

d'un outillage particulier et un assemblage long et complexe de plus d'une dizaine de composants. Elles sont désormais imprimées en 3D en titane, en une seule fois. L'impression 3D a permis une réduction importante des coûts. De plus, la pièce a été redessinée en prenant en compte les possibilités de l'impression 3D, ce qui a produit un élément plus ergonomique, grâce auquel la consommation de carburant des appareils a été réduite.

Très utilisée en architecture pour la réalisation de maquettes, l'impression 3D par frittage laser peut aussi s'appliquer au secteur du bâtiment. L'ingénieur italien Enrico Dini est ainsi à l'origine de la technique *D-Shape* pour imprimer du sable solidifié ou du béton. Son système utilise un procédé similaire au frittage laser, en fusionnant les particules de matière dans un dispositif de grand volume.

Dans la même famille des techniques de liage de poudre, la 3DP (pour *3D Printing*), est une technique mise au point au MIT dont les droits d'utilisation ont été vendus à plusieurs entreprises en 1995. Ainsi, les imprimantes 3D de la marque *Z Corporation*, aujourd'hui propriété de l'entreprise *3D Systems*, utilisent cette technique qui consiste à encoller couche après couche, par déposition de microgouttes de colle, les particules de poudre d'un matériau composite.

Des imprimantes personnelles pour moins de 500 euros

Les avantages de la 3DP sont sa rapidité d'impression (croissance de plusieurs centimètres par heure dans la direction verticale, l'une des plus élevées du marché) et sa capacité à imprimer en couleurs (plus de 390 000 couleurs sur les modèles les plus avancés). La texture obtenue est rugueuse et légèrement sableuse, et les objets produits cassants et fragiles. Les impressions par 3DP sont idéales pour des présentations scientifiques, pour visualiser un prototype, pour réaliser des maquettes ou des figurines, mais conviennent mal à la production de pièces finies utilisées au quotidien.

La baisse rapide du coût des machines est l'un des principaux facteurs du déploiement de l'impression 3D auprès des particuliers. Il est aujourd'hui possible de s'équiper d'une imprimante 3D personnelle pour environ 300 euros. Ces machines

bon marché ont des performances assez rudimentaires, mais elles permettent de réaliser rapidement des pièces en plastique de petite taille.

Les sites de financement collaboratif, tels *Kickstarter* et *Indiegogo* aux États-Unis, *KissKissBankBank* et *Ulule* en France, facilitent le lancement de nouvelles imprimantes plébiscitées directement par les particuliers. L'un des derniers projets en date, *Peachy*, mené par l'ingénieur canadien Rylan Grayston, vise à commercialiser une imprimante 3D à 100 dollars (80 euros) fondée sur une technique originale de stéréolithographie (où le laser est guidé par un signal audio-numérique engendré par l'ordinateur à partir du fichier 3D de l'objet).

La technique matérielle et ses coûts ne représentent cependant qu'une partie des difficultés associées à l'impression 3D. Aujourd'hui, la phase de modélisation des objets reste le principal frein à la diffusion massive de ces techniques de fabrication.

■ BIBLIOGRAPHIE

M. Berchon, *L'impression 3D*, Eyrolles, 2013 [site Web attentant : www.serialmakers.com].

B. Pettis *et al.*, *Imprimer en 3D avec la MakerBot*, Eyrolles, 2014.

C. Anderson, *Makers - La nouvelle révolution industrielle*, Pearson, 2012.

L'impression 3D au service des scientifiques

Les laboratoires de recherche scientifique sont de grands utilisateurs de matériels produits en petites quantités et qui sont donc vendus à des prix assez élevés. Une partie au moins de ces équipements peuvent aujourd'hui être fabriqués par impression 3D, ce qui permettrait aux laboratoires à la fois de s'équiper à des coûts inférieurs et d'avoir du matériel bien adapté à leurs besoins plutôt que du matériel standard.

