

NOTE RAPIDE

DE L'INSTITUT D'AMÉNAGEMENT ET D'URBANISME - ÎLE-DE-FRANCE N° 726

ÉCONOMIE

Septembre 2016 • www.lau-idf.fr

ANNEXE 1

USINE/INDUSTRIE DU FUTUR

IMPRESSION ADDITIVE IMPRESSION 3D

DÉFINITION

Selon la norme NF E67-001, la fabrication additive est l'« ensemble des procédés permettant de fabriquer, couche par couche, par ajout de matière, un objet physique à partir d'un objet numérique ». Ces procédés se différencient par :

- la manière de déposer les différentes couches de matériaux (fusion, frittage, polymérisation, etc.) ;
- les matériaux utilisés : solide, sous forme de produits semi-finis rubans ou fils.

Extrait du *Guide pratique de l'usine du futur. Enjeux et panorama de solutions.*¹

Une imprimante 3D est dans son fonctionnement très semblable à celui d'une imprimante 2D avec, à la base, des matériaux en poudre, filaments solides ou liquides, déposés et cuits au cours du processus d'impression pour les solidifier. Les matériaux utilisés sont variés et se développent : plastiques et composites, céramiques, métaux, matières organiques. Ce procédé existe depuis les années 1980, mais s'est fortement démocratisé depuis les années 2010, avec l'accélération des avancées technologiques et l'abaissement des coûts.

Par ce procédé, on fabrique aujourd'hui des pièces automobiles et aéronautiques complexes, des prothèses, de la joaillerie, des préparations culinaires et, récemment, des organes à partir de tissu humain.²

MARCHÉ ET ÉVOLUTION ATTENDUE

Le marché mondial (producteurs d'équipements, de logiciels, et fournisseurs de services d'impression 3D), estimé à 5 milliards de \$ en 2015, devrait atteindre entre 18 et 21 milliards en 2020.

En 2015, le marché mondial des imprimantes personnelles (moins de 5 000 \$ par unité) était de 278 000 pièces (x2 comparé à 2014) et de 13 000 imprimantes professionnelles.

Le marché est dominé par les imprimantes de matériaux plastiques, mais les récentes évolutions ont permis aux imprimantes métal de fortement progresser (+75 % de ventes). Selon le rapport Wohlers, le segment de la fabrication additive métallique représentait en 2014 déjà plus de 600 millions d'euros, avec une croissance moyenne annuelle de plus de 20 %.³

IMPACTS POSSIBLES DE LA TENDANCE SUR L'INDUSTRIE

L'impression additive permet :

- une forte réduction du cycle d'innovation et du temps de mise sur le marché ;
- un design et une production efficaces (légèreté, résistance, complexité, diminution des assemblages, outillage réduit) qui conduisent à une diminution possible des stocks de matière ;
- une réduction/disparition de l'outillage ;
- une production en temps réel par rapport à la demande (production et livraison sous 24 heures possibles) ;
- une forte personnalisation possible des biens et produits à la demande, à bas coût, en volumes réduits : c'est la « customisation de masse » ;
- une variété de production par le même outil (capacité à produire des biens différents) ;
- une capacité de production d'objets à différentes échelles, de quelques centimètres à plusieurs mètres ;
- une forte réduction des déchets en fabrication ;
- une production accessible à tous, avec peu de barrières à l'entrée ;
- le *remanufacturing* de pièces usagées ou endommagées, avec les mêmes fonctionnalités que la pièce d'origine.



INSTITUT
D'AMÉNAGEMENT
ET D'URBANISME



Île de France



Paris Region Digital Ecosystem

Aux États-Unis, c'est une technologie jugée à fort pouvoir disruptif, jusqu'au président américain Barack Obama de déclarer qu'elle « a le pouvoir de révolutionner la façon dont nous fabriquons presque tout ».

