



DÉCRYPTER Techno et micro

FUTUR

L'impression 3D

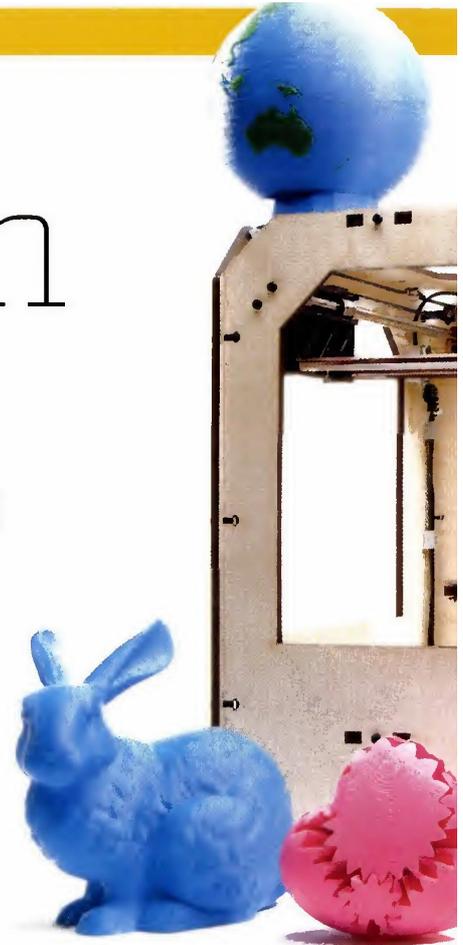
La nouvelle révolution technologique

Pourra-t-on prochainement créer, chez soi, n'importe quel objet en trois dimensions à partir de modèles numériques ? C'est ce que promet l'impression 3D, une technologie dont les seules limites semblent être celles de notre imagination. JEAN-MICHEL MANAT

Les auteurs de science-fiction l'avaient imaginé, les machines capables de fabriquer des objets en 3D sont aujourd'hui devenues une réalité. Initialement développée par le Massachusetts Institute of Technology (MIT) et utilisée dans l'industrie depuis la fin des années 80, la technologie d'impression 3D, dite de « stéréolithographie » profite en effet pleinement des progrès de l'informatique et de la robotique et pourrait prochainement faire son entrée dans les petites entreprises, voire chez les particuliers.

Ajouter de la matière au lieu de la retirer. Pour créer un volume physique, une imprimante 3D procède exactement à l'inverse d'un sculpteur. Alors que ce dernier part d'un matériau brut et s'emploie à l'éroder pour lui donner la forme souhaitée, l'imprimante superpose des couches de matière extrêmement fines les unes sur les autres, en fonction d'un modèle en 3D qui lui a été soumis - c'est la raison pour laquelle cette approche est appelée « fabrication par couches additives » ou ALM (*Additive Layer Manufacturing*). Si les imprimantes 3D d'entrée de gamme ne propo-

sent généralement qu'une ou deux couleurs, les plus évoluées - et donc beaucoup plus chères à l'achat - sont équipées de plusieurs buses ou seringues d'injection permettant de donner à l'objet final autant de nuances différentes. La technologie actuelle présente cependant des limites. D'une part, seules des pièces de taille assez réduite peuvent être produites; d'autre part, la fabrication d'un objet de quelques centimètres nécessite plusieurs heures, même si les machines professionnelles évoluent vers plus de rapidité pour des raisons évidentes de rentabilité. Longtemps, l'impression 3D s'est cantonnée au champ des applications professionnelles, dans l'in-



L'impression 3D
étape par étape



ZPrinter 650. Pour réaliser des impressions 3D, Sculpteo emploie ce modèle pro de Z Corp.



