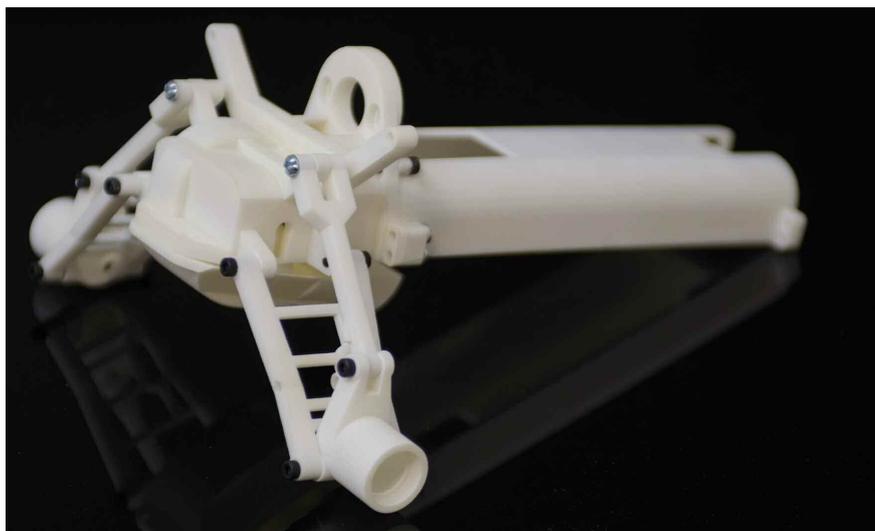


## La 3D, troisième révolution industrielle ?



Pièce fonctionnelle en résine. © 3D Industries.

« Ah zut, j'ai cassé l'hélice du mixer ! »  
« Ce n'est rien, passe-moi la bobine de PLA. Je file au Fab Lab et je t'en rapporte une neuve d'ici une heure. »

Non, ce dialogue n'est pas extrait d'un film de science-fiction ; on pourrait l'entendre dans nos cuisines dès cette année, car la 3D entre dans nos vies grâce à l'électronique, l'imprimante et... la chimie !

Au fait, c'est quoi la 3D ? C'est évidemment les trois dimensions que vous avez sûrement connues dans les salles obscures avec le cinéma en relief, et peut-être dans vos salons avec les téléviseurs HD compatibles 3D. Leur succès commercial n'est pas encore à la hauteur de la réussite technologique car il faut toujours porter des lunettes. C'est une belle prouesse de la chimie avec les écrans plats bourrés de LCD et de dérivés organométalliques de terres rares. Deux images stéréoscopiques arrivent alternativement sur l'écran à une fréquence de 50 ou 100 Hz ; elles sont captées par votre œil droit puis votre œil gauche à la même fréquence grâce à un petit bijou de chimie et d'électronique : les lunettes.

Chaque « verre » en polycarbonate est constitué de deux lames transparentes polarisées et conductrices du courant qui contiennent un cristal liquide nématique sur une épaisseur de 10  $\mu\text{m}$  dont les molécules changent d'orientation sous l'influence d'une impulsion électrique. Les plans de polarisation peuvent donc se mettre alternativement en opposition avec ceux des polariseurs et rendre le verre de lunettes soit noir et opaque, soit transparent. L'alternance gauche/droite est synchronisée avec

les images reçues par le téléviseur grâce à un capteur infrarouge relié à un circuit électronique avec processeur, le tout alimenté par une microbatterie et disposé dans les branches de lunettes. Cristaux liquides, électrodes transparentes, polymère optiquement polarisé, capteur, microélectronique... toutes les innovations de la chimie sont là au service de la miniaturisation.

Tout ça est bien joli me direz-vous, mais reste de la « réalité virtuelle ». Oui, mais la réalité 3D est en train de débarquer chez vous après que des bricoleurs de génie aient dévoyé dans les labos de braves imprimantes à jet d'encre il y a plus de quinze ans. Les imprimantes 3D ont maintenant quitté les labos pour gagner les rayons des supermarchés.

Le principe le plus connu est le dépôt en couches de thermoplastiques projetés par des buses chauffantes commandées par un logiciel qui contient les données géométriques de l'objet à fabriquer. Celui-ci s'élabore alors en couches successives plus ou moins épaisses. C'est le principe FDM (« fused deposition modelling »), où l'imprimante est alimentée par un filament plastique d'environ 0,1 mm, la buse étant à environ 150-250 °C.

D'autres imprimantes sont basées sur des principes différents : FTI (« film transfer imaging »), qui utilise un photopolymère ; MJM (« modelage à jets multiples »), qui mélange par exemple des couches d'acrylate et de polypropylène ; SLA (« stereo lithography apparatus »), où un laser UV durcit les couches de résine ; et SLS (« selective laser sintering »), où des dépôts successifs

de poudres sont frittés par un laser IR. On voit que certains de ces principes sont dérivés du prototypage rapide.

Depuis 2010, les imprimantes 3D se démocratisent ; on peut maintenant en acheter à des prix compris entre 300 et 2 000 € et les scanners 3D débutent à 300 €. Internet peut vous fournir en téléchargement libre les bases de données de fichiers 3D numériques d'objets divers (jouets, figurines...). Pour alimenter l'imprimante, on trouve non pas de l'encre, mais des bobines de filaments en ABS (acrylonitrile butadiène styrène) – le même que les briques de LEGO –, coloré ou non, en PLA (acide polylactique) biodégradable. Théoriquement, tous les polymères thermoplastiques peuvent convenir : le polycarbonate, le PMMA (polyméthacrylate de méthyle), le PEHD (polyéthylène basse et haute densité). On trouve aussi le nylon, qui peut être transparent, coloré ou luminescent, et le PLA chargé en paillettes d'aluminium, qui donne aux objets fabriqués l'apparence du métal. On peut même fabriquer des objets ayant l'apparence du bois grâce à un filament composite d'une résine chargée avec de la sciure de bois.

