

9

Fabrication additive

LOISIRS
& CULTURE

Énergie,
MOBILITÉ,
Telecommunications

Environnement, **HABITAT**,
SANTÉ ET BIEN-ÊTRE, Sécurité

ALIMENTATION

► **Correspond à
une technologie clé 2015**

MOTS CLÉS

Fabrication additive,
fabrication rapide, impression 3D,
fabrication directe,
prototypage rapide,
production de pièces,
pièces complexes



Définition et périmètre

La fabrication additive ou impression 3D est un procédé de fabrication de pièces par ajout de matière (en opposition aux techniques historiques par soustraction de matière comme l'usinage). La fabrication est réalisée à partir de fichiers numériques.

La fabrication additive s'applique à un grand nombre de matériaux tels que plastiques, métalliques ou céramiques. Plusieurs procédés peuvent être employés pour mettre en forme les pièces. Le comité international de l'ASTM sur les technologies de fabrication additive les classe comme suit : extrusion de matière, jet de matière, jet de liant, photopolymérisation en phase liquide, fusion sur lit de poudre, dépôt via faisceau d'énergie.

Pourquoi cette technologie est-elle clé ?

Les deux grands avantages de la fabrication additive par rapport à d'autres procédés de production de

pièces sont la réalisation de pièces aux formes complexes (permettant la réduction de la masse des pièces et la réduction du nombre de pièces au sein d'une structure induisant ainsi un gain au niveau de l'assemblage) et la possibilité de réaliser de très petites séries flexibles, favorisant ainsi la personnalisation.

Grâce aux possibilités offertes par la fabrication additive, de nombreuses perspectives industrielles s'ouvrent à l'échelle internationale et le marché croît chaque année de plus de 20 %. Il est clé que la France reste dans la compétition par rapport à cette technologie.

Les secteurs pour lesquels la fabrication additive est d'ores et déjà bien installée sont l'aéronautique et le médical. Cette technologie est clé également pour les secteurs du luxe, de l'automobile, du spatial, du bâtiment.

Liens avec d'autres technologies clés

Les technologies clés qui influencent la fabrication additive sont :

1	Matériaux avancés et actifs
2	Capteurs
4	Modélisation, simulation et ingénierie numérique
5	Internet des objets
8	Procédés relatifs à la chimie verte
10	Cobotique et humain augmenté
12	Robotique autonome
15	Procédés relatifs à la chimie du pétrole
26	Ingénierie génomique
38	Systèmes de rénovation du bâti existant
39	Systèmes constructifs à haute qualité environnementale pour le neuf

Les technologies influencées par la fabrication additive sont :

1	Matériaux avancés et actifs
2	Capteurs
4	Modélisation, simulation et ingénierie numérique
5	Internet des objets
6	Infrastructures de 5 ^{ème} génération
10	Cobotique et humain augmenté
12	Robotique autonome
26	Ingénierie génomique
29	Ingénierie cellulaire et tissulaire
30	Nouvelles modalités d'immunothérapie
31	Dispositifs bio-embarqués
32	Technologies d'imagerie pour la santé
33	Exploitation numérique des données de santé
45	Technologies pour la propulsion

Les marchés

La fabrication additive adresse trois principaux segments de marché : le prototypage, la fabrication de pièces « grand public » et la fabrication de pièces industrielles. Les enjeux actuels de développement concernent essentiellement le troisième volet qui est actuellement moins mature. Un enjeu de développement de marché complémentaire concerne la création de filières dans le domaine de la maintenance afin de pouvoir fabriquer sur mesure des pièces de remplacement.

Les principaux enjeux de développement de la fabrication additive concernent en particulier la santé (prothèses auditives et dentaires, mais aussi de manière plus prospective les organes artificiels) et la mobilité (prototype rapide pour des pièces de véhicules automobiles, production de pièces en aéronautique notamment) et de manière générale les pièces mécaniques comme l'outillage. Le secteur du luxe est pres-

La répartition du marché actuel de la fabrication additive en fonction du secteur d'application est présentée à la Figure 2.

senti comme le prochain secteur fortement influencé par la fabrication additive, appuyée notamment par la personnalisation des pièces produites.

En nutrition, l'impression 3D séduit car elle permet une plus grande flexibilité sur la forme sous laquelle les aliments sont présentés.

Pour l'habitat, la fabrication additive pourra permettre de fabriquer des maisons en kit ou des maisons d'un bloc directement sur site. La faisabilité de ce type de construction a déjà été démontrée au niveau international.