L'impression 3D et la forte personnalisation de la production qui en découle sont de nature à favoriser un rapprochement des lieux de production avec les lieux de consommation, et la possibilité d'innover dans la distribution et la fourniture de services clients encore plus performants, grâce à une plus grande réactivité. Le coût de la logistique devient alors relativement plus élevé. Les pays disposant d'un haut capital intellectuel, et des coûts de production élevés, deviendraient à nouveau compétitifs au niveau international. C'est le pari que font les États-Unis en misant massivement sur cette technologie.

« Il n'est pas difficile d'imaginer l'usine du futur capable de manufacturer dans les mêmes locaux des ustensiles de cuisine, des composants utilisés dans l'industrie aéronautique et des produits pharmaceutiques, grâce à une seule ligne d'imprimantes tridimensionnelles. Ce jour-là, les structures industrielles telles que nous les connaissons auront été fortement impactées : plusieurs étapes de la chaîne de valeur produit auront été drastiquement réduites ou supprimées, notamment la distribution, le stockage et la vente au détail (...). La personnalisation des produits est assurée, incitant les nouvelles stratégies de production basées sur la collaboration avec le consommateur, notamment par la création de "coproduits" »⁴

Challenges à surmonter pour les entreprises :

- production non compétitive de grands volumes de produits ;
- variété encore limitée des matériaux utilisés pour les impressions ;
- coût encore élevé des matériaux de base utilisés comme intrants (pour le métal, jusqu'à 30 fois l'équivalent en matière brute) ;
- difficulté de combiner plusieurs matériaux (notamment dans l'électronique) ;
- impression complexe d'objets de grande taille ;
- interrogations sur la qualité et la durabilité des biens finaux ;
- la question de la propriété intellectuelle de la contrefaçon.^{4,5}

SECTEURS LES PLUS CONCERNÉS EN 2016

L'impression additive, après avoir été cantonnée aux prototypes (prototypage rapide), puis à l'outillage (outillage rapide), s'est développée sur des productions de niche et des petites séries de produits à haute valeur ajoutée en production directe. Elle investit de plus en plus de secteurs, dont les pionniers sont :

- l'outillage ;
- l'aéronautique (pièces complexes) ;
- l'automobile (prototypes et outillage) ;
- la défense ;
- la santé (prothèses pour implants, prothèses dentaires et auditives) ;
- le luxe (joaillerie) ;
- l'énergie en cours de développement (éléments de turbines).

Les applications naissantes concernent :

- l'alimentation ;
- l'industrie du jouet (plasturgie) ;
- l'ameublement ;
- l'électronique et la mécatronique, avec intégration directe dans les produits ;
- l'architecture, la construction, le design ;
- la fonderie : développement de la fabrication de moules par fabrication additive.

SECTEURS LES PLUS CONCERNÉS POTENTIELLEMENT D'ICI À 2020

À mesure que l'impression additive gagnera en vitesse d'impression et en baisse des coûts des matières premières, elle prendra le pas sur des modes de production traditionnels, en commençant par les produits requérant une production variée, et les produits complexes à forte valeur ajoutée.

Ainsi, en quelques années, l'impression additive est passée d'applications purement prototypes à des pièces fonctionnelles de grand format pour l'aéronautique, certaines composant les pièces de moteurs.

Fin 2014, Hewlett-Packard annonce un procédé en cours de développement, la « technologie de fusion Multijet », qui promet une multiplication de la rapidité d'impression par 10 à 25, ce qui lui permettrait de passer le cap de l'industrialisation (grandes séries).

McKinsey Global Institute estime cependant que la majorité des biens produits le sera encore dans sa forme traditionnelle en 2025.^{2,5}

NATIONAL

ACTION DE L'ÉTAT CONCERNANT CETTE TENDANCE

Action : label French Tech doté de 215 M€, appel à projet 14 *fab labs* lancé en 2013 (dont 3 lauréats en Île-de-France) pour 2,2 M€. 34 plans : impression 3D.

NFI : valorisation de la fabrication additive comme offre technologique pour l'industrie du futur en France.