Même si les prix d'acquisition baissent et si les consommables sont à des prix relativement raisonnables – 30 € pour une bobine de filaments en ABS ou PLA –, les investissements de machines plus perfectionnées et de scanners 3D peuvent être mutualisés. C'est ce que font des associations, des municipalités, pour des maisons de jeunes ou de quartier, en ouvrant des « Fab Lab » avec quelques imprimantes, des ordinateurs et un scanner 3D. Ces ateliers de fabrication encouragent l'entraide et la transmission des compétences en mutualisant les instruments de cette nouvelle technologie.

Plus folklorique, un centre de recyclage de bouteilles de lait, en partie en PEHD, issu de l'Université du Michigan. Cette start-up commercialise l'unité « recycle boot » qui permet de fabriquer par extrusion 1 kg de filament pour votre imprimante à partir de vingt bouteilles recyclées.

Plus inquiétant, la base de données d'un fichier 3D d'un pistolet en plastique « liberator » mise sur le net par un étudiant, Cody Wilson. Il comporte seize pièces plastiques et un percuteur en métal (comme l'exige la loi américaine) et est capable de tirer de vraies balles.

Après une percée timide dans l'alimentation avec l'imprimante 3D « de cuisine » alimentée en chocolat, la 3D s'attaque à l'immobilier. Le programme américain « Urban Initiative Policy » s'intéresse à la maison du futur : la NASA, avec l'institut Cal Earth, finance une imprimante géante avec un robot qui projette du béton à partir de données numériques stockées sur ordinateur. Si la NASA l'a rêvé... les Chinois l'on fait avec une imprimante géante de 32 m x 10 m x 8 m alimentée en béton liquide et qui prétend faire dix maisons en 24 heures, à des prix défiant toute concurrence.

Nous ne sommes plus très loin de la science-fiction lorsque la 3D s'immisce en biochimie et dans le domaine médical. Elle prend le relai du prototypage rapide pour les prothèses adaptées au patient après collecte des données numériques de l'IRM. Pour le vivant, après l'emballage médiatique provoqué par un chirurgien américain, Anthony Atala, qui présenta en 2011 lors d'une grande conférence internationale un « rein imprimé » qui n'avait rien de fonctionnel et n'était qu'une structure de rein en plastique sur lequel avaient été déposées des cellules rénales, la biologie et la biochimie se sont emparées du problème. L'enjeu est énorme : comment imprimer des cellules vivantes couche par couche ? Il s'agit donc de reconstituer par bioimpression un tissu humain qui fonctionnerait comme un tissu d'origine. L'imprimante est alimentée par une « bio-encre », un liquide ou un gel contenant des cellules à travers des buses qui produisent de fines gouttelettes se fixant sur un substrat. Pour piloter l'imprimante, il faut bien sûr des logiciels complexes qui exigent la collaboration entre le génie informatique et les spécialistes de l'ingénierie des tissus et des organes. Actuellement, on est capable d'imprimer un ensemble organisé de cellules sur un substrat de collagène sur lequel elles peuvent se développer, mais il reste encore à lui superposer un ensemble de réseaux vasculaires par lequel le sang va les alimenter et les faire vivre. Aux États-Unis, plusieurs équipes travaillent sur ce verrou « technico-biologique ». La société californienne Organovo, qui a fait un malheur à son introduction en bourse, a réalisé des avancées spectaculaires dans le domaine. Elle a présenté en janvier un tissu imprimé de foie qui produit la même albumine et le même cholestérol qu'un foie réel. Dès lors, on peut rêver d'une clinique spécialisée

dans l'impression où l'on viendrait se débarrasser d'un organe défectueux pour le remplacer par un autre qui aura été imprimé à partir de nos propres cellules.

Malgré les progrès réalisés au cours de ces dernières années, les experts pensent qu'il faudra encore attendre trente ou quarante ans avant d'imprimer des organes complexes. En France, plusieurs laboratoires travaillent dans ce domaine ; on peut citer une équipe Inserm de Bordeaux qui a mis au point une nouvelle bio-imprimante laser.

Alors, même si les « big pharma » ont les yeux de Chimène pour la bioimpression, est-on au seuil de la troisième révolution industrielle ? Une usine chez vous, où vous pourrez fabriquer tout objet utile ou futile avec votre

ordinateur ou votre tablette, en cliquant non sur « imprimer », mais sur « fabriquer » ? Ou des « Fablab cafés », offrant aux particuliers des machines plus grandes et plus puissantes ? Plus vraisemblables, des PME spécialisées qui fabriqueront des prototypes ou des petites séries pour les industries. On peut déjà citer dans cette optique Sculpteo, en banlieue parisienne, qui offre aux entreprises divers services et fabrications à partir de fiches 3D de CAO, et aussi Ceradrop à Limoges, issue du laboratoire des céramiques, qui exploite des brevets CNRS, notamment pour des circuits électroniques sur substrats. Comme toujours, ce sera les études de coûts qui trancheront.

Jean-Claude Bernier,  
le 8 juin 2014



Wax-up pour fonte (application dentaire). © 3D Industries.



CeraPrinter X-Serie : machine de dépôt de matériaux par jet d'encre pour la R & D avancée en électronique imprimée et impression 3D intelligente.  
© Ceradrop