Concernant les applications loisirs & culture, l'impression 3D facilitera la fabrication d'objets publicitaires et marketing, de produits dérivés (figurines...). Elle pourra également être utilisée pour la fabrication de pièces pour le modélisme, les collections et les jeux de plateau. Elle pourrait également être exploitée pour réaliser des copies d'œuvres d'art ou de la restauration d'œuvres et de monuments.

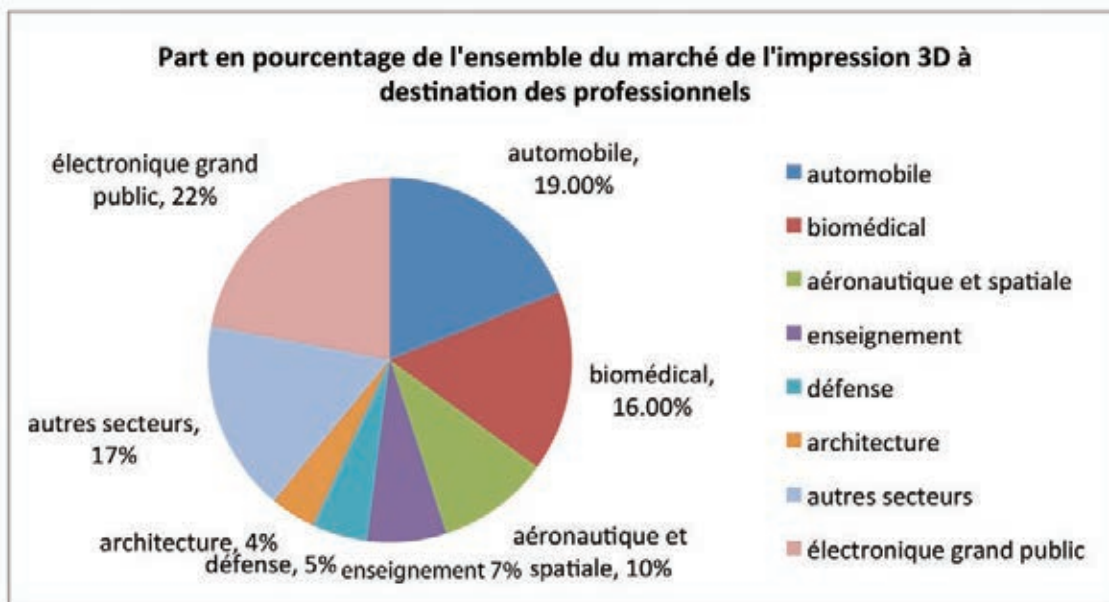


Figure 2 : Répartition du marché mondial de l'impression 3D par débouchés¹

1 – Xerfi, 2014 : *L'impression 3D en France et dans le monde*, repris par Erdyn et Xerfi, Crédit Suisse

Le marché mondial de la fabrication additive en termes de revenus associés à la commercialisation des produits et services représente 3,07 Md \$ en 2013, soit une croissance de 34,9 % par rapport à 2012². Les estimations pour 2020 s'élèvent à 21 Md \$ au niveau mondial³.

À l'échelle mondiale, les produits (machines et consommables) et services avaient une part égale en 2013 d'environ 1,5 Md \$. Les consommables représentaient 0,53 Md \$.

En 2013, 21 % des machines sont produites en Europe⁴. Une grande majorité des machines européennes sont produites en Allemagne par Envisiontec ainsi qu'en Irlande par la société Mcor Technologies et en Italie par la société DWS. En termes d'utilisation, l'Europe regroupe 29 % des machines installées⁵.

Les compétences et le matériel spécifique à la fabrication additive ont aussi amené des sociétés de service à se développer sur la fabrication de pièces en sous-traitance. Cette activité croît régulièrement de plus de 20 % par an depuis 2010, générant un chiffre d'affaires mondial de 967 M \$ en 2013 (chiffre d'affaires des pièces finales, hors conception et modélisation). Les entreprises peuvent être des sous-traitants de la mécanique qui ont fait évoluer leur parc de machine, ou des entreprises spécialisées dans la fabrication additive uniquement, nouveaux entrants dans le secteur. Dans cette dernière catégorie, les leaders sont Shapeways (USA), i. materialise (Belgique), Sculpteo (France), Prodways (France). On notera que Prodways dispose du plus grand parc de production européen en 2014. Contrairement aux trois autres, la société travaille essentiellement pour l'industrie. Il faut aussi citer les très nombreuses initiatives de fablab, qui comptent généralement un équipement d'impression 3D, au milieu d'autres équipements de production. Début 2015, l'international Fablab association compte 355 fablab adhérent à leur charte, sachant que d'autres organismes proches non adhérents existent, dont 230 en Europe et 86 en France.