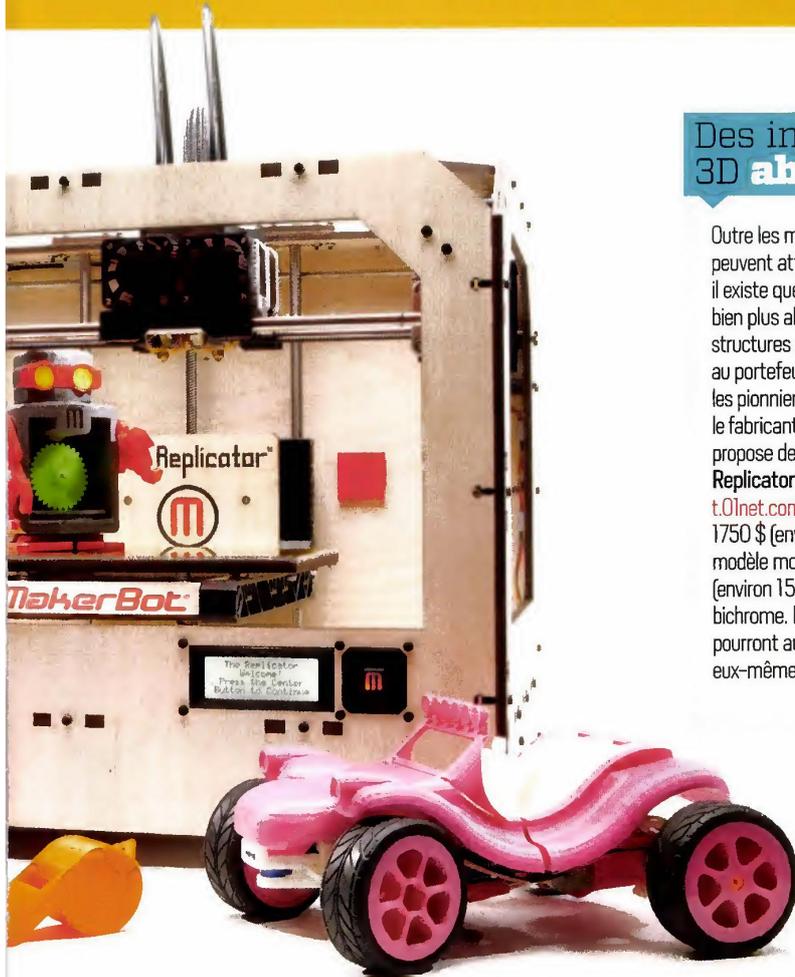
L'impression. Il s'agit d'« empiler » de fines couches de polymère en poudre.



Pas de gâchis. Après l'impression, le surplus de poudre est aspiré et réutilisé.



L'objet créé. Il apparaît dans les restes de poudre et doit être encore traité.



Des imprimantes 3D abordables

Outre les machines pro, dont les prix peuvent atteindre le million d'euros, il existe quelques imprimantes 3D bien plus abordables pour les petites structures ou pour les particuliers au portefeuille bien garni. Parmi les pionniers de leur démocratisation, le fabricant MakerBot Industries, propose depuis peu son **MakerBot Replicator** (voir notre vidéo sur t.01net.com/ar552962) à partir de 1750 \$ (environ 1300 €) pour un modèle monochrome et de 2000 \$ (environ 1500 €) pour la version bichrome. Les plus bricoleurs pourront aussi assembler eux-mêmes leur imprimante 3D

en achetant une **Fab@Home**, un modèle livré en kit (châssis, circuits électroniques, buses d'impression...) pour environ 1200 €. De son côté, HP cible plus les petites entreprises avec son imprimante **DesignJet 3D**, proposée à partir de 12500 € HT (monochrome couleur ivoire) ou de 16200 € HT (huit couleurs). Pour des besoins ponctuels, sachez qu'il est possible de louer ces machines.



DesignJet 3D. À près de 15000 €, en version monochrome, ce modèle HP reste cher, dix fois plus que le MakerBot Replicator (ci-contre).

dustrie (fabrication de pièces techniques) ou la conception et le marketing (réalisation de maquettes en trois dimensions, dites de « prototypage rapide »). Récemment, on a vu apparaître de nouvelles applications dans le monde médical, avec la conception aux Pays-Bas d'une prothèse de mâchoire en titane, qui a pu être implantée à un patient. Des scientifiques ont aussi annoncé avoir réussi à créer, via un système d'impression 3D, des tissus osseux utilisables dans le traitement de l'ostéoporose. On peut ainsi raisonnablement imaginer que, dans un futur proche, les dentistes seront en mesure de fabriquer presque instantanément couronnes et implants au lieu de

faire appel à un prothésiste spécialisé et de nous faire patienter pendant des semaines.

