

LA « FABRICATION ADDITIVE » : VERS DE NOUVEAUX BUSINESS MODELS ?

* Jean-Gilles CAHN

Economiste à la CCIP, travaille notamment sur l'approche économique des industries créatives et du design.

Quand une technologie émergente fait parler d'elle dans la grande presse c'est qu'on commence à lui accorder un certain crédit et qu'on s'attend à ce qu'elle ait, au moins à terme, un sérieux impact. C'est précisément ce qui arrive à un processus de production, la « fabrication additive », qui a fait ces derniers temps, ce qui n'est pas banal, les gros titres du New-York Times et de The Economist avec des accroches aussi peu sobres que « a manufacturing revolution » ou « a manufacturing technology that will change the world ».

De fait la « fabrication additive », au-delà de la performance technique qu'elle représente, constitue une remise en cause de principes fondateurs de l'économie industrielle. Elle s'inscrit en effet en opposition au principe des économies d'échelle, véritable socle de la pensée industrielle, ainsi qu'à ses corollaires de grandes séries, d'investissements de masse, de concentrations capitalistique et géographique. En outre, prétendant mettre la fabrication de produits à la portée du plus grand nombre, elle vient défier un autre grand postulat : celui de la nécessité de compétences techniques préalables.

Comment ne pas y voir **les ferments d'un nouveau modèle économique ?**

VOUS AVEZ DIT « FABRICATION ADDITIVE » ?

Sans entrer dans des détails techniques, ce qui n'est pas l'objet de cette note, le principe général de la fabrication additive est le suivant : à partir d'un fichier numérique décrivant très précisément les dimensions de la pièce, une machine fabrique celle-ci par empilement successif de très minces couches de matière parfaitement calibrées. On parle ainsi de fabrication additive par opposition aux techniques « soustractives » qui façonnent les pièces en les sculptant dans la masse d'un matériau par usinage. Le plus souvent les matériaux sont introduits sous forme de poudres, de résines ou de filaments que vient solidifier une source d'énergie, comme une résistance électrique ou un faisceau laser.

Ajoutons que ce processus par empilement de couches permet d'obtenir, en une seule fois et sans besoin d'assemblage ultérieur, des objets à géométrie particulièrement complexe, comme par exemple certaines pièces utilisées en aéronautique. On a parlé à cet égard de « liberté géométrique illimitée ».

Les premières machines basées sur ce principe sont apparues il y a une vingtaine d'années. Au départ elles étaient chères, lentes et ne produisaient que des pièces en matière plastique de petite taille, pièces uniques ou en très petit nombre. Elles constituaient essentiellement une aide à la conception des produits pour les bureaux d'étude et on parlait alors de « prototypage rapide ». Depuis, les prix sont tombés alors que les machines sont devenues beaucoup plus performantes et leurs applications plus nombreuses, bien au-delà de la seule fabrication de prototypes.

A côté des pièces en matières plastiques, on peut maintenant produire des pièces en métal ou en céramique et on expérimente actuellement la fabrication en un seul processus de pièces hybrides, composées de plusieurs matériaux.

Quant au prix il convient évidemment de distinguer les « machines de fabrication rapide », machines à vocation industrielle qui peuvent fabriquer rapidement des séries de pièces complexes et/ou de grande taille des « imprimantes 3D », machines moins sophistiquées. Pour

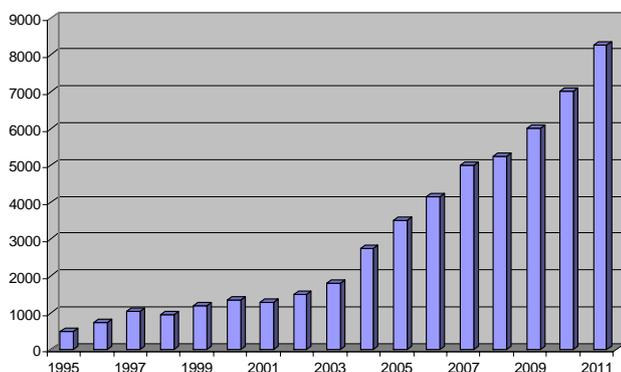
les premières il faut compter 60 000 \$ et plus, quand les imprimantes 3D vont de 25 000 à 10 000\$ et qu'il en existe même aujourd'hui une, à monter soi-même, pour 1000 euros ! Aujourd'hui les imprimantes 3D représenteraient $\frac{3}{4}$ des systèmes installés.

