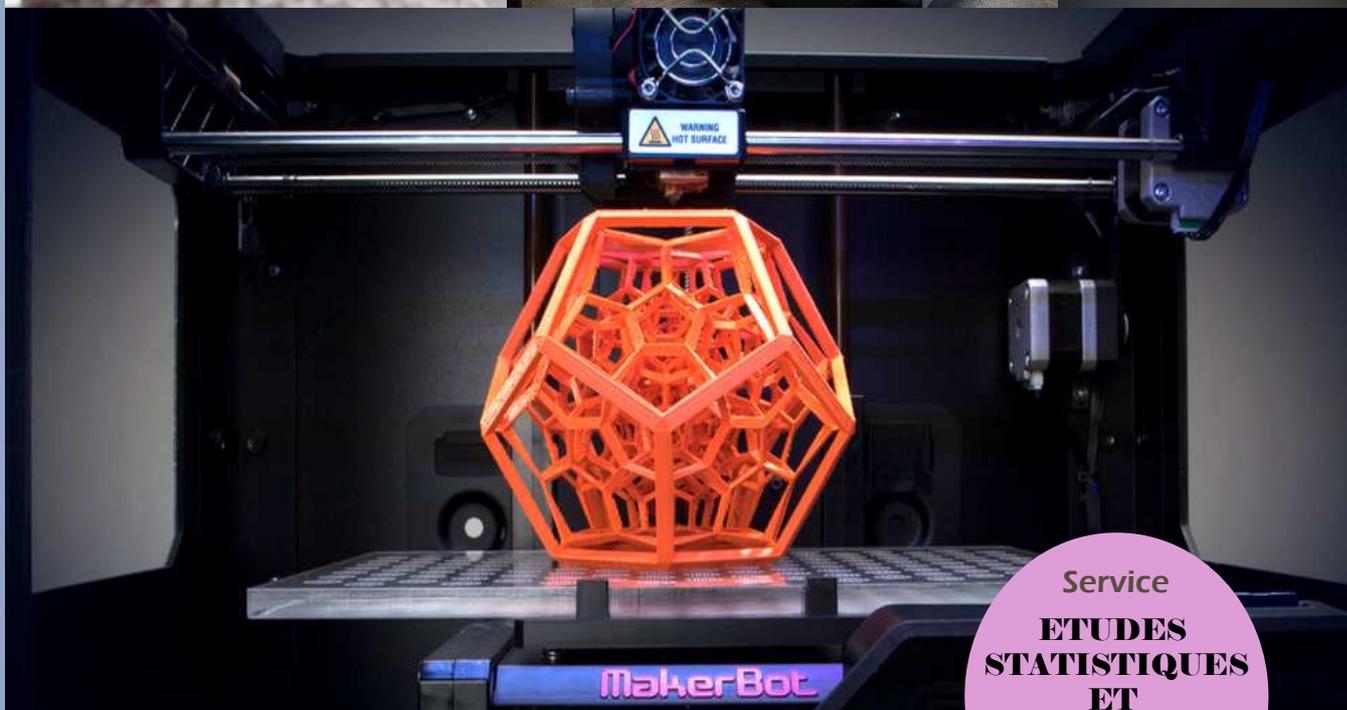


## ETUDE FILIERE

# Fabrication Additive

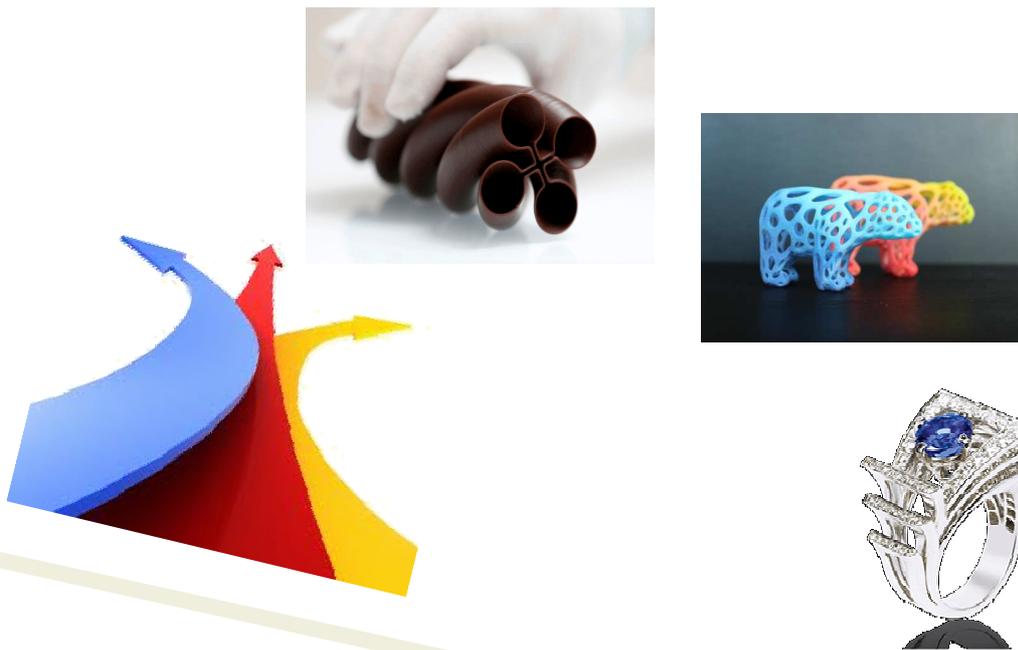


Service  
**ETUDES  
STATISTIQUES  
ET  
PROSPECTIVES**

## LE FUTUR DE L'IMPRESSION

**Impact et Opportunités  
sur l'artisanat**

Technologies pratiquées  
Avantages et inconvénients  
Métiers sensibles à l'innovation



Exemples de réalisation d'objets 3D



Exemples de logiciels de modélisation 3D



Exemples de moules réalisés par impression 3D pour Artisanat d'art ou Alimentaire

# ETUDE FILIERE

## Fabrication Additive

### *Sommaire*

- **La Fabrication Additive**
  - Définition et applications
  - Les exemples révélateurs du marché
- **La filière et ses acteurs**
  - Les 4 marchés importants et la position d'Occitanie
  - Des acteurs nombreux et transversaux
  - La mise en œuvre technique en 4 étapes
  - Le fichier numérique comme point de départ
- **La pratique et les perspectives dans l'artisanat**
  - La pratique industrielle et son retour d'expériences
  - Pratiques et perspectives dans l'artisanat par secteur
  - Typologie des pratiques par métier
