



anticiper

★ SPÉCIAL 3D



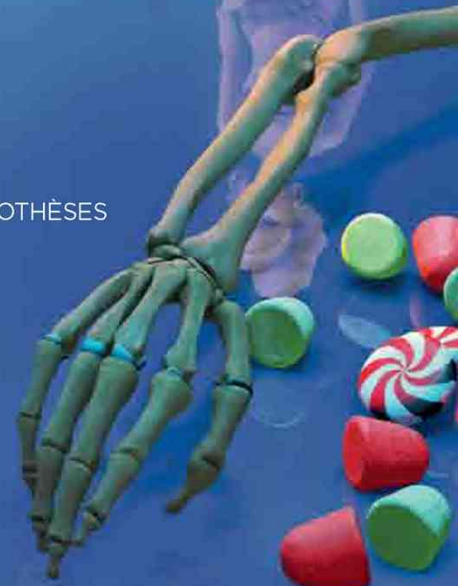
DES PIÈCES
DE MOTEUR



DES POUPÉES



DES PROTHÈSES



AVEC LA 3D, L'UNIVERS
DE LA MATIÈRE ACQUIERT
UNE DIMENSION MAGIQUE



IMPRESSION 3D L'INDUSTRIE DU FUTUR EST EN MARCHÉ

Au croisement des bits et des atomes, l'impression 3D réconcilie le physique et le numérique, la main et la pensée. A travers ses trois aspects principaux, voici à quoi pourrait bien ressembler demain notre nouvel univers industriel.

PAR ANDRÉ MORA [@AndrM6](#)

C'est une starlette qui a de la bouteille. Et qui fait parler d'elle chaque semaine ou presque. En novembre 2013 sortait le premier pistolet imprimé en métal – dont le fichier numérique a

depuis été banni d'Internet. En décembre, le premier avion de chasse, un Tornado, équipé de pièces stéréolithographiées, le nom savant de l'impression 3D, décollait en Angleterre. A Noël, l'imprimante 3D premier prix (600 euros) entrait au top 10 des cadeaux branchés.

Et pourtant, l'impression 3D est tout sauf récente. Son premier brevet remonte à 1984 et il est... français (lire page 70). A l'époque, Alain Le Méhauté (Alcatel), Olivier de Witte (Cilas) et Jean-Claude André (CNRS), les inventeurs de ce drôle de procédé, ne sont pas suivis par leurs employeurs. Et l'Américain Chuck Hull dépose son propre brevet. La société qu'il crée, 3D Systems, est aujourd'hui leader mondial du secteur. Un marché encore modeste, évalué à quelques centaines de millions d'euros,

mais dont les principaux acteurs ont grossi de 650% ces cinq dernières années. Et que les perspectives situent entre 400 milliards et 600 milliards de dollars d'ici à une dizaine d'années. Ici, cependant, les chiffres ne signifient pas grand-chose. L'impact de cette technologie va bien au-delà de ses retombées économiques.

Car il s'agit d'une révolution. Technologie additive et non soustractive (lire l'encadré p. 69), l'impression 3D libère l'industrie de ses procédés traditionnels de fabrication : l'injection plastique, le fraisage et l'emboutissage. Et ça change tout. Plus besoin de fabriquer un moule onéreux pour créer un objet. Plus besoin de produire des milliers de pièces pour amortir le coût d'une fabrication classique. Plus besoin d'une machine ultraspécialisée pour obtenir ce fameux bouton de 4. Désormais, quelques clics sur un ordinateur suffisent à modéliser une pièce en 3D et à l'imprimer, à la maison ou au bureau. C'est le plus court chemin de l'idée à l'objet.

LE RÉEL ET SON DOUBLE. Premiers à en avoir vu l'intérêt : les bureaux d'études et les designers, gros consommateurs de prototypes. «La facilité à créer un objet permet de tester ●●●

ILLUSTRATIONS: MICHEL SAEMANN POUR MANAGEMENT



DES CONFISERIES





anticiper

★ SPÉCIAL 3D

▷ UN OBJET NUMÉRISÉ PEUT ALLER AU BOUT DU MONDE ET ÊTRE MATÉRIALISÉ POUR PRESQUE RIEN

EN CHIFFRES

960

brevets déposés en 2012 aux Etats-Unis concernaient l'impression 3D.

35 508

imprimantes 3D personnelles ont été vendues aux Etats-Unis en 2012, contre... 66 en 2007.

46%

C'est la croissance du marché américain des particuliers entre 2011 et 2012. (Sources Wohlers Report 2013.)

DE LA TERRE À LA LUNE.

La technologie 3D intéresse beaucoup l'industrie spatiale.

