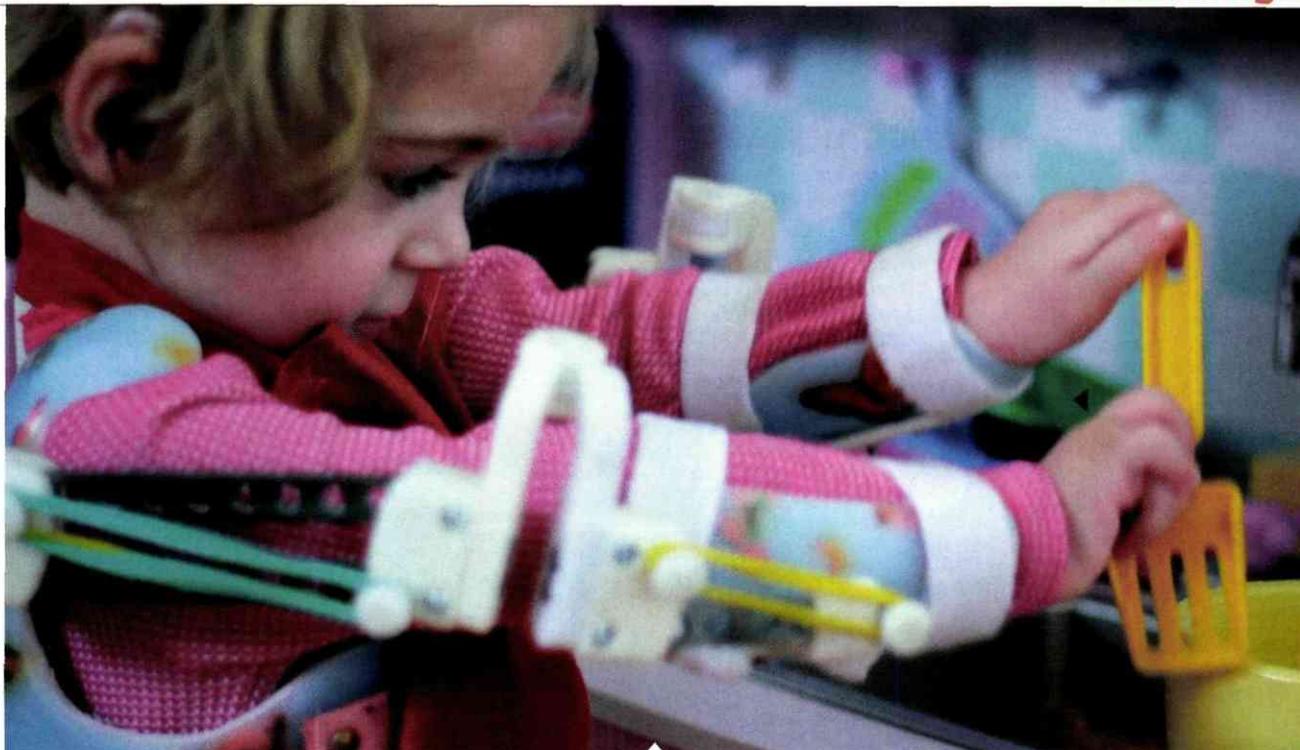


HIGH-TECH
Technologie



STRATASYS

Un exosquelette fabriqué sur mesure en impression 3D permet à une petite Américaine de 4 ans de compenser l'atrophie des muscles de ses membres supérieurs. Les exosquelettes classiques en métal ne sont pas adaptés à sa taille.

plus avoir de limites : des plastiques classiques comme l'ABS (acrylonitrile butadiène styrène), des bioplastiques comme le PLA (polyacide lactique), du polystyrène, des mousses, mais aussi des résines, du bois, de la céramique, des métaux et autres produits singuliers comme... les cellules. L'équipe de Paul Calvert, du département matériaux et textiles de l'université du Massachusetts (États-Unis) travaille en effet sur la fabrication d'organes à partir d'imprimantes à jet de cellules vivantes. Ambition : maîtriser le « bioprinting » pour réparer le corps humain en imprimant du cartilage ou d'autres tissus, même s'il est encore trop tôt pour parler de création d'organes complexes. Une approche explorée aussi par le Cornell Creative Machines Lab, un laboratoire de l'université Cornell (État de New York), mais qui a développé en parallèle... une imprimante à gâteaux ! Les débuts de la « gastronomie numérique » en quelque sorte (2). Quant à Enrico Dini, l'exubé-