Piave : projets industriels d'avenir « Industrie du futur-Projets d'excellence et plate-forme ».

Dispositif fiscal pour les PME s'équipant d'imprimantes 3D, permettant un amortissement sur deux ans au lieu de dix.

ÎLE-DE-FRANCE

ACTION DE L'ÎLE-DE-FRANCE CONCERNANT CETTE TENDANCE

Financement d'une carte interactive permettant la visualisation des *fab labs* en Île-de-France : <http://www.techonmap.fr>
Participation au financement de *fab labs*.

FabLab Tours en 2016 (semaine de l'industrie).

Financement de projets collaboratifs de R&D (exemples de ces projets en fin de document).

Soutien au projet Aigle qui expose, entre autres, les enjeux de la fabrication additive.

Soutien à Élyzée Consortium qui comprend un groupe marché de « pièces métalliques complexes ».

POSITIONNEMENT DE LA FRANCE

Appropriation : un parc installé (industriel et grand public) encore faible au regard des leaders mondiaux.

7^e parc mondial avec 3,3 %.

Les imprimantes 3D installées dans le monde en 2013 (en % du total mondial)



Filière : on compte 40 leaders mondiaux sur le segment professionnel (machines de plus de 5 000 \$), largement dominé par les États-Unis, devant la Chine.

En Europe, c'est l'Allemagne qui domine, puis le Royaume-Uni.

La France comptait deux acteurs d'envergure mondiale. Il n'en reste plus qu'un depuis le rachat de Phénix Systems, basé à Orsay, par le leader mondial américain 3D Systems.

En France, elle occupe une forte position dans les matériaux et le numérique (notamment les logiciels 3D). Le groupe Gorgé est le seul Français constructeur d'imprimantes 3D d'envergure mondiale. Il ambitionne de se hisser au 3^e rang mondial. L'Alsacien BeAM est le leader européen d'imprimantes 3D par poudre métallique.

La France bénéficie également de la présence de grands donneurs d'ordres, qui adoptent ces technologies et constituent autant de débouchés et de preuves du concept.

Pour l'Académie des technologies, il ne s'agit pas de gadgets. « Si l'impression plastique a retenu à ce jour toutes les attentions, c'est l'impression métal qui va être au cœur de la reconfiguration industrielle, où apparaît aujourd'hui une nouvelle dynamique », constatent les académiciens dans un avis voté le 10 juin 2015.

Or, si la France s'est depuis longtemps fait distancer par l'Allemagne ou le Japon dans le domaine des machines de fabrication et de la robotique, ses compétences en matériaux et en métallurgie sont un atout qu'elle peut mobiliser pour conquérir une place de choix sur ce marché émergent.

L'académie conseille de ne pas laisser passer cette occasion. Un avis publié sur son site précise les axes de recherche à développer dans le domaine de la physique et de la chimie des matériaux pour franchir les barrières techniques. Ce qui permettrait d'appliquer la fabrication additive à une plus grande gamme de composants et à des matériaux plus nombreux.⁶

ÉCOSYSTÈME EN ÎLE-DE-FRANCE

Centre d'impression 3D métal : Z3D Lab (95)

Fabricants d'imprimantes 3D industrielles : Renishaw (GB), bureau commercial à Champs-sur-Marne ; 3D Systems (USA), filiale France à Orsay ; Roland (USA), bureau commercial à Saint-Thibault-des-Vignes ; groupe Gorgé (France), siège à Paris 2^e, et siège de sa filiale Prodways aux Mureaux ; Arburg (Allemagne), bureau commercial à Aulnay-sous-Bois.

Fournisseurs de matériaux en poudre : Arkema (polymères), Mersen (graphite), Erasteel (métal).

Fabricants de scanners 3D : Renishaw (GB).

Technologie impression 3D : OsseoMatrix (Évry, France).