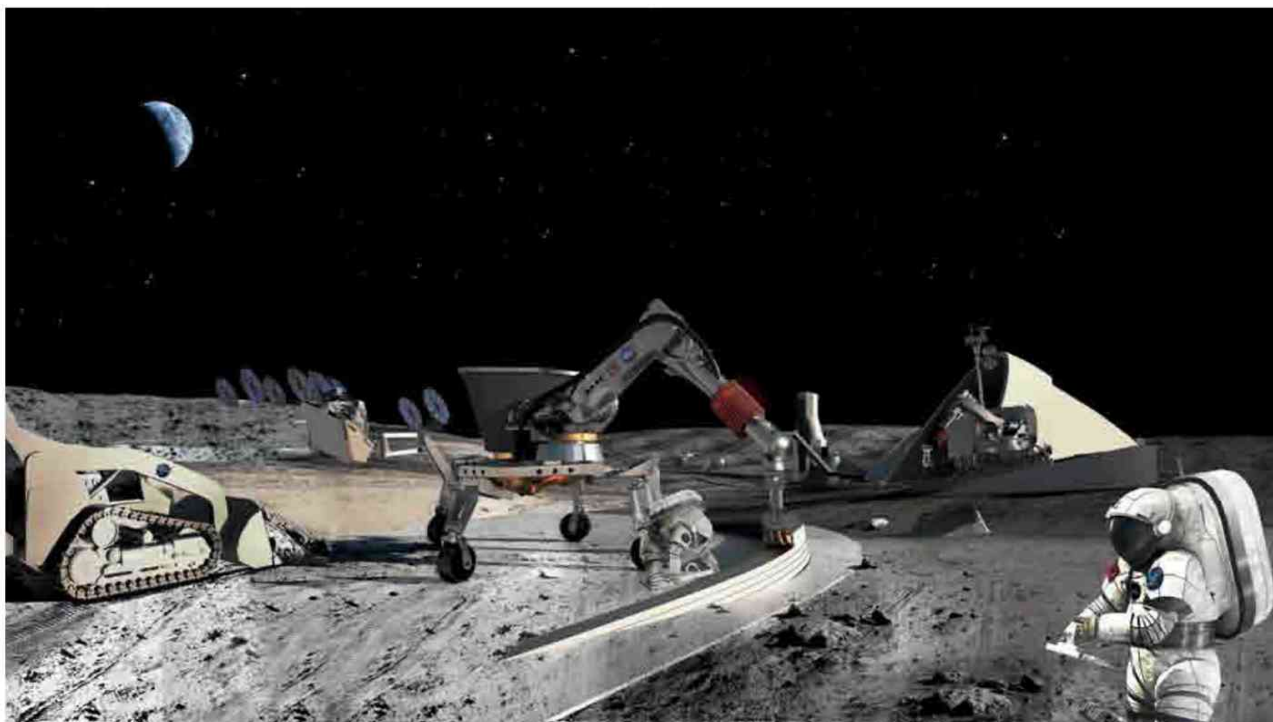
... rapidement un grand nombre d'hypothèses et de raccourcir le cycle de l'innovation en entreprise», explique Dominique Sciamma, directeur du développement et de la recherche au Strate Collège, école de design. Mais pourquoi la fabrication d'ébauches en relief devrait-elle bouleverser le cours de l'histoire ? Parce qu'au passage le statut du réel change. Désormais, la réalité physique d'un objet devient inséparable de sa numérisation. Le fichier et l'objet ne font plus qu'un. Le réel n'a plus de double symbolique : il est son propre double. Et, en tant que tel, modifiable à l'infini. Philosophiquement, la perspective est vertigineuse.

Concrètement, aussi. Pour créer un objet de niveau industriel, il suffit de (bien) maîtriser un logiciel de 3D. Et il en existe des gratuits pour faire ses premières armes. Au sens propre : «Le pistolet imprimé, en plastique ou en métal, fait partie des objets qu'on nous demande le plus, et que nous refusons d'imprimer», raconte Clément Moreau, patron de Sculpteo, start-up française qui propose des services d'impression 3D à la demande. Vous pouvez envoyer l'objet numérisé à l'autre bout du monde sous

forme de bits et d'octets. Le bidouiller, le retoucher, le partager, en faire ce que vous voulez. Et le rematérialiser quand vous êtes satisfait. N'importe où. Pour rien, ou presque.