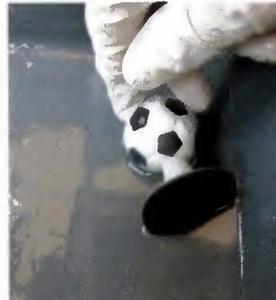
Des services en ligne déjà disponibles. Aujourd'hui, bien que les imprimantes 3D soient encore réservées aux entreprises ou aux passionnés fortunés (voir *encadré*), chacun d'entre nous peut profiter de cette technologie grâce à des sites Internet qui proposent la fabrication d'objets personnalisés. C'est le cas de la société française Sculpteo (www.sculpteo.com). Si vous avez conçu un objet via un logiciel 3D, il vous suffit d'envoyer le fichier numérique (aux formats 3DS, STL ou OBJ) en spécifiant le nombre d'exemplaires que vous souhaitez obtenir



Nettoyage. Le pinceau élimine les particules restantes.



Un souffle d'air. Pour finir le nettoyage, l'objet imprimé est soumis à un puissant souffle d'air comprimé.



Couche protectrice. Un dernier bain permet d'appliquer un peu de vernis.



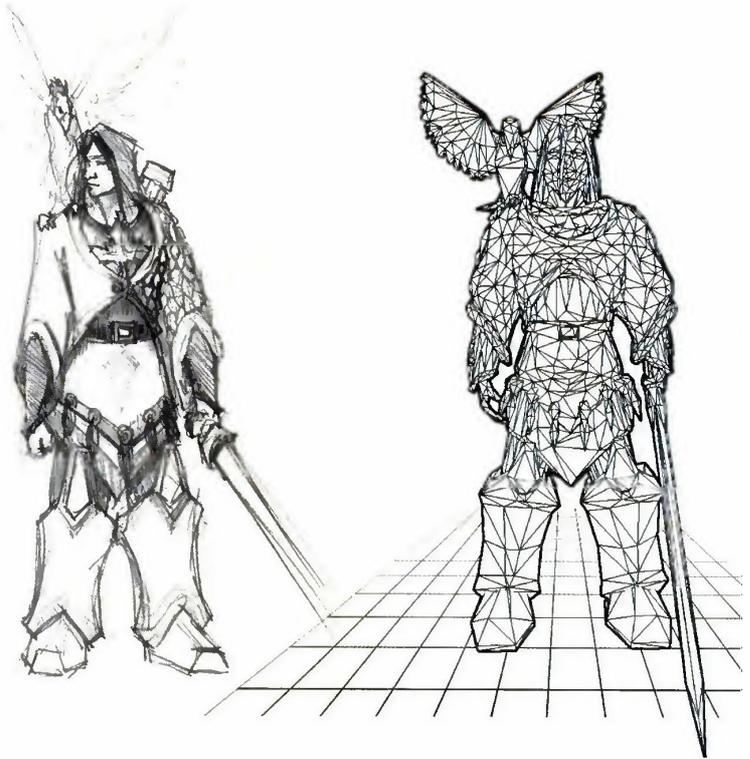
Enfin prêt. L'objet produit est fini et prêt à être envoyé au client qui l'a commandé.

courtesy MakerBot, HP et Sculpteo



Les matériaux utilisables

Les imprimantes 3D n'exploitent pas d'encre, mais des matériaux thermoplastiques, c'est-à-dire ayant la propriété de fondre à une température donnée avant de reprendre leur rigidité initiale. On trouve ainsi différentes variétés de plastiques aux propriétés spécifiques (dureté, élasticité...), mais aussi des cires, des métaux et des polycarbonates. Pour les imprimantes FDM (voir l'encadré sur les techniques existantes), ces plastiques se présentent sous la forme de bobines de fil, homologues de cartouches d'encre des imprimantes traditionnelles. Comptez une quarantaine d'euros pour une bobine de 1 kg. Certaines machines permettent de varier les plaisirs, y compris avec des matières alimentaires. Les responsables du projet Fab@Home (voir l'encadré sur les projets communautaires) affirment ainsi avoir réussi à utiliser avec leur imprimante du silicone, de l'époxy, du plâtre... mais aussi du fromage, du chocolat et de la pâte à modeler !