2 – Caffrey T., Wöhlers T., 2014 : 3D printing and additive manufacturing state of the industry, Fort Collins, Wöhlers Associates

3 – Idem

4 – Idem

5 – DIRECCTE Centre, 2014 : *L'impression 3D : état des lieux et perspectives*

En 2014, la France représente moins de 2 % de part du marché mondial. La figure 3 illustre la répartition mondiale de l'ensemble du marché de l'impression 3D. Le marché français devrait suivre la même évolution que le marché mondial d'ici 2020 soit une multiplication par un facteur 7 entre 2013 et 2020.

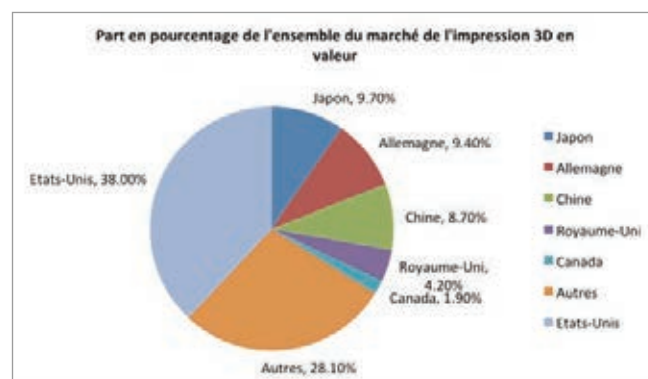


Figure 3 : Répartition mondiale de l'impression 3D par zone géographique⁶

Au niveau mondial, la vente de matériaux pour la fabrication additive représentait 529 M\$ en 2013, en croissance de plus de 20 % par an depuis 2010. La même croissance est attendue d'ici à 2020. Les matériaux sont le plus souvent vendus par les fabricants de machines qui peuvent fabriquer eux-mêmes ou sous-traiter. Il existe aussi des fabricants « indépendants », toutefois l'accès au marché est difficile car encadré par les fournisseurs de machines (cf. défis commerciaux).

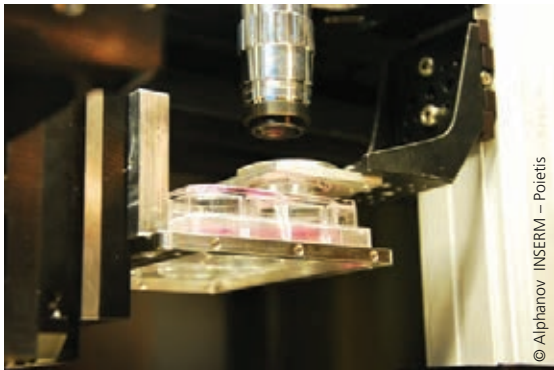
Les défis technologiques à relever

La fabrication additive, jusque là réservée à des applications de prototypage rapide, tend à se développer vers la fabrication de pièces fonctionnelles ce qui augmente le niveau d'exigence sur plusieurs points.

Des développements doivent être réalisés afin d'augmenter la taille des pièces réalisables par impression 3D et d'adapter le procédé pour la fabrication de pièces multimatériaux. La fiabilité des procédés de fabrication doit être augmentée afin d'assurer des pièces de qualité constante et élevée. Le développement des contrôles non destructifs adaptés aux procédés de fabrication additive permettra de répondre à ces défis. Il est aussi nécessaire de développer des procédés

6 – Xerfi, 2014 : *L'impression 3D en France et dans le monde*

permettant l'amélioration de l'état de surface des pièces afin de s'affranchir au maximum des étapes de post-traitement.



De plus, l'un des grands défis de la technologie est d'adapter le design des machines et les procédés de fabrication à des contraintes de production industrielle de marchés de masse. Il est notamment nécessaire d'augmenter la cadence de production.

L'approvisionnement en matières premières standardisées dans des qualités optimales et à des coûts compétitifs est également un enjeu technologique fort. D'une part, il y a un fort enjeu de caractérisation des matières premières afin d'identifier les propriétés clés permettant d'optimiser les procédés. D'autre part, les matières premières employées sont spécifiquement adaptées à un procédé et jusqu'ici leurs spécifications sont la propriété gardée des fabricants de machines. Ainsi, une phase de standardisation sera nécessaire afin de permettre à plusieurs entreprises de commercialiser les matières premières et ainsi de réduire les prix de vente des matières premières.