  - Pratiques les plus innovantes
- **Maturité du marché et les possibles actions**
  - Actions possibles selon la pratique / le marché des 10 métiers clés
  - L'artisan et l'imprimante 3D : les chemins croisés
  - Synthèse pour l'artisan
- **Conclusion et perspectives Formation et Veille**



# LA FABRICATION ADDITIVE

## Définition, applications et exemples

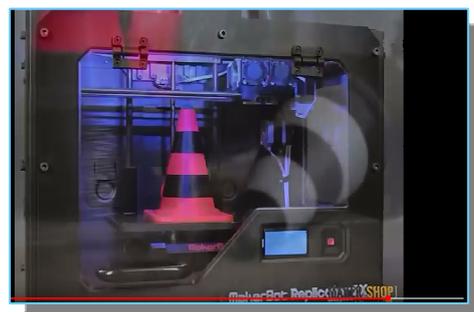
Depuis plusieurs années, la robotisation et les imprimantes 3D ont fait leur apparition pour automatiser les processus industriels. Avec la recherche sur l'intelligence artificielle (programmation approfondie de techniques de fabrication avec un logiciel), ces outils ont réalisé de plus en plus de tâches manuelles récurrentes avec un niveau de qualité satisfaisant.

Quels sont les effets de ces nouveaux outils sur l'entreprise artisanale ? Comment peut-elle en tirer partie ?

- **Par définition**, la fabrication additive, terme très utilisé dans le domaine industriel, désigne les procédés de fabrication par ajout de matière, la plupart du temps assisté par ordinateur.