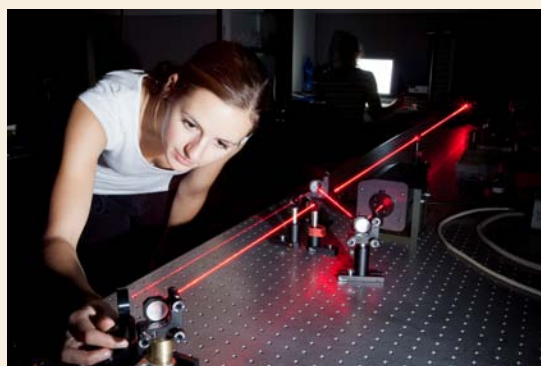
Le laboratoire de biologie dirigé par Jonathan Eisen, à l'Université de Californie à Davis, est un de ceux qui ont franchi le pas. Grâce à une imprimante 3D achetée environ 1 500 dollars et installée dans le laboratoire, ce dernier se confectionne notamment des peignes à électrophorèse en plastique pour un coût de 0,21 cent l'unité, alors qu'auparavant il devait les acheter 51 dollars pièce !

Joshua Pearce, chercheur en génie des matériaux à l'Université technologique du Michi-

gan, aux États-Unis, milite pour l'utilisation de matériel libre ou à source libre par les scientifiques. Il fait notamment le parallèle avec la généralisation des publications à accès libre et des logiciels libres dans certains milieux scientifiques, chez les physiciens en particulier. Selon lui, les scientifiques ont intérêt à développer un mouvement analogue pour ce qui concerne le matériel ; il invoque les exemples d'*Arduino* (une plate-forme libre et participative qui développe des micro-contrôleurs électroniques), et du projet *RepRap* d'imprimantes 3D libres.

Notamment, J. Pearce souligne qu'en utilisant le catalogue *Thingiverse* de fichiers 3D libres, on peut par exemple imprimer en 3D et à faible coût (de l'ordre de 30 fois inférieur à celui du commerce) du matériel nécessaire à des expériences d'optique (voir la photographie ci-dessous), tel que des supports de lentilles.

Enfin, l'impression 3D peut aussi aider les scientifiques dans leurs efforts intellectuels. Par exemple, l'impression 3D facilite beaucoup la réalisation de modèles moléculaires, grâce auxquels on visualise mieux les structures chimiques.



© Shutterstock.com / i g h p o e t

Il existe plusieurs façons d'obtenir un fichier 3D : créer un modèle à l'aide d'un logiciel de modélisation 3D, scanner l'objet grâce à un scanner 3D ou télécharger et modifier un fichier 3D déjà existant.

La première méthode, la création d'un modèle à l'aide d'un logiciel, est celle qui donne le plus de liberté, mais c'est aussi la plus complexe. Les utilisateurs qui ne maîtrisent pas déjà un logiciel professionnel de modélisation (tels CATIA, SolidWorks ou Blender) peuvent toutefois se tourner vers des logiciels plus simples, utilisables directement en ligne et gratuitement (tels SketchUp, Tinkercad ou 123D).

La deuxième méthode, qui consiste à scanner en 3D un objet pour en obtenir le fichier 3D descriptif, se développe aussi. Il existe de nombreux modèles de scanners 3D – appareils permettant de recueillir les données géométriques d'un objet tridimensionnel et de les analyser pour en construire un fichier descriptif. Mais ils sont souvent coûteux, et des solutions alternatives sont proposées. Ainsi, la Kinect, capteur de mouvement qui équipe la console Xbox de Microsoft, est utilisée

dans de nombreux projets de scanners 3D domestiques. Dans d'autres projets, tels que *Structure Sensor* de la jeune pousse californienne Occipital, on élabore des solutions logicielles permettant à des téléphones ou des tablettes de jouer le rôle de scanner 3D.