Les logiciels de CAO et d'ingénierie devront eux aussi être adaptés à ces nouveaux procédés de fabrication, en y intégrant les contraintes mécaniques spécifiques à chaque procédé de fabrication additive et à chaque matériau choisi.

Les défis commerciaux et d'usage à relever

L'une des difficultés commerciales majeures pour le développement de la fabrication additive en production est la nécessité de réaliser des investissements conséquents pour mettre en place une solution de production en fabrication additive. Le retour sur investissement est long car les coûts fixes sont élevés et il faut atteindre une taille critique pour les amortir.

Le paysage industriel est dominé par deux gros acteurs internationaux (Stratasys {USA et Israël} et 3D Systems {USA}) qui mettent en œuvre une politique active de rachat, empêchant de nombreux acteurs nationaux d'atteindre une taille critique. Par exemple, Phenix Systems a été racheté par 3D Systems, à hauteur de 80 % du capital de l'entreprise. Ainsi, on voit peu de nouveaux entrants émerger au niveau de la fabrication de machines de fabrication additive. Prodways Group, fort d'une croissance très importante et d'une levée de fonds réussie en juin 2015, affiche néanmoins l'ambition de se positionner à l'échelle mondiale comme concurrent européen de Stratasys et 3D Systems par une stratégie de croissance interne et externe.

Les acteurs qui contrôlent la distribution de matières premières se ménagent une position dominante⁷. Notamment, les fabricants de machines cherchent à monopoliser l'approvisionnement en matières premières en inscrivant par exemple dans leurs contrats de maintenance des clauses obligeant à utiliser certaines matières premières dont ils sont souvent les seuls distributeurs. Ainsi les utilisateurs des matières premières pour la fabrication additive sont soumis à des prix artificiellement hauts et doivent assumer des risques liés à la garantie d'approvisionnement.

Aujourd'hui, ces contraintes sont susceptibles de se relâcher du fait de la croissance du secteur qui attire de nouveaux acteurs pour la fourniture de matières premières. Notamment, les fournisseurs de matières premières historiques (chimistes, métallurgistes, producteurs de céramiques) pourront entrer sur ce marché.

Une autre problématique forte est celle des ressources humaines et des compétences. En effet, les personnes possédant déjà une expérience en fabrication additive sont peu nombreuses et recherchées. Pourtant, des compétences spécifiques doivent être développées, en conception, méthodes, production, maintenance, hygiène et sécurité des poudres, etc. pour tous les types de postes. En particulier, la fabrication additive nécessite de prendre en compte les règles spécifiques de conception dans les outils de CAO et de simulation. Ainsi, il y a un vrai enjeu à pouvoir recruter des personnes compétentes et à pouvoir former ses équipes

7 – Fornea D., Van Laere, D., Comité économique et social européen, 2015 : *Vivre demain. L'impression 3D, un outil pour renforcer l'économie européenne*

au fur et à mesure des avancées technologiques de la fabrication additive.

Les enjeux réglementaires

La construction d'un cadre de normalisation est en cours. La normalisation et la certification des procédés et matériaux utilisés accélérera la diffusion de la fabrication additive pour des applications industrielles⁸. En effet, les principaux secteurs d'application ciblés aujourd'hui sont l'aéronautique et la médecine, des domaines dans lesquels le cadre normatif est très développé et nécessaire à la commercialisation.

Au niveau international, le comité ASTM F 42 en charge des technologies de fabrication additive gère le processus de normalisation. Il est crucial que les industriels

utilisateurs et fabricants de machines ou de matières premières soient intégrés aux discussions de normalisation afin de maximiser l'efficacité du cadre normatif.

En termes de propriété intellectuelle, la fabrication additive pose question. La diffusion des fichiers numériques pour l'impression 3D augmente le risque de contrefaçon. Il s'agit d'un phénomène similaire à celui observé pour la musique et l'industrie cinématographique, même s'il devrait toucher un public moins large. La sécurité des échanges et la protection des fichiers numériques et des objets créés représenteront un enjeu fondamental pour l'industrie de la fabrication additive de sorte que l'innovation ne soit pas freinée mais que la protection de la propriété industrielle soit bien réelle⁹.