Par exemple, un plot de jeux ou de signalisation peut être réalisé par un procédé d'empilement de couches successives de plastique. Cette fabrication est réalisée à partir d'un fichier numérique descriptif de l'objet (cf page 7).

La fabrication additive s'applique à un grand nombre de matériaux tels que plastiques, métalliques ou céramiques. L'impression 3D est un cas particulier de fabrication additive.



Ref : L'imprimante 3D Makerbot Replicator 2X (en vente sur Makershop.fr)

<https://www.youtube.com/watch?v=KR1onjZ4x64>

- **Applications les plus courantes et les applications en développement ...**

Les applications les plus courantes ont servi au **prototypage** de pièces ou d'objets non-finis, pour dimensionner un produit et définir les formes et les usages optimaux. D'autres applications ont porté sur une recherche de **personnalisation** ou du « sur mesure » dans le secteur médical par exemple. Enfin la réalisation de **petites séries** à ajuster au cas par cas a vu le jour dans certains secteurs :

- Dans le secteur automobile : une maquette numérique ou des préséries sont réalisées pour tester une typologie de carrosserie.
- Dans les secteurs de pointe (aérospatial, aéronautique, automobile), la fabrication d'outillage industriel par imprimante 3D vise à rechercher des propriétés résistance/légèreté avec un nouveau composite pour alléger un avion (cf page 5).
- La fabrication de produits personnalisés ou sur mesure est très présente dans l'industrie médicale, par exemple : implants chirurgicaux, dentisterie, appareils auditifs, semelles orthopédiques,

Plus récemment, les préparations de produits alimentaires comme la dentelle de chocolat ou la confection de vêtements via des patrons réalisés avec l'imprimante 3D ou encore la construction de corniches en matériaux bois/composite, plâtre ou béton à propriété précise (séchage rapide/résistance) constituent les nouveaux développements sur le marché.

## • Quelques exemples révélateurs du marché

La « 3D Ice Cream Machine » est un type d'imprimante 3D qui fabrique des **glaces** à l'italienne de différentes formes (carré, triangle, ronde, réplique de la tour Taipei 101)

(Taiwan 2015 <http://www.monunivers3d.com/4547/>)



La « Choc Edge » \* est une imprimante 3D **chocolat**; elle permet d'imprimer des formes très complexes. (France 2014)

<https://www.lesimprimantes3d.fr/choc-edge-imprimante-3d-chocolat-shapelize-20140125/>

\*Bordure en chocolat

L'entreprise Humanlab fabrique des prothèses modernes des membres inférieurs (main bionique) à l'aide d'imprimante 3D (Fablab) (France)



[http://www.lemonde.fr/chronique-des-communs/article/2016/12/27/au-human-lab-de-rennes-dessine-moi-une-main-bionique\\_5054420\\_5049504.html](http://www.lemonde.fr/chronique-des-communs/article/2016/12/27/au-human-lab-de-rennes-dessine-moi-une-main-bionique_5054420_5049504.html)



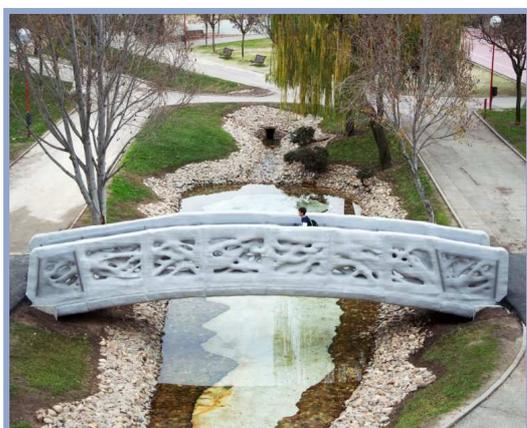
Dans le secteur **aéronautique**, un **prototype** 1/8ème de mat-réacteur\* conçu via la fabrication additive (en titane et en seul morceau) est en cours de test.