Sur le plan industriel, cette nouvelle façon d'inventer et de fabriquer engendre un saut de paradigme. Car la 3D s'installe aujourd'hui sur les chaînes de production. Après le prototypage rapide, voici le *high speed manufacturing* ! Capable de bouleverser les frontières entre l'usine et la maison. De produire industriellement des objets uniques. De délocaliser et de relocaliser instantanément une production, via l'échange de fichiers n'importe où sur la planète. Mais aussi de changer la façon dont les objets-fichiers s'achètent, s'échangent, se vendent ou se piratent sur le réseau mondial. Et la plupart des secteurs économiques sont concernés.

GÉNÉRATION MAKERS. Quel futur sortira de ce grand échange numérique ? Beaucoup de questions restent en suspens. Les imprimantes 3D personnelles sauront-elles un jour produire autre chose que des gadgets grossiers en plastique verdâtre ? Seront-elles plus ou moins polluantes que les industries classiques ? Permettront-elles de relocaliser chez nous les industries perdues ? Potentiellement révolutionnaire, cette technologie suscite bien des fantasmes. Et sa version politique n'est pas le moindre. Car



VISUELS : CONTOUR CRAFTING/NASA, BNP PARIBAS





cette imprimante 3D démocratisée, que concrétise-t-elle d'autre que la maîtrise des moyens de production, appelée de ses vœux par Karl Marx, entre autres ? Pour Adrian Bowyer, initiateur du projet RepRap (l'imprimante 3D *open source* capable de se reproduire elle-même), la 3D, c'est «la révolution sans la violence». Portée par l'ouvrage «*Makers, la nouvelle révolution industrielle*» de Chris Anderson (Pearson éd.), ex-rédacteur en chef de *Wired*, la génération des *makers* (les «fabricants») part à l'assaut des citadelles de l'économie traditionnelle. Les pi-

rates de la fabrication numérique sauront-ils imposer l'*open source* et la valeur d'usage contre le brevetage du savoir et la propriété des moyens de production ? Nul ne le sait encore. «L'impression 3D est une rupture épistémologique dans l'histoire industrielle. Son véritable enjeu, c'est la réconciliation de la main et de la pensée», estime Jean-Louis Fréchin, pape du design industriel en France. Il est temps, peut-être, de sortir du virtuel pour se confronter à cette chose oubliée : la matière. Voici trois directions pour imaginer l'industrie de demain. ●

SCÉNARIOS POUR LE FUTUR

UNE RÉVOLUTION... EN TROIS DIMENSIONS

Perspectives infinies. Tout notre environnement matériel va être transformé par cette technologie en plein développement.

1) DES PROTOTYPES POUR L'INDUSTRIE DE MASSE

L'impression 3D représente aujourd'hui environ 1 milliard de dollars de chiffre d'affaires dans le monde. Selon une étude de janvier 2013 du cabinet de conseil stratégique Oliver Wyman, ce chiffre devrait grimper aux alentours de 400 milliards de dollars en 2030, dont 75% seront générés par les applications industrielles, le prototypage rapide et la production de petites séries destinées à des marchés de niche, dans le médical notamment. «Entre 10 et 30% de la production industrielle pourrait être relocalisée près des lieux de consommation grâce au passage à l'impression 3D, qui améliore la réactivité des usines», précise Marc Boilard, consultant et auteur de cette étude. Mais les process industriels classiques ne seront pas balayés pour autant : «On aura toujours besoin de fabriquer en très grandes séries des objets complexes, comme les téléphones ou les voitures, à des volumes pour lesquels cette technologie n'est pas compétitive», poursuit Marc Boilard.

Elle n'en reste pas moins stratégique. «Même s'il ne représente qu'un faible pourcentage de la production industrielle, le basculement d'une partie des process vers la 3D concernera des volumes très importants», estime Raphaël Gorgé, PDG du Groupe Gorgé, qui vient de ra-

cheter Phidias, rebaptisé Prodways, seul fabricant français d'imprimantes 3D industrielles très haut de gamme. Le mouvement est déjà enclenché. Pour la production des drones, par exemple, de 10 à 30% des pièces sont déjà imprimées, afin de gagner en légèreté et en coût. Dans le domaine spatial, l'un des clients de Prodways a remplacé une pièce complexe formée de cinq éléments par un objet en métal imprimé en un seul passage. Ce basculement ne fera pas que des heureux. L'industrie du jouet, notamment, concurrencée par l'impression à domicile de poupées, figurines et autres jeux de plateau, fera grise mine. Les transports et les messageries également, menacés par les relocalisations et la baisse du fret longue distance. FedEx, UPS et La Poste commencent déjà à installer des imprimantes 3D dans leurs agences. En quête d'un nouveau modèle.

- **Probabilité** : 9/10.
- **Echéance** : cinq ans.
- **Condition** : accélération des cycles d'innovation en entreprise.