Comme je l'ai mentionné, la troisième possibilité pour obtenir le fichier modélisant un objet est d'utiliser un fichier 3D déjà existant. De fait, les catalogues de fichiers 3D proposés en ligne se multiplient.

DANS QUELLE MESURE LA CIRCULATION des objets et de leurs fichiers 3D peut-elle être libre ? La question est encore sans réponse.

Le plus populaire d'entre eux est *Thingiverse*. Créé sous l'égide de *MakerBot-Stratasys*, ce catalogue regroupe plusieurs centaines de milliers d'objets dont le fichier 3D est téléchargeable.

Cela nous amène à l'une des grandes interrogations liées à l'impression 3D. Faciliter la reproduction des objets soulève en effet des questions d'ordre juridique. Qu'a-t-on le droit de fabriquer ? Comment protéger le droit de ceux qui ont créé ou inventé

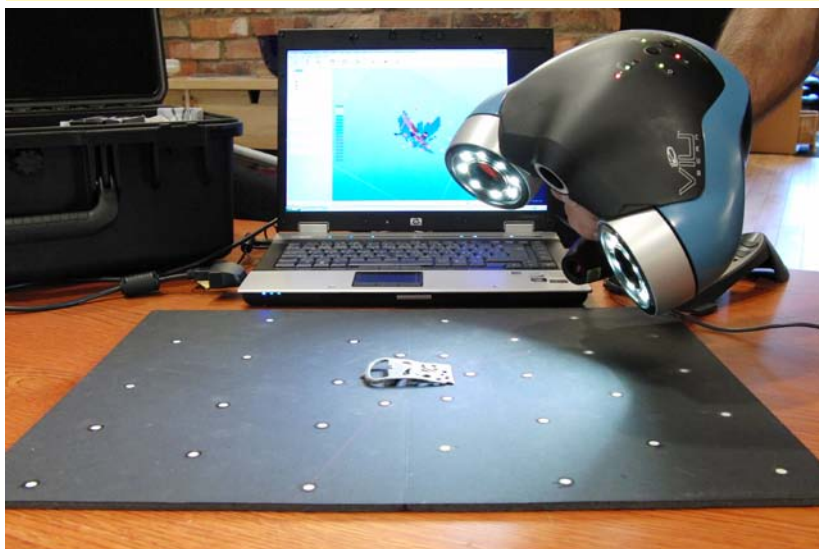
un objet, si l'on peut copier ce dernier si facilement, que ce soit en se procurant son fichier 3D ou en scannant l'objet ? À titre d'illustration, on peut citer le cas de Cody Wilson. Ce jeune Américain libertaire a beaucoup fait parler de lui en mettant à disposition sur Internet les fichiers 3D d'une arme à feu entièrement imprimable, essentiellement en plastique. Ces fichiers ont été téléchargés plus de 400 000 fois avant d'être interdits par le gouvernement américain.

Dans quelle mesure peut-il y avoir libre circulation des objets et de leurs fichiers 3D ? Toutes ces questions n'ont pas encore de réponses et, sur le plan juridique, on peut s'attendre à de nombreux développements, sans doute accompagnés de vives batailles entre les différents camps.

Cependant, l'avenir de l'impression 3D se joue aussi et surtout sur le plan technique. Il s'agit de dépasser les limitations actuelles de la fabrication additive, tant en termes de coûts qu'en termes de performances (résolution, rapidité, qualité du produit, etc.). De nombreux travaux de recherche et développement portent sur l'extension de la gamme de matériaux se prêtant à l'impression 3D, en particulier afin de pouvoir imprimer avec des matériaux plus durables ou plus innovants que la résine ou l'ABS.