UN RAPIDE DÉVELOPPEMENT QUANTITATIF

S'agit-il de techniques encore confidentielles ? Une réponse s'impose : chaque jour un peu moins, comme le montrent les chiffres disponibles ¹.

Si l'on part de très bas, en l'espace de quinze ans les ventes se sont multipliées par 10, surtout d'ailleurs du fait des achats d'imprimantes 3D. La croissance est particulièrement importante à partir de 2004 et les prévisions sont à un doublement du nombre d'installations de 2009, dernier chiffre observé, à 2015, grâce à un grand développement des systèmes d'entrée de gamme.

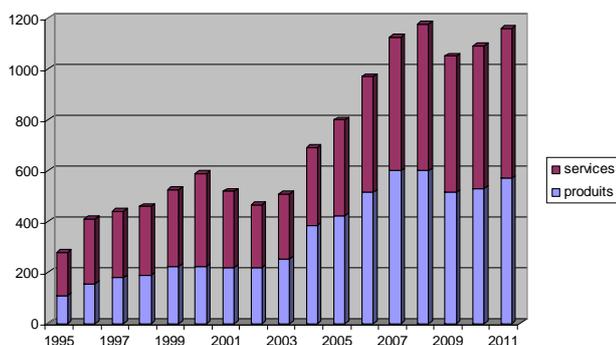
Total mondial des ventes de systèmes de fabrication additive



Unités : nombre de ventes observées (2010 et 2011 sont des estimations)
Source : Wohlers Report 2010

Plus de 40 % des matériels sont installés en Amérique du Nord, 28 % l'étant en Europe et à peu près autant en Asie, continent où l'on note une forte accélération des installations.

Estimations, au niveau mondial, des revenus des produits et services du secteur de la fabrication additive (millions de dollars US)



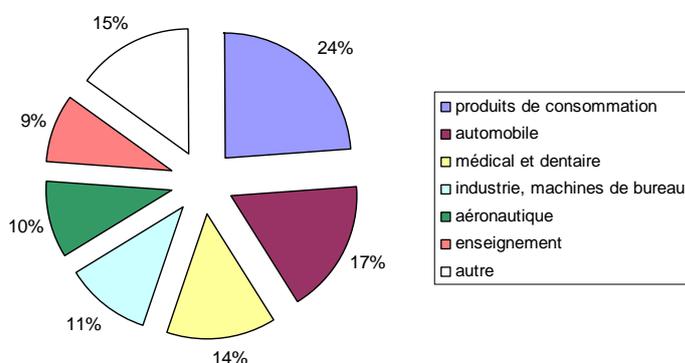
Source : Wohlers Report 2010

Malgré les fluctuations conjoncturelles, les revenus de la profession se développent régulièrement, moins vite toutefois que le volume des ventes de matériels, du fait de la baisse des prix des matériels et prestations. Là encore, l'année 2004 marque une accentuation de la croissance. On notera que produits et services contribuent sensiblement à part égale au montant total de ces revenus ².

DES APPLICATIONS DE PLUS EN PLUS REMARQUABLES

Les secteurs d'application sont très variés, avec certaines activités privilégiées comme les produits de grande consommation, l'automobile et l'aéronautique (pièces techniques), le médical et le dentaire (prothèses et implants).