rant patron de la société de BTP Monolite, installée à Londres, il a conçu D-shape, une imprimante 3D géante avec laquelle il ambitionne d'être le premier à imprimer une maison à partir de sable et d'un liant, ingrédients de base d'une véritable pierre synthétique. Plus fort encore : avec l'ESA (Agence spatiale européenne) et le cabinet d'architectes Foster + Partners, il travaille sur un concept de base lunaire imprimée à partir des matériaux trouvés sur place. De grandes pièces peuvent en effet être conçues par les imprimantes de dernière génération : les ateliers du Centre français du développement rapide de produits en Europe (Cirtes) ont ainsi réalisé en 2012 des statues de taille humaine, comme celle de Coco Chanel envoyée au Japon pour l'ouverture d'une boutique de la marque

de luxe. « Ces pièces ont été faites par stratoconception : les couches sont réalisées directement dans le matériau en plaque par la machine, puis assemblées par empilement. Il n'y a donc pas de limite en hauteur », explique Claude Barlier, directeur général du Cirtes et directeur de l'Institut supérieur d'ingénierie de la conception (Insic). « Nous disposons d'une machine de stéréolithographie qui nous permet de faire des pièces de 1,5 m de long. Nous l'avons utilisée pour fabriquer un tableau de bord de voiture monté sur le prototype d'un constructeur », affirme de son côté Quentin Kiener, le président fondateur de la société 3D Prod. Ces projets reposent sur les mêmes bases technologiques. Tout commence par la conception numérique de l'objet. Des logiciels gratuits comme Sketchup permettent de modéliser en ligne, d'autres, réservés aux professionnels, comme Catia, aident à concevoir un modèle 3D de la pièce à réaliser. « Ce modèle est ensuite converti en STL, un format universel qui réalise un maillage de »



LE + NUMÉRIQUE

Démonstrations et explications en vidéo de l'impression d'un objet en direct par Romain Pouzol, de la start-up CKAB sur sciencesetavenir.fr



HIGH-TECH Technologie

Six techniques pour imprimer en 3D

Toutes procèdent couche par couche. Elles peuvent être utilisées pour faire des maquettes ou des prototypes fonctionnels (prototypage rapide) ou des moules (outillage rapide) qui serviront à la fabrication de pièces en grande série.

Le fil fondu

Procédé Un fil de plastique thermosensible passe à l'intérieur d'une buse chauffante afin de le liquéfier. Cette dernière se déplace dans le plan et dépose le fil qui durcit au contact du support ou de la couche précédente.

Matériaux L'ABS, un polymère thermoplastique présentant une assez bonne résistance mécanique. Le PLA (acide polylactique), un bioplastique à base d'amidon de maïs, moins résistant que l'ABS.

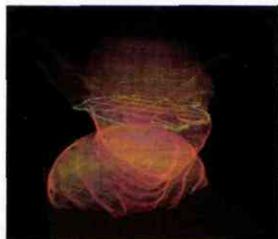
Le PVA (alcool polyvinylique), un plastique soluble dans l'eau. Il peut être utilisé pour soutenir la structure d'un objet pendant l'impression. Il est ensuite éliminé en trempant l'objet dans l'eau.



1. Le modèle 3D à imprimer a été téléchargé sur un site de partage.



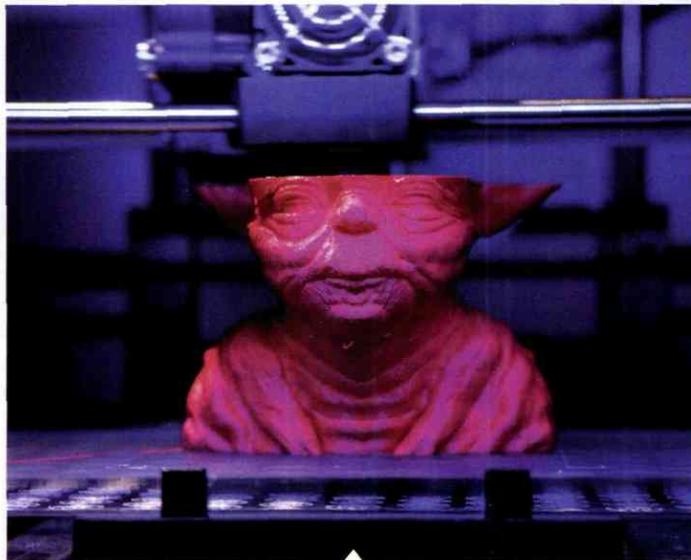
2. Le logiciel de la machine produit le fichier STL où sera déposée la matière.