Fixe ou mobile.
Les imprimantes 3D permettent de créer des objets d'un seul bloc ou avec des éléments articulés.

et d'attendre leur livraison à domicile. Les réalisations physiques de votre modèle tiendront compte de la forme spécifiée et des couleurs et textures que vous lui aviez appliquées. Différentes matières sont disponibles (résines, plastiques...), avec la possibilité de les recouvrir d'un film d'argent pour obtenir un effet métallique. Pour les créations originales, Sculpteo propose un outil de contrôle de la solidité, qui déterminera, en fonction des formes et matériaux utilisés, la viabilité de l'objet. Si vous n'avez pas l'âme d'un sculpteur numérique, vous vous contenterez de personnaliser des objets préconçus (coques pour iPhone, écriteaux ou images en relief, figurines à votre effigie...) avec des outils en ligne très faciles à manipuler.

Un champ quasi infini de possibilités. En se projetant un peu plus dans l'avenir, on aperçoit le vaste champ de possibilités que pourrait ouvrir la généralisation des imprimantes 3D. Vous avez besoin d'une pièce de rechange pour réparer votre grille-pain ou votre tondeuse à gazon ? Inutile de commander la pièce auprès du fabricant, celui-ci vous fournira le modèle numérique correspondant pour que vous la fabriquiez vous-même. Votre enfant voudrait un jouet ou une figurine tout droit sortis de son imagination ? Son rêve deviendra réalité en un clin d'œil - il existe déjà un prototype d'imprimante 3D, baptisée Origo, qui vise cet objectif. Pour disposer d'une poignée parfaitement adaptée à votre main (ou d'une chaussure à votre pied), il vous suffira de former une empreinte sur de la pâte à modeler, de la passer au scanner 3D, puis de la créer dans la matière de votre choix. Combinée à des cir-

Les techniques existantes

Différents procédés sont utilisés pour superposer les fines couches de matière qui constitueront le résultat physique souhaité. L'un des plus répandus, baptisé FDM (pour *Fused Deposition Modeling*), consiste à déposer un à un des filaments très fins (de l'ordre de 0,1 mm) de plastique en fusion. Le modelage à jets multiples (MJM), développé par 3D

Systems, en appliquant des gouttelettes de résine ou de cire, s'apparente plus à l'impression classique à jet d'encre. D'autres techniques, moins répandues, utilisent des rayons ultraviolets (SLS ou Stéréolithographie Apparatus) ou un laser (SLS ou *Selective Laser Sintering*) pour accélérer le durcissement des matériaux pendant la fabrication de l'objet.

courtesy MakerBot, Sculpsis et Fab@Home



Du dessin à l'objet.
À partir d'un dessin, on peut créer un modèle 3D avec les outils appropriés, puis une figurine avec une imprimante 3D.

La conception des modèles 3D

Avant de fabriquer un objet en 3D, il faut obligatoirement créer un modèle numérique, c'est-à-dire un fichier contenant toutes les informations nécessaires à son façonnage. Deux approches sont possibles. La première consiste à utiliser un logiciel de conception assistée par ordinateur (CAO) ou une simple application 3D gratuite comme SketchUp ou Blender. Financièrement intéressante, cette méthode requiert de l'imagination, une maîtrise assez poussée de ces programmes et, surtout, énormément de temps. Si vous manquez de tout

cela, il vous reste la possibilité de télécharger des fichiers de modèles préconçus proposés par des internautes, comme on en trouve désormais sur le site The Pirate Bay. La seconde méthode, appelée « rétroconception », consiste, elle, à numériser un objet à l'aide d'un scanner 3D. Une fois photographiée sous tous les angles, sa forme est importée dans le logiciel, qui la modifiera, si besoin est, avant de lancer l'impression. Hélas, ces appareils restent encore réservés aux entreprises, dans la mesure où leur prix avoisine 10 000 euros...