Logiciels de création 3D : AS3D Montigny-le-Bretonneux, 3D Slash Paris, CAD Vision Guyancourt, Cadlink Morangis, Autodesk Paris, SketchUp Fontenay-sous-Bois, Dassault Systèmes Vélizy-Villacoublay, TopSolid Évry...

Prestation d'impression 3D (prototypage ou fabrication directe) : Poly-Shape Saint-Pierre-du-Perray, LDV3D Versailles, Le Monde 3D Paris, WiShape! Saint-Cloud, Camtecs Engineering Paris, Makevo Paris, 3DLyfe Yerres, La Fabrique 3D Pantin, Made in 3D Serris, Solid Studio Paris, Cubeek3D Élancourt, L'empreinte3D Vitry-sur-Seine, AVATAR émoi Paris, NoovUp Paris, Teotech Noiseau, 3DO Paris, Maker/Seine Paris, deSap Meudon, SN3D Paris Paris, Urbica MLV, Herdanza Pontoise, CADvision Guyancourt, Erpro/Sprint Plastique Saint-Leu-la-Forêt, Comptoir des Makers Paris, 3BIGGG.COM Paris, Shapelize Paris, Sculpteo Issy-les-Moulineaux, Kid Art 3D Paris, Prismadd Grigny, Cresilals Marcoussis, Erpro-Sprint Plastique Saint-Leu-la-Forêt, STYX Technologies Aulnay-Sous-Bois, etc.

Recherche : Xtree (projet d'impression additive à grande échelle pour le BTP) Paris, Onera, Eramet.

Pôles et réseaux d'entreprises : Astech, Cap Digital, Systematics, OpticsValley, Elastopôle, Elyzée Consortium.

Plate-forme collaborative : projet Aigle (cf. annexe), structures d'expertise de l'usine du futur du Boston Consulting Group et du CEA à Saclay^{5,7}.

AFOM ÎLE-DE-FRANCE

ATOUTS

Sur l'appropriation de l'impression 3D dans les industries :

- l'engouement pour la technologie avec de nombreux *fab labs* publics ou privés, ou services d'impression au service des inventeurs et industriels, et facilement accessibles aux PME et TPE ;
- la présence de nombreux donneurs d'ordres et sous-traitants appartenant à des filières où l'impression additive est porteuse (aéronautique-défense, automobile, médical, etc.) ;
- de nombreuses entreprises franciliennes spécialisées dans le prototypage ont adopté cette technologie ;
- la présence du Cetim ;
- la création de deux centres d'expertise de l'usine du futur à Saclay (Boston Consulting Group et CEA).

Sur l'écosystème impression 3D francilien :

- l'ensemble de la chaîne de valeur est présente (R&D, fabricants, services, lieux d'expérimentation...), avec des acteurs de rang mondial, notamment sur la partie logicielle, et, dans une moindre mesure, les services d'impression. Un fabricant français d'imprimantes industrielles de rang mondial (groupe Gorgé).
- deux pôles de compétitivité qui lui sont fortement liés et une grappe d'entreprises reconnues internationalement qui correspond à son cœur (logiciel-laser).

FAIBLESSES

Sur l'appropriation de l'impression 3D dans les industries :

- un retard par rapport à d'autres pays dans la diffusion de cette technologie auprès des entreprises. Faut-il des imprimantes 3D dans les lycées ? Doit-on étendre le réseau des *fab labs* franciliens, et favoriser un accès préférentiel aux PME industrielles ? Faut-il favoriser le prêt ou la mutualisation d'imprimantes 3D ?

Les freins identifiés :

- coût encore élevé des machines et des matériaux ;
- manque de connaissance :
 - sur la technologie et son application possible dans l'entreprise. Le caractère encore fortement évolutif de la technologie favorise des comportements d'attente,
 - sur l'implication de l'impression 3D en termes de conception et de finition et, plus généralement, de changement de modèle économique. Besoin d'accompagnement sur le choix des technologies les plus adéquates,
 - compétences internes pour la mise en œuvre,
- aspects techniques : qualité des états de surface et de finition des pièces.