3. Le tranchage virtuel décrit toutes les couches déposées à l'impression.



4. Dix heures auront été nécessaires pour imprimer ce Yoda de 10 cm environ.



PHOTOS: O. HERTEL, FABERDASHER-THINGVERSE.COM

« Sciences et Avenir » a imprimé en fil fondu un maître Yoda, personnage de *La Guerre des étoiles*, avec une MakerBot Replicator 2.

Jet de matière

Procédé Les buses projettent une colle qui lie les grains d'une poudre. L'intérêt est de pouvoir projeter différents matériaux ou couleurs, ce qui permet de créer des objets aux multiples propriétés mécaniques. Comme une brosse à dents à manche dur, revêtement souple en surface et poils très souples.

Matériaux Le liant, généralement une résine photosensible, est durcie par une lampe UV couche par couche. Elle peut être mélangée à toutes sortes de matériaux présentables sous forme de poudre.

de mélanger à la poudre des particules d'autres matériaux (verre, céramique, aluminium, carbone). La poudre sert alors de liant. Il est même possible de réaliser un alliage métallique à base d'Inox (60 %) et de bronze (40 %). Les particules d'Inox sont alors liées par une poudre de polyamide. L'objet obtenu est ensuite posé sur des cubes de bronze puis passé au four. Le polyamide part en fumée alors que le bronze comble les espaces laissés vides en montant par capillarité.

Matériaux Résine polyamide, élastomère, acier inoxydable, bronze.

Frittage laser de poudre

Procédé Un laser fait fondre la poudre couche par couche. En refroidissant, elle se solidifie. Une nouvelle couche de poudre est ensuite déposée par-dessus. Il est aussi possible

Fusion de poudre

Procédé Un matériau présenté sous forme de poudre est fondu par un laser ou un faisceau d'électrons de forte puissance (1 à 3,5 kW).

Matériaux Métaux sous formes

de poudre, notamment du titane, des alliages de titane, de chrome et de cobalt...

Stéréolithographie

Procédé Un bac est rempli de matière liquide, généralement une résine photosensible, qui durcit sous l'action d'un laser HeCd (hélium-cadmium) ou argon ionisés (Ar+). Un ascenseur immergé dans le bac pousse un plateau qui se positionne sous la surface ne laissant dépasser qu'une fine couche de résine. Le laser dessine sur la résine les contours de la première couche de l'objet. Cet apport d'énergie durcit le matériau par polymérisation. Une fois la couche terminée, un racleur égalise la surface. Puis l'ascenseur descend le plateau pour la deuxième couche. Et ainsi de suite. Quand l'objet est terminé, il est passé au four afin de parfaire la polymérisation.

Les températures dépendront des matériaux utilisés.

Matériaux Résines époxydes photosensibles, aux propriétés proches de celles des matières plastiques.

Stratoconception

Procédé Cette technologie, inventée et brevetée par Claude Barlier, est développée au Cirtes. Un robot découpe à très grande vitesse par laser ou microfraisage rapide, des couches de matériaux, directement dans une plaque. Chaque couche est un morceau de l'objet en 3D. Elles sont ensuite positionnées par inserts ou pontets, voire imbriquées puis assemblées par simple emboîtement, collage ou même soudage.

Matériaux Tous ceux qui existent sous forme de plaques ou de feuilles : bois, plastique, acier graphite, plâtre, céramique...