2) DES USINES DE PROXIMITÉ POUR LES PETITS VOLUMES

Sur son site Internet, *Sculpteo*, start-up créée en 2009, propose le «*3D printing batch control*». «Cet outil d'assistance permet à nos clients d'optimiser leur prix de revient, lorsqu'ils ont besoin d'imprimer une série de 50, 100, 1 000 objets», explique Clément Moreau, DG. Plus besoin d'un atelier ou d'une imprimante personnelle. Vous envoyez à *Sculpteo* votre fichier 3D, que l'entreprise vous aide éventuellement ●●●

PERSONNALISER LE RÉEL À VOLONTÉ

Depuis plus de trente ans, L'Atelier BNP Paribas analyse l'influence des nouvelles technologies. L'avis de son directeur sur la 3D.

QUELS SONT LES IMPACTS ÉCONOMIQUES DE CETTE TECHNOLOGIE ?

L'industrie crée des prototypes depuis une vingtaine d'années grâce à la 3D. La nouveauté, c'est sa démocratisation, le brevet étant tombé dans le public. Elle s'intègre aujourd'hui au process de fabrication, car elle permet de produire à moindre coût des petites séries et des pièces uniques, adaptées à la demande de chacun. Elle devient compétitive dans certains domaines, celui des prothèses dentaires notamment. Dans le grand public, elle va répondre à la demande de personnalisation des objets. La notion même de consommateur va changer, chacun prenant une part croissante à la coproduction des objets qui l'entourent.

JUSQU'OUÛ IRA CETTE RECOMPOSITION DU MONDE ?

En dématérialisant l'objet, on réécrit le réel. Et cela entraîne des convergences technologiques. Un peu comme le téléphone, devenu baladeur, appareil photo, GPS... La 3D va ajouter de nouvelles fonctions à notre environnement. Le réel devient presque personnalisable à l'infini. L'univers de la matière acquiert une dimension magique.

PHILIPPE TORRES
DIRECTEUR DE L'ATELIER BNP PARIBAS





anticiper



VISUELS: ROBYN DECK/APR. CONTOUR CRAFTING, CUBE



BONBONS OU MAISON,
les imprimantes 3D à l'étude aux Etats-Unis ont un très vaste domaine de production.

S'ÉQUIPER, LE KIT DU GEEK

CUBE 3, 3D SYSTEMS.
737 € chez Cubify (cubify.com).

REPLICATOR DE MAKERBOT.
1014 € la Mini; environ 2600 € la Replicator 2 (makerbot.com ou lefabshop.fr).



REPRAP. Grâce à cette communauté (<http://reprap.org/wiki/RepRap/fr>), vous pouvez construire votre propre machine en *open source*, acheter une version du commerce (de 600 € en kit à 1200 € montée, reprap-france.com) ou la FoldaRap, un modèle en fabrication partagée (chaque acheteur produit quelques pièces pour les autres, <http://goteo.org/project/foldarap-peer-to-peer-edition/home>, de 600 € en kit à 1200 € montée).

PLASTIQUE PLA.
Environ 25 € le kilo (reprap-france.com).



LOGICIELS PROS. 3ds Max (autodesk.fr: 245 € mensuel ou 1950 € par an) ou Solidworks (solidworks.fr).

GRATUITS. SketchUp, Blender, 3 D Builder...

●●● à améliorer. Quelques jours plus tard, vous recevez votre bidule, imprimé dans une usine du sud de la France ou chez un prestataire. Sculpteo propose aussi un catalogue d'objets : tasses, lampes, assiettes, etc., en céramique, métal, résine... Chaque pièce est personnalisable, unique et imprimée à façon. Le marché ? Architectes, designers, créateurs d'entreprise qui lancent un produit en miniserie. Particuliers amateurs de poupées, figurines, coques d'iPhone personnalisées... Ou encore demandeurs de pièces détachées pour aspirateurs, Cocotte-Minute et robots ménagers.