De l'écosystème impression 3D francilien :

- seul un acteur de la production d'imprimantes 3D présent en Île-de-France développe des activités de conception et de production ;
- manque de visibilité de l'écosystème au niveau international ?

OPPORTUNITÉS

Sur l'appropriation de l'impression 3D dans les industries :

- la frontière entre usage industriel et grand public s'estompe, une part du grand public pouvant potentiellement devenir un inventeur et un créateur d'entreprise. C'est le sens des *fab labs*. Les industriels peuvent facilement intégrer cette technologie (en propre ou par le biais de tiers) et y trouver un gain pour peu que le projet soit réfléchi et intègre toutes les possibilités liées à l'impression 3D : design repensé, nouveaux services, formation du personnel, etc.
- des entreprises en phase de test en interne qui peuvent être appuyées dans leur démarche et constituer des références pour les autres.

Pour l'écosystème impression 3D francilien :

- un fabricant parmi les leaders mondiaux de l'impression métal positionné sur un segment très porteur avec un marché francilien conséquent. Indéniablement, les fabricants franciliens d'imprimantes 3D devraient capter une partie des marchés français et étrangers. Une forte appropriation en Île-de-France constituerait pour eux une base utile (mais pas suffisante) ;
- l'impression 3D permet une production directement à partir de fichiers numériques, mais les pièces ne sont pas directement utilisables. Celles-ci nécessitent un post-traitement (enlèvement des supports, traitement de surface, etc.) qui peut apporter de l'activité aux entreprises franciliennes spécialisées dans ce domaine ;
- les référents Île-de-France de l'Alliance pour l'industrie du futur sont en charge de la déclinaison des concepts et de la présentation des technologies clés auprès des entreprises. Cette nouvelle dynamique devrait susciter des transitions au sein des PME.

ENJEUX/MENACES

Sur l'appropriation de l'impression 3D dans les industries :

- le manque d'information sur l'intérêt, les technologies et les enjeux de l'impression 3D ;
- les contre-références, mauvaise maîtrise de l'outil, manque de personnel formé.

Sur l'écosystème impression 3D francilien :

- les fabricants franciliens d'imprimantes 3D ne sont pas à l'abri d'un rachat par un groupe étranger, avec une dilution de leurs compétences ;
- les entreprises franciliennes spécialisées dans l'usinage de pièces peuvent être fragilisées par l'irruption de ce procédé, si celui-ci venait à s'étendre et qu'elles ne se seraient pas préparées à cette évolution.⁷

Thierry Petit, économiste
sous la responsabilité de Vincent Gollain,
directeur du département économie

1. Fédération des industries mécaniques (FIM), *Guide pratique de l'usine du futur. Enjeux et panorama de solutions*, octobre 2015.
2. Renée Ingelaere, *Innovations technologiques et performance industrielle globale : l'exemple de l'impression 3D*, Conseil économique, social et environnemental, mars 2015.
3. Wohlers Report 2015. Le cabinet de conseil américain Wohlers Associates publie chaque année, depuis près de vingt ans, des données généralement considérées comme fiables sur la situation et les perspectives d'avenir dans l'industrie de la fabrication additive.
4. Bouffaron Pierrick, *Note de synthèse Innovation*, Ambassade de France aux États-Unis, août 2014.
5. Maddyness, « Impression 3D. État des lieux, chiffres clés et perspectives de la fabrication additive », 26 mai 2015. <http://bit.ly/2dl2s3W>
6. Les enjeux stratégiques de la fabrication additive : positionnement de l'académie des technologies. www.academie-technologies.fr
7. Direccte Centre, CCI Centre, FabLab d'Orléans, « Impression 3D. État des lieux et perspectives », décembre 2014.

