plus personnalisés, le plus rapidement possible. ■ ALAIN CLAPAUD