Cette conception a permis une diminution de 50% du nombre de pièces utilisées (320 pièces au lieu de 650) et une réduction du poids final (100 kg au lieu de 600kg). Cette pièce est soumise à de fortes contraintes environnementales dont la fiabilité en terme de propriétés thermomécaniques doit être garantie. (source : Sogetclair)

<https://www.initial.fr/case-studies/etudes-de-cas-industrie-aeronautique-le-spatial-et-la-defense/sogetclair-etude-prospective-du-mat-reacteur/>

\*Le mâ-t-réacteur appelé également pylône relie la voilure au réacteur. Léger et résistant à des températures allant de -50° à +600°C, c'est en titane que cette partie de l'appareil est fabriquée.

Le premier **pont en béton** imprimé en 3D a été installé dans le Parc Castilla La Mancha à Alcobendas au nord de Madrid. Il a été entièrement fabriqué en béton et mesure 12 mètres de long pour 1,75 m de large. (Espagne février 2017).



Ref : Pont imprimé 3D – Madrid

<http://www.concept-yrys.com/2017-06-16-beton-fait-sa-revolution-newsletter-concept-yrys-by-mfc/>

La fabrication de moules avec l'imprimante Form 2 est une méthode puissante de production en petites quantités de pièces en matériaux plastiques courants ou en élastomères, pour réaliser des **corniches** ou décoration en plâtre..



Pour les moules utilisés à température élevée, la résine haute température présente des propriétés thermiques supérieures à moindre coût, et des délais de production bien plus courts qu'en faisant appel à la sous-traitance

Ref : Fabrication de corniche grâce à des moules construits par impression 3D (source : Formlabs 2016 )

[https://formlabs.com/media/upload/MoldMaking\\_whitepaper-FR.pdf](https://formlabs.com/media/upload/MoldMaking_whitepaper-FR.pdf)

# LA FABRICATION ADDITIVE

## La filière et ses acteurs



La fabrication additive influence **4** marchés importants.

LOISIRS & CULTURE
Énergie, MOBILITÉ, Telecommunications
Environnement, HABITAT, SANTÉ ET BIEN-ÊTRE, Sécurité
ALIMENTATION

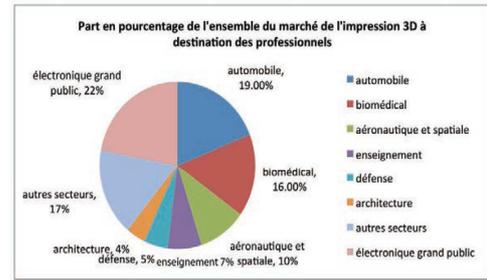
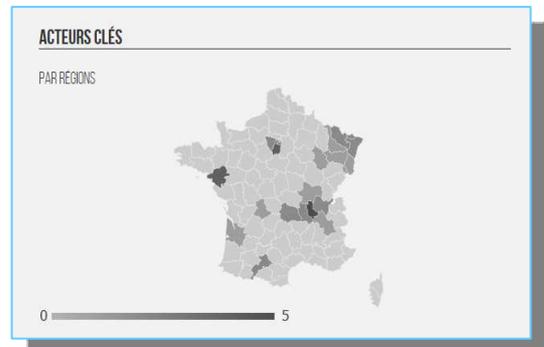


Figure 2 : Répartition du marché mondial de l'impression 3D par débouchés<sup>1</sup>

Une **filère aéronautique** forte a pu être moteur de l'utilisation de la fabrication additive pour les prototypes\* de pièces en composite allégé et résistant par exemple, avec un développement des entreprises et PME sous-traitantes. La **filère du luxe** fortement présente en France est aussi un relais pressenti pour la fabrication additive. Une tendance porteuse est celle de la **personnalisation** et du « Do It Yourself ».