Notre futur industriel pourrait bien ressembler à ça. Des usines de proximité, inscrites dans des réseaux flexibles, capables de produire des pièces uniques à la demande de chaque client. Vaisselle, mobilier, voitures, instruments de musique... Potentiellement, tous les objets sont concernés selon leur degré de numérisation et les capacités de production des imprimantes du futur. Début 2014, les premières machines capables de mélanger plusieurs matières dans un même objet sont apparues au Consumer Electronic Show (CES) de Las Vegas. «Certains entreprises abandonneront la production, pour se consacrer à la conception et à la protection juridique de leurs objets-fichiers», prédit Philippe Durance, futurologue aux Arts et métiers. Cette relocalisation-décentralisation de la fabrication restera cependant le fait de professionnels, car les imprimantes personnelles ne progresseront pas assez pour atteindre une qualité de rendu suffisante. Et elle s'accompagnera aussi d'une relance de l'artisanat et de métiers oubliés, comme le dépannage ou la fabrication de pièces détachées, dont les grandes entreprises ne voudront plus s'occuper. Mais ce bouleversement sera peut-être peu visible pour le grand public. «Dans cinq ans, le buzz

autour de la 3D sera retombé. On commandera un produit sur Internet et personne ne se demandera s'il a été imprimé dans le voisinage ou produit en Asie», estime Clément Moreau.

• **Probabilité :** 8/10.

• **Echéance :** dix ans.

• **Condition :** évolution de la demande vers des objets toujours plus personnalisés.

3) UNE SOCIÉTÉ UTOPIQUE POUR HORIZON

Janvier 2031. Antoine lance une impression d'œufs brouillés, pas trop salés, comme il les aime. La recette est enregistrée dans l'élégante iBot noire de sa cuisine. A cette époque pas si lointaine, l'imprimante 3D est dans tous les foyers. Certaines font à manger. D'autres impriment de la vaisselle, des pièces de rechange pour robots ménagers, des meubles ou des objets de décoration achetés en *bitcoins* sur Etsy ou Thingiverse, des catalogues en ligne créés dans les années 2010. Pour gagner sa vie, Antoine a rejoint un réseau de prestataires industriels : la nuit, sa grosse NoBot *open source* produit des pièces variées pour différents donneurs d'ordre. La journée, Antoine fréquente le *fab lab* voisin, où il bricole avec des geeks du monde entier un robot rétro inspiré du premier androïde *open source* créé par le Français Gaël Langevin, dans les années 2015 (InMoov.fr). Au *fab lab*, on trouve aussi des imprimantes costaudes pour fabriquer des tables de jardin, changer une portière emboutie ou imprimer un vélo.

Chacun bricole ainsi ce dont il a besoin. La société a réinventé l'autarcie, mais aussi l'échange, en croisant les réseaux de machines, de fichiers, de compétences. Les fichiers numériques en *open source* ont ouvert le passage vers l'*open hardware*. La valeur d'usage a pris le pas sur la propriété. Certains objets ne se vendent





même plus : le fichier imprimable fait partie du domaine public. De leur côté, les grandes entreprises ont découvert les vertus de l'usine flexible et distribuent leur production à des myriades de petits producteurs locaux plutôt qu'à un unique prestataire en Chine.

Quant à la technologie 3D, elle progresse sans cesse. La photocopieuse 3D sera bientôt réalité. A l'hôpital, les reins et les cœurs artificiels imprimés à partir de l'ADN de chacun prolongent la vie des patients. Outre-Atlantique, la convergence entre fabrication 3D et nanomatériaux produit des bizarreries exotiques. Au MIT, la première imprimante 4D a fait son apparition : aux trois dimensions de la matière, elle ajoute le temps. L'objet imprimé se « termine » tout seul, en s'intégrant à son milieu. Ça ne vous rappelle rien ? Bientôt de petites imprimantes autorépliquables dotées de bras et de jambes vont envahir le square voisin...

- **Probabilité :** 5/10.
- **Echéance :** de vingt à trente ans.
- **Condition :** amélioration des performances des imprimantes personnelles. ●

Pour s'initier à la 3D : les imprimantes personnelles (ici la Cube 2 de 3D Systems).



Comment ça marche ?

L'impression 3D, ou stéréolithographie, est un procédé de fabrication additive : au lieu d'enlever de la matière à un bloc ou de la mouler à l'intérieur d'une forme, la machine ajoute des atomes, couche par couche, jusqu'à obtenir l'objet désiré. Une seule étape suffit pour produire un objet, sans montage, même lorsque la pièce comporte des engrenages, des emboîte-

ments complexes, voire des volumes creux ou à structure alvéolaire, que seule la fabrication en 3D permet de réaliser. Les machines actuelles sont capables d'imprimer du plastique, des résines dotées de propriétés mécaniques variées, mais aussi du métal (à partir de poudres fondues à très haute température), dont l'or et l'argent, de la céramique, du béton... ou de la pâte à pizza, du gazon synthétique et du chocolat ! En revanche, elles ne savent pas (encore) déposer plusieurs matières en un seul passage. En gros, on peut d'ores et déjà imprimer une coque en PLA (polyester thermoplastique) à son effigie pour habiller son smartphone. Pour le smartphone lui-même, il faudra attendre un peu! ●