Analyse AFOM

ATOUTS

Une filière aéronautique forte qui peut être moteur de l'industrialisation de la fabrication additive et du développement d'entreprises.

La filière du luxe fortement présente en France est aussi un relais pressenti pour la fabrication additive. De bonnes compétences académiques

Des leaders de la sous-traitance de fabrication additive sont présents en France et en Europe.

FAIBLESSES

Peu de fabricants de machines en France.

Les compétences sur la fourniture de matières premières existent mais ont du mal à s'imposer commercialement.

OPPORTUNITÉS

Nombre d'applications important laissant de la place à un grand nombre d'acteurs

Forte tendance à la personnalisation et au « Do It Yourself »

MENACES

Acteurs étrangers fabricants de machines s'implantant sur le territoire français et menant une politique de rachat agressive

Risque accru de contrefaçons de données et de modèles

8 – Fornea D., Van Laere, D., Comité économique et social européen, 2015 : *Vivre demain. L'impression 3D, un outil pour renforcer l'économie européenne*

9 – Fornea D., Van Laere, D., Comité économique et social européen, 2015 : *Vivre demain. L'impression 3D, un outil pour renforcer l'économie européenne*

Facteurs clés de succès et recommandations

Le soutien au développement de nouvelles technologies (notamment : machines à cadence de production élevée, fiabilisation des machines, matières premières de très haute qualité, élargissement de la gamme des matériaux concernés et développement de procédés multimatériaux) au stade recherche et industrialisation est clé pour assurer à la France une position forte au sein du paysage de la fabrication additive. Plusieurs projets de recherche sont en cours, il faudra veiller à transformer ces projets en valeur industrielle et commerciale ainsi qu'à renouveler les sujets de recherche pour viser une position de pointe.

Dans la continuité des travaux de recherche, le soutien des acteurs industriels français est clé. Leur développement pourra notamment s'appuyer sur

les filières fortes telles que l'aéronautique pour se déployer en France puis à l'international.

La poursuite de la normalisation et la participation des acteurs français à cette démarche sont également essentielles afin d'éviter que les acteurs français ne soient exclus en raison de choix normatifs qui leur seraient défavorables.

Enfin, la fabrication additive apporte de nouveaux métiers pour lesquels il faudra assurer un personnel qualifié. Ainsi, des formations aussi bien continues qu'initiales doivent être mises en place pour répondre aux besoins des industriels sur tous les nouveaux postes de la fabrication additive (conception, méthodes, production, maintenance, etc.) et accompagner leur développement.

Acteurs clés

Fabricants de machines : Prodways (groupe Gorgé), BeAM (spin off de l'Irepa), Phenix System (détenue à 80 % par l'américain 3D systems), CADVision

Sociétés de services autour de la fabrication additive (sous-traitance de production, aide à l'industrialisation...) : Spartacus3D, Sculpteo, Cirtes, 3A, Exceltec, GM Prod

Fournisseur de matières premières : Arkema, Rhodia, Air Liquide, Erasteel (groupe Eramet), Poudmet

Fournisseurs de logiciels CAO : AutoDesk, SpaceClaim, Cadlink, SolidThinking, Dassault Systems

Industriels utilisateurs : Thalès, Snecma, Dassault Aviation, MediCréa, One Ortho, Gemmyo

Acteurs de la recherche et centres techniques : École Centrale de Nantes, IRCCyN (Institut de Recherche en Communication et Cybernétique de Nantes), CNAM (Conservatoire National des Arts et Métiers), PEP (Centre technique de la plasturgie et des composites), CTC (Centre de Transfert de Technologies Céramiques), Labex CEMAM (Centre d'Excellence sur les Matériaux Architecturés Multifonctionnels), Inserm (Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale), Irepa Laser, UTBM (Université Technique de Belfort Montbéliard)

Institut Carnot : ICEEL, MICA, M.I.N.E.S., ARTS, CEALIST ; MICA, CIRIMAT, Énergies du Futur, CETIM (CEntre Technique des Industries Mécaniques)

Pôles de compétitivité : Materalia, Viaméca, EMC2, Aerospace Valley

Clusters : i-Care

IRT : M2P, Jules Verne

Associations : AFPR (Association Française du Prototypage Rapide)

Position des acteurs français

Position des entreprises françaises dans la compétition mondiale

En position de leadership

Dans la moyenne

En retard



Position des acteurs académiques français dans la compétition mondiale

En position de leadership

Dans la moyenne

En retard