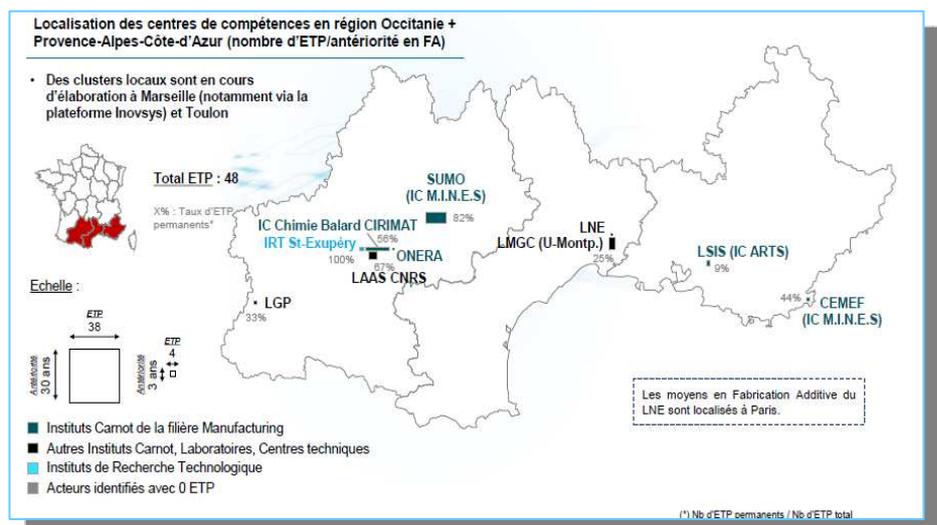
En nombre d'acteurs clés, la **Haute-Garonne** est repérée en **5° position** au niveau national après la zone Rhône Alpes, la zone Nord-Ouest et la région parisienne.

De bonnes compétences issues des laboratoires et des leaders de la sous-traitance de fabrication additive portent le marché en France et en Europe. Beaucoup d'applications se développent en laissant de la place à un grand nombre d'acteurs



<https://www.entreprises.gouv.fr/politique-et-enjeux/etude-technologies-cles-2020?tech=9>

Les principales villes de la région (Toulouse, Montpellier-Nîmes, Aix-Marseille, Nice) possèdent un laboratoire en fabrication additive, avec une forte concentration dans la région toulousaine.



[http://passthrough.fw-notify.net/download/355392/http://www.instituts-carnot.eu/sites/default/files/images/CarroFabAdd\\_CETIM-filiere-Manufacturing-juil2017.pdf](http://passthrough.fw-notify.net/download/355392/http://www.instituts-carnot.eu/sites/default/files/images/CarroFabAdd_CETIM-filiere-Manufacturing-juil2017.pdf)

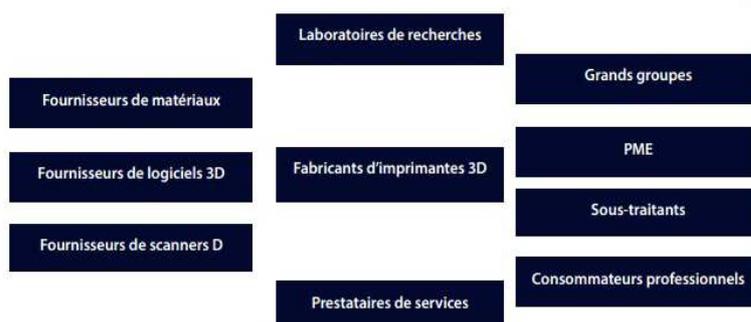
\* : Un **prototype** est un exemplaire incomplet et non définitif d'une pièce de ce que pourra être le produit ou l'objet final, pour faire des tests de résistance ou des usages.



Le marché compte peu de fabricants de machines en France et les compétences sur la fourniture de matières premières existent mais ont du mal à s'imposer commercialement. Les acteurs étrangers fabricants de machines s'implantent sur le territoire français et mènent une politique de rachat.

- **Les acteurs** sont donc nombreux à des étapes différentes de la filière.

Et il n'est pas rare que certaines entreprises se positionnent sur plusieurs créneaux, par exemple **les fabricants d'imprimantes** qui sont aussi prestataires de service ou des laboratoires qui font aussi de la sous-traitance.