Secteurs d'application



Source : Wohlers Report 2010

Actuellement ce sont toujours les prototypes et les modèles, fonctionnels ou de présentation, qui constituent l'essentiel des produits réalisés. On observe cependant de plus en plus de fabrications directes de pièces définitives qui, si elles ne représentent encore que 15 % des fabrications, sont promises à un grand avenir à mesure du développement des applications en « vraie matière » et plus généralement de l'amélioration des matériels/logiciels et de la baisse de leur prix. Aujourd'hui ces fabrications directes concernent principalement les pièces sur mesure (pour lesquelles la fabrication additive permet des gains considérables en temps de fabrication et en coût). Ainsi dès maintenant, en France, une trentaine de machines seraient utilisées à la fabrication de prothèses dentaires. Mais d'ores et déjà certaines petites séries peuvent être fabriquées à des prix tout à fait concurrentiels par rapport aux fabrications traditionnelles. Par exemple, la fabrication additive serait déjà compétitive par rapport à l'injection plastique pour des séries allant

1. La source quantitative, à peu près unique, sur la question, encensée par beaucoup, contestée par certains, est le rapport annuel du consultant américain spécialisé Wohlers Associates.

2. Les produits comprennent matériels, logiciels et matériaux consommables. Les revenus des services proviennent des biens fabriqués par des prestataires par fabrication rapide et imprimantes 3D, ainsi que des services d'accompagnement (maintenance, formation, conseil et recherche).

jusqu'à 1 000 pièces, seuil qui ne peut qu'évoluer vers le haut. D'après les experts, la fabrication de pièces définitives pourrait d'ailleurs atteindre 50 % dans les 10 ans à venir. Et donc, si la fabrication additive n'a pas vocation à remplacer les méthodes industrielles habituelles, elle pourrait, à terme et dans certains domaines, représenter une part non négligeable de la production industrielle.

DES PERSPECTIVES ÉCONOMIQUES TRÈS NOUVELLES...

Mais la chose/probablement la plus intéressante à court terme dans l'émergence de ce procédé de fabrication additive est que, par ses caractéristiques techniques, il remet en cause un grand nombre des fondements de l'économie industrielle traditionnelle.

Faible investissement et moindre risque financier

On l'a dit, l'investissement de départ est sans commune mesure avec celui nécessaire à l'installation d'équipements industriels classiques de pressage, d'usinage, de moulage et d'assemblage. Ce qui veut dire que l'on assiste à une baisse très importante du « ticket d'entrée » dans la production, donc à une plus grande ouverture à l'innovation, et à une baisse du risque financier. Le risque sera d'autant plus faible qu'étant donné la faiblesse des coûts fixes, on n'a plus besoin de grandes séries pour rentabiliser l'investissement. Il sera toujours temps, si l'accueil du marché le justifie, de repasser à des techniques industrielles conventionnelles, qui, bénéficiant d'économies d'échelle, resteront plus adaptées à la réalisation de séries vraiment importantes.

La rapidité de réalisation (plus besoin d'opérations intermédiaires comme la fabrication d'outils spécifiques ou de moules), outre qu'elle diminue les coûts, participe aussi à l'abaissement des risques puisqu'elle permet une réduction, voire une disparition, des stocks.

Autant de caractéristiques particulièrement incitatives pour entreprises imaginatives mais impécunieuses, start-up et PME, voire entrepreneurs individuels.

Les possibilités ouvertes par la « customisation de masse »

Chaque pièce étant fabriquée individuellement, le paramétrage des logiciels permet d'introduire des variantes à un coût marginal quasiment nul. Cela permet dans la phase de conception des produits de mettre en concurrence diverses solutions et rend possible dans la phase de production le sur mesure de masse. On peut ainsi répondre à la demande grandissante de produits individualisés d'une manière beaucoup moins coûteuse que par la méthode artisanale, seule solution disponible jusqu'ici. Se confirme ainsi la particulière pertinence de ces techniques pour la production de petites séries ou même d'un grand nombre de produits individualisés. Les économistes anglo-saxons parlent de « *long tail market* », type de marché qu'ils associent à la formule

« *less of more* » : un plus grand nombre de modèles, mais chacun fabriqué en plus faible quantité.

« Téléportation » et fabrication au bureau... ou dans sa cuisine

Grâce à Internet, les fichiers numériques de données décrivant les produits conçus ainsi que les logiciels de services peuvent être transmis partout dans le monde. Les systèmes de fabrication additive (machines de fabrication rapide, imprimantes 3D) peuvent ainsi être situés à l'endroit même où l'on a besoin du produit. Autrement dit, le produit peut se fabriquer sur le lieu d'utilisation, ou à proximité, et il n'y a plus, ou presque plus, de transport, avec les gains de temps et les économies que cela représente.