DE L'OBJET À SON FICHIER 3D

Imprimer un objet en trois dimensions nécessite une description de l'objet dans un format informatique qui permet de commander l'imprimante. Le format de fichiers qui s'est imposé est le STL (*Standard Tessellation Language*). Pour créer le fichier 3D correspondant à un objet, il existe deux possibilités. La première est de modéliser l'objet en trois dimensions à l'aide d'un logiciel approprié. La seconde est de scanner l'objet, c'est-à-dire de recueillir à l'aide d'un appareil spécifique les données visuelles nécessaires à la description de l'objet dans ses trois dimensions. La photographie ci-contre montre ainsi un scanner portable à laser en action autour d'une boucle de ceinture viking datant d'un millier d'années. Le fichier 3D ainsi obtenu a permis de réaliser, par impression 3D, une copie de ce vestige archéologique.



© Creative Tools, Halmstad (Suède)

Des avancées attendues

L'impression 3D à base de métal est l'un des terrains d'expérimentation les plus avancés, mais certains laboratoires cherchent aussi à mettre au point des machines permettant d'imprimer en trois dimensions des circuits électroniques. À l'Université Stanford, un groupe d'étudiants a ainsi construit une machine *RepRap* capable d'imprimer de l'encre conductrice au sein d'une impression 3D plastique classique. Au MIT, le groupe de recherche *Mediated Matter* dirigé par Neri Oxman expérimente entre autres avec des matériaux « intelligents » capables de s'adapter à leur environnement. Un objet imprimé avec ce type de matériaux pourrait par exemple devenir plus souple ou plus résistant par endroits, en fonction des contraintes physiques qui s'exercent sur l'objet.

Le groupe de N. Oxman effectue aussi des expériences portant sur l'impression 3D de grands volumes, aspect qui reste l'un des points faibles des techniques de fabrication additive. La plupart des objets qui nous

entourent ne peuvent pas être réalisés d'une seule pièce par impression 3D, les machines existantes ne pouvant imprimer que de faibles volumes. Cependant, le constructeur allemand *Voxeljet* s'est spécialisé dans les imprimantes 3D industrielles pour grands formats. L'un de ses modèles a un volume d'impression de $4 \times 2 \times 1$ mètre, ce qui représente environ huit fois la capacité moyenne des autres machines. Mais il fait encore exception.

Personnalisation de masse ?

Malgré ses limitations actuelles, l'impression 3D est porteuse de grandes promesses, relayées par les médias et par certains acteurs du domaine. Sa force, par rapport aux techniques de fabrication classiques, est d'offrir la possibilité d'inventer de nouvelles formes d'objets, plus complexes, que l'on peut de surcroît personnaliser et mieux optimiser.

Si l'expansion de l'impression 3D se poursuit, elle devrait entraîner de notables



4. UN MODÈLE DE LAMPE créé par le studio de design *Nervous System* (Massachusetts, États-Unis) à l'aide de l'impression 3D.

mutations industrielles, économiques et commerciales. Les designers et ingénieurs industriels doivent déjà penser en dehors des cadres de fabrication utilisés jusqu'ici. Par ailleurs, parce que l'impression 3D est mieux adaptée à une production locale, à l'unité et à la demande, d'aucuns pensent qu'elle pourrait enrayer le déclin industriel des pays occidentaux. Et si l'impression 3D se démocratise au point que la plupart des particuliers deviennent propriétaires d'une imprimante, toute la chaîne de production habituelle, avec ses nombreux intermédiaires (fabricants, distributeurs, transporteurs, stockeurs, vendeurs) risque d'être bouleversée et simplifiée à l'extrême. Les particuliers deviendraient créateurs et producteurs directs des objets qui les entourent.

L'impression 3D nous ferait alors entrer dans un monde où la production de masse serait remplacée par des objets fabriqués localement et à la demande par l'utilisateur final – un monde où la fabrication de masse des objets aura cédé la place à leur personnalisation de masse. ■



LA MARCHÉ DES SCIENCES

Découvertes, inventions, aventures savantes au fil de l'Histoire

Aurélie Luneau
14h-15h / chaque jeudi



franceculture.fr



SCIENCE