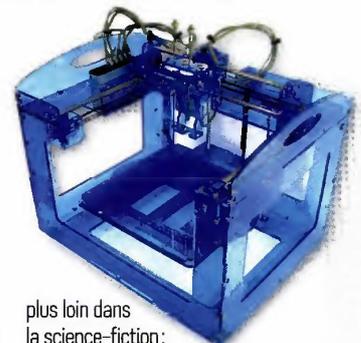
Une étape complexe.
Les outils peuvent être gratuits, mais la création des modèles 3D requiert du temps et du talent.

ceux électroniques prêts à l'emploi, l'impression 3D pourrait même donner la possibilité à chacun d'inventer de nouveaux appareils technologiques.

Le spectre de la contrefaçon. Mais il y a fort à parier que le développement de l'impression 3D amènera les pouvoirs publics à renforcer la législation sur les brevets et les droits d'auteur. Car chacun aura compris que la possibilité de dupliquer à l'infini des œuvres physiques (avec des modèles 3D recréés de toutes pièces ou numérisés avec un scanner 3D *(encadré ci-dessus)*), conduira à la commercialisation de contrefaçons. Le problème se posera différemment selon qu'il s'agisse d'objets fonctionnels innovants protégés par des brevets valables quelques années ou de réalisations artistiques soumises au droit d'auteur, d'une durée bien plus longue. Ces questions

peuvent paraître anecdotiques aujourd'hui, l'impression 3D n'en étant qu'à ses balbutiements. Mais qu'en sera-t-il demain, quand chacun pourra dupliquer des objets comme on copie des fichiers numériques? Tout comme l'avènement du haut débit a fait évoluer la législation sur le téléchargement d'œuvres numériques, les sociétés détentrices de brevets et autres droits de propriété intellectuelle ne manqueront pas de faire pression sur les États pour qu'ils restreignent les conditions d'utilisation de l'impression 3D. Il est difficile de prédire le temps qu'il faudra pour que cette technologie fasse son entrée dans notre quotidien. L'accélération des progrès techniques et l'arrivée sur le marché d'imprimantes 3D abordables nous laissent penser que cette révolution annoncée est imminente. Une chose est sûre : tout comme pour Internet, il y aura dans nos esprits un avant et un après. ■

Imprimante 3D en kit.
Avec Fab@Home, il faut d'abord assembler son imprimante avant de créer des objets!



plus loin dans la science-fiction : il a pour but de créer une machine autorépliquante, c'est-à-dire capable de dupliquer elle-même les différentes pièces qui la composent!

Les projets communautaires

Lancé à la fin des années 1990 par des chercheurs du Massachusetts Institute of Technology, le projet Fab Lab ambitionne de favoriser la création de laboratoires de fabrication communautaires, partant du principe que l'on devrait disposer d'au moins une machine de ce type dans chaque communauté à défaut d'en avoir une dans chaque

foyer. À ce jour, on compte quelques dizaines de Fab Labs implantés un peu partout dans le monde, y compris en France - notamment à l'université de Cergy-Pontoise ou à Polytech Grenoble. Ces ateliers communautaires s'appuient la plupart du temps sur le projet Fab@Home, un regroupement d'ingénieurs, inventeurs et étudiants,

qui, depuis 2006, met à disposition du public une technologie d'imprimante 3D sur le modèle open source. Les plans de cette imprimante, que l'on peut acheter en ligne montée ou en pièces détachées, ne font l'objet d'aucun brevet, tout comme le logiciel 3D qui permet de l'utiliser. Dérivé de Fab@Home, et par conséquent lui aussi fondé sur un modèle libre et sans brevet, le projet RepRap va encore