Présentation du projet Aigle

Situé au Bourget, à proximité immédiate du musée du Bourget et du nouveau site d'Airbus Helicopters, le projet Aigle comporte 4 composantes complémentaires :

- un incubateur, pépinière, hôtel d'entreprises (IPHE), dédié à la création et au développement des entreprises innovantes ;
- un pôle formation avec un projet d'implantation de l'AFMAÉ, CFA des métiers de l'aérien ;
- un centre d'animation de la filière aéronautique en lien avec ASTech : organisation d'événements BtoB, colloques, showroom (le pôle devrait s'implanter au Bourget début 2016) ;
- un hôtel à démonstrateurs de produits (équipements et composants) comportant :
 - une cellule de production flexible et équipements associés
 - un service « industrialisation, qualité, propriété intellectuelle »

Cet hôtel à démonstrateur (HAD) permettra la mise en œuvre de projets de recherche et technologie (R&T) de petite taille (entre 150 K€ et 1,5 M€ d'investissement) conduits par des PME, et la réalisation de démonstrateurs de produits, l'objectif étant le passage du brevet au produit. Outil de transfert de technologies et de réindustrialisation, il devrait proposer la fabrication additive parmi les technologies mises à la disposition des industriels franciliens.

Focus sur l'entreprise STYX Technologies, spin off des groupements Élyzée Consortium

STYX Technologies est une SAS créée en mars 2016 par six entreprises complémentaires. Elle est issue du groupement Élyzée Consortium soutenu par la Région Île-de-France dans le cadre du plan interfilières industries. La société fabrique et répare en série des pièces métalliques par fabrication additive (FA). Son ambition est de devenir un acteur majeur dans la fabrication de pièces neuves pour l'automobile et dans la réparation pour l'aéronautique, des marchés demandeurs et en expansion pour lesquels le gain de temps est une attente forte. Elle se focalise d'abord sur la réparation de pièces à fort coût grâce au procédé Clad, en s'appuyant sur cette technologie développée par BeAM.

Exemples de projets de R&D en lien avec la fabrication additive

Falafel, fabrication additive par procédés laser et faisceau d'électrons (FUI 9)

Le projet Falafel vise à mettre en œuvre et à valider, dans des conditions industrielles, les procédés de fabrication directe de pièces métalliques ou composites à matrice métallique.

Le consortium a notamment travaillé à la conception et à la fabrication de machines de projection et de fusion de lits de poudre de plus grande dimension par rapport à celles existant sur le marché.

Le projet, achevé en 2014 après quatre années de travaux, regroupait des partenaires industriels du Groupement des industries aéronautiques et spatiales (Gifas), Dassault, EADS, Snecma, Airbus Helicopters, MBDA, deux PME, Ares et TPSH, et des laboratoires de l'École des mines, des Arts et Métiers, de l'Énise et de l'UTBM.

Parmi les retombées notables, on peut citer la création de l'entreprise BeAM, leader européen dans la fabrication de machines de fabrication additive. La Région Île-de-France a financé deux partenaires pour un montant de 878 K€ :

- l'entreprise Polyshape : 261 K€ (chef de file du projet)
- l'entreprise TPSH : 617 K€

Nenufar, nouveaux emplois, nouvelles utilisations de la fabrication additive en réparation (FUI 19)

Labellisé par le pôle Astech en 2014, le projet Nenufar a démarré en 2015. Il réunit 13 partenaires, répartis sur l'ensemble du territoire national, qui visent à développer de nouveaux emplois dans la technologie de fabrication additive. Le projet va s'attacher plus particulièrement à la réparation de pièces de fonderie qui sont rebutées pour des raisons de fissuration ou de criques apparaissant sur ces matériaux après fabrication. La poudre servant de matière première pour la réparation de ces pièces est issue du recyclage de pièces de fonderie inutilisées. Ce projet devrait offrir un marché et une perspective de développement rapide à la filière fabrication additive par projection de poudres en France.

La Région Île-de-France finance deux partenaires pour un montant de 755 K€ :

- l'entreprise APS : 651 K€ (chef de file du projet)
- l'Onera : 104 K€