On pourrait ainsi imaginer dans le futur un maillage de boutiques disséminées sur le territoire, dans lesquelles on choisirait des produits sur catalogue, produits qui se fabriqueraient sur place instantanément sous nos yeux. Et en poussant l'utopie, dans l'hypothèse de machines simplifiées et à prix très bas, pourquoi cette fabrication ne pourrait-elle pas se faire au domicile même du consommateur qui « imprimerait » chez lui un produit comme on le fait aujourd'hui pour un message ou une image. « *In the future everything could be produced in the kitchen at home* », tel est le scénario sérieusement envisagé divers auteurs, dont ceux de "Factory@Home" par un important rapport commandité récemment par le gouvernement américain³.

Conséquence économique très importante des caractéristiques de cette fabrication additive, qui peut se faire sur le lieu de consommation et de manière quasiment automatisée (autrement dit, avec très peu de main-d'œuvre) : en ce qui concerne les produits destinés aux pays à hauts niveaux de vie, les délocalisations perdent une grande partie de leur intérêt ! Donc bonne nouvelle pour la fabrication en France et en Europe, même s'il y a peu d'illusions à se faire quant à l'emploi industriel, du fait précisément de l'automatisation des processus.

Un procédé moins gourmand en ressources et moins polluant

D'abord la réduction des besoins logistiques en transport, stockage et distribution, que nous avons signalée, aura évidemment un impact très positif sur la consommation énergétique.

Ensuite, les systèmes de fabrication additive allant déposer la matière de manière optimale là, et là seulement, où elle est structurellement utile, réduisent de beaucoup les quantités de matières utilisées (parfois en les divisant par 10). Ils diminuent aussi considérablement les déchets, qui n'apparaissent plus que lors des opérations de finition des pièces produites.

3. Factory@Home : the emerging economy of personal fabrication – décembre 2010.

Mais moins de matière c'est aussi moins de poids. A résistance égale, les pièces ainsi obtenues sont plus légères et, par exemple pour l'automobile ou surtout l'aéronautique, elles permettent, en phase d'utilisation, de nouvelles réductions de consommation en carburants et de pollution.

Si l'on ajoute à cela qu'il n'y a aucun rejet de fluide, on voit que le bilan paraît très favorable aussi bien pour l'environnement que sur le plan financier.

... MAIS DES LIMITES ET DE NOUVEAUX RISQUES

Toutefois, cette technologie n'est évidemment pas une panacée.

Des limites techniques

La fabrication additive a d'abord des limites techniques qui, encore aujourd'hui, sont importantes.

On peut citer :

- ⇒ sa lenteur pour les grandes séries ;
- ⇒ le besoin fréquent d'une finition « à la main » des produits ;
- ⇒ la taille limitée (actuellement le haut de gamme des machines de fabrication rapide ne peut produire de pièces excédant 90 cm x 90 cm x 60 cm) ;
- ⇒ un choix encore limité des matériaux utilisables (actuellement quelques dizaines, à comparer aux dizaines de milliers utilisés par l'industrie traditionnelle).

Mais les performances des systèmes de fabrication additive vont encore beaucoup progresser, repoussant chaque fois ces contraintes.

Des difficultés socio-juridico-économiques

Elle génère aussi des difficultés qui découlent de la nature même des technologies mobilisées et celles-ci pourraient être assez problématiques

Il s'agit premièrement des questions de propriété intellectuelle.

La facilité de copiage et de diffusion des fichiers numériques de description des objets à fabriquer rend difficile la protection des intérêts économiques de leurs concepteurs. Il n'est pour s'en convaincre qu'à penser au piratage actuel, massif, des fichiers musicaux et de cinéma.

Les règles seront d'ailleurs d'autant plus difficiles à faire respecter que déjà, dans une démarche non marchande, des ingénieurs mettent à disposition des plans numériques de produits en accès *open-source*. Il faudra donc payer des droits pour certains fichiers, quand d'autres seront libres d'accès.

De plus qu'advient-il de la propriété portant sur les fichiers numériques, dès lors que les utilisateurs pourront y introduire des modifications ?