Ref : Filière de la fabrication additive

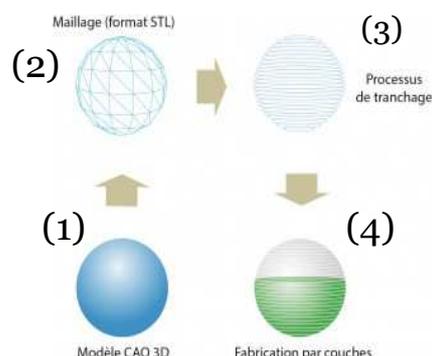
**Au niveau technique**, la Fabrication Additive (FA) regroupe 7 familles de procédés de fabrication par ajout de matière.

Zoom : 7 principes physiques de base d'addition de matière (normes ISO 17296-2)

1. Solidification d'une résine sous l'action d'un laser
2. Projection de gouttes de matériau
3. Projection d'un liant sur une poudre
4. Solidification de poudre sous l'action d'une source d'énergie de moyenne à forte puissance (laser ou faisceau d'électrons)
5. Projection de poudre dans un flux d'énergie (laser ou plasma)
6. Fusion de fils au travers d'une buse chauffante
7. Assemblage de couches à partir de feuilles ou de plaques découpées.

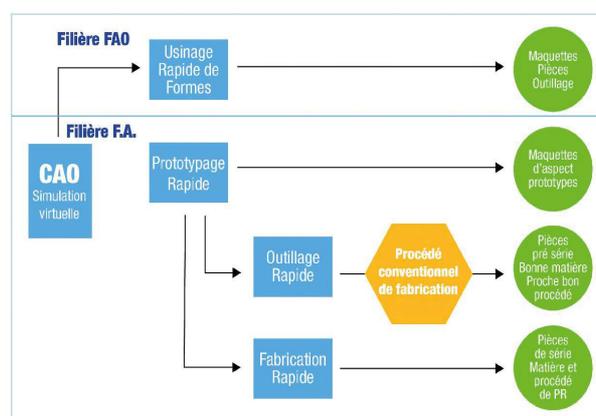
**La mise en œuvre** consiste en 4 étapes :

- (1) faire le dessin numérique 3D de l'objet (modèle CAO 3D) ,
- (2) l'image est modifiée par maillage dans un format très précis,
- (3) l'image est ensuite découpée en tranches numériques,
- (4) puis l'imprimante 3D reconstruit physiquement l'objet couche par couche.



La filière Fabrication additive (FA) ou « fabrication par couches », a donc pour point de départ **un fichier numérique** pour permettre un développement rapide de produit ; cette étape est indispensable pour la réalisation de l'objet.

Les applications sont devenues possibles et pertinentes avec le développement des formats d'échanges de données numériques et avec le rôle majeur amont de la CAO 3D (ou conception Assistée par Ordinateur 3D). La FA arrive après le prototypage virtuel (réalisation de maquette) et l'usinage rapide de forme (fabrication soustractive).



Les applications de la FA vont du « Prototypage Rapide » puis « Outillage Rapide », « Fabrication Rapide » avant d'être souvent qualifiées d'« Impression 3D ».

# LA FABRICATION ADDITIVE

## La pratique industrielle et son retour d'expérience

Des analyses précédentes et ci-référencées, 4 possibilités d'usage ou scénarios de la fabrication additive sont mis en relief :

- Prototypage et expérimentation d'objets,
- Personnalisation des objets
- Production de séries avec un gain de performance,

Cette étape passe souvent par une étape de préséries pour des marchés de niche (luxe, test ..)

- Evolution de la chaîne de valeur : production sur le site du consommateur ou de l'utilisateur de l'objet fabriqué via la FA (exemple : production de prothèses au sein de l'hôpital, production de la pièce détachée au sein du concessionnaire/garage automobile ...).

En voici une synthèse par grands marchés industriels, avec un recul de plusieurs années.

Scénario Marché	Prototypage et Expérimentation	Personnalisation	Production série et gain de performance	Evolution de la chaîne de valeur : flexibilité et production à la
<b>Aérospatial</b>	Moyen (nouveaux matériaux, pièces de grandes tailles)	Faible (niche sur l