► points contenant les instructions à envoyer à la machine. Chaque point représente une position et les triangles indiquent de quel côté est la matière», explique Claude Barlier. Puis la machine opère un tranchage virtuel de l'objet, l'épaisseur de ces tranches conditionnant la résolution. Plus elles sont fines, plus les détails sont correctement restitués. « La Replicator 2 de Makerbot peut déposer des couches de 0,1 mm », précise Romain Pouzol, responsable commercial de CKAB, startup parisienne qui distribue les produits de la marque. En strato-conception, on peut obtenir une précision de 0,02 mm, voire 0,01 sur les métaux. Selon le procédé et la résolution choisis, la taille et la géométrie de l'objet, l'imprimante 3D peut alors mettre de quelques minutes à plusieurs jours pour fabriquer l'objet. « Avec la Makerbot, il faut quinze minutes pour faire un cube de 3 cm de côté avec la meilleure résolution. Pour une tasse, il faut compter deux à trois heures », indique Romain Pouzol.

Quelques minutes suffisent pour personnaliser un objet

Bien que la plupart des machines coûtent entre 100 000 et 800 000 €, le marché s'ouvre de plus en plus aux particuliers. Le mouvement prend de l'ampleur avec la multiplication des FabLab, ces petits ateliers très équipés où sont testées de nouvelles techniques (lire S. et A. n° 769, mars 2011). Mais la véritable démocratisation vient de l'émergence de sociétés de services qui ont amplifié la vague « do it yourself » (« fais-le toi-même »). En France, par exemple, la startup Sculpteo, créée en 2009 par Clément Moreau, propose une foule de modèles 3D à personnaliser en ligne grâce à une interface simple : chacun peut manipuler des formes et choisir la taille, l'épaisseur et la couleur de l'objet avant de passer commande. Une opération qui ne prend que quelques minutes. Il est aussi possible de fabriquer ses propres réalisations ou des



Cette base lunaire serait imprimée en 3D, avec des matériaux disponibles sur place (vue d'artiste).

modèles téléchargeables sur des sites communautaires comme Thingsiverse, qui a enregistré 8,5 millions de téléchargements de janvier à juillet 2012 en proposant des milliers de fichiers STL gratuits. Une fois la commande passée, l'objet est fabriqué soit dans l'atelier de Sculpteo à Arreau (Hautes-Pyrénées), soit chez l'un de ses partenaires, puis livré dans la foulée. Une façon pour les inventeurs de contourner le principal obstacle qu'ils rencontraient jusque-là : convaincre les industriels de fabriquer leur création. Certains, comme Cody Wilson, un étudiant texan, illustre d'ailleurs tout le potentiel — et les dérives — d'une telle émancipation : il réussit à fabriquer un fusil d'assaut et a même obtenu un agrément des autorités.

Ce marché pourrait atteindre 3 milliards d'euros de chiffres d'affaires en 2016. Ainsi, l'été dernier, la société américaine Shapeways a inauguré ses locaux à New York et présenté son concept, sorte de mélange entre Facebook et Amazon. D'un côté, chaque « shaper » peut ouvrir sa propre boutique sur le site pour vendre ses modèles d'objets. De l'autre, une usine les fabrique à la demande, les expédie et prélève une commission. Cette « place de marché » pro-

« L'essor va se faire à partir de centres essaimés un peu partout sur le territoire »

Cément Moreau
Fondateur
de Sculpteo

pose déjà des milliers d'objets à fabriquer, loin des standardisations : bouchon d'appareil photo, tasses, bijoux, etc. La société organise aussi des rencontres mondiales (Shapeways World Meetup), notamment à Paris. Le but : mettre en contact les passionnés d'impression 3D et les inciter à contribuer sur le site. La société prévoit de produire à terme 3 à 5 millions d'objets par an. Chez Sculpteo, on imagine une stratégie assez similaire : « Nous pensons vraiment que le développement va se faire par la multiplication de centres de production disséminés un peu partout sur le territoire, qui pourront fabriquer un ou plusieurs types d'objets, à l'unité ou par milliers, pour un marché relativement local », promet Clément Moreau. L'impression 3D dessine-t-elle un nouvel avenir industriel ? « C'est une utopie ! s'insurge Christopher Mims, journaliste à la revue du MIT. C'est ignorer la complexité des processus industriels. » Le Président des États-Unis Barack Obama, lui, veut y croire. Il a affirmé lors de son discours sur l'état de l'Union en 2013 vouloir en soutenir le potentiel en lançant des centres pilotes dans le pays. ■

(1) Auteur de *Makers*, Editions Pearson.

(2) <http://2doc.net/5leiv>