Il y aura aussi rapidement des soucis à se faire en matière de standardisation, et cela aussi bien pour les systèmes de fabrication additive que pour les produits qui en sortiront.

S'agissant des systèmes (matériels et logiciels) : faute de standards acceptés par les constructeurs, comment être assuré de la parfaite uniformité des pièces produites à partir d'un même fichier numérique mais opérant sur des systèmes différents ? Or les entreprises ne peuvent accepter de produire, sous la même référence, des pièces non strictement identiques.

Quant aux produits issus de la fabrication additive ne risque-t-on pas d'aboutir à un grand désordre ? Cette même facilité de customisation, volontiers réjouissante lorsqu'elle favorise la créativité individuelle, risque, en contrepartie, d'engendrer l'incompatibilité d'un grand nombre de produits dont il est pourtant nécessaire qu'ils fonctionnent ensemble. Imaginons seulement que chacun puisse fabriquer, à son goût, ses propres prises électriques !

Dernier risque, celui de l'amateurisme des fabrications.

Là encore, il peut sembler sympathique de mettre la conception et la fabrication de produits à portée de tous, sans aucun pré-requis, mais serait-ce bien raisonnable ? Si des plans sont créés ou transformés, si des produits sont fabriqués, sans compétences techniques, le risque est grand d'aboutir à des produits mal conçus, mal fabriqués et éventuellement dangereux. Or, il est bien sûr inimaginable de ne pouvoir assurer qualité et sécurité des produits et d'être incapable d'identifier les responsabilités en cas de problème.

On voit qu'à différents égards le développement de la fabrication additive nécessitera la mise en place de tout un cadre de normes et de réglementations probablement complexes.

CONCLUSION

Certains auteurs n'hésitent pas à comparer l'arrivée de la fabrication additive à celles d'inventions qui ont inauguré de nouvelles ères économiques, comme l'imprimerie, la machine à vapeur, ou l'ordinateur...

Il est aujourd'hui très difficile de dire ce à quoi mènera vraiment, à moyen et long terme, une technologie autant en rupture avec l'existant et aux potentialités aussi vastes. Mais, pour les entreprises, il convient en tout cas dès maintenant de s'y intéresser car, dans son développement, la fabrication additive ne peut que démultiplier les pistes d'innovation et bousculer bien des situations acquises.

Pour en savoir plus :

Anonyme	Print me a Stradivarius : How a new manufacturing technology will change the world	The Economist	12-févr-11
Anonyme	A factory on your desk	The Economist Technology Quarterly	05-sept-10
Anonyme	Prototypage et fabrication rapide: un préalable efficace à l'industrialisation	Le Lieu du Design/Lettre technologique n° 9	juil-10
BOURELL David, MING Leu, ROSEN David	Roadmap for additive manufacturing: identifying the future of freeform processing	The University of Texas at Austin	30-mars-09
KING Rachel	Printing in 3D gets practical	BusinessWeek	06-oct-08
KURMAN Melba, LIPSON Hod	Factory@Home : The emerging economy of personal fabrication	Whitehouse Office of Science and Technology Policy	déc-10
SCHERER Mirel	Les mutations du marché du prototypage rapide	L'Usine Nouvelle	21-déc-10
SCHERER Mirel	Des pièces plus vraies que nature	L'Usine Nouvelle	08-déc-10
VANCE Ashlee	3D printing spurs a manufacturing revolution	The New York Times	13-sept-10
WOHLERS Terry	Additive manufacturing state of the industry - Report 2010	Wohlers Associates	mai-10

CONTACT PROFESSIONNEL :

AFPR - Association de Française de Prototypage Rapide
tél : 03 22 39 00 80

Site : www.afpr.asso.fr

Une lettre de la Direction générale adjointe chargée des Études, de la Prospective et de l'Innovation

Directeur de la publication : Pierre TROUILLET
Rédacteur en chef : Jean-Luc BIACABE
Conception : Bénédicte MARTIN
Contact : prospective@ccip.fr

Avertissement : Les opinions exprimées dans le présent document sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement les vues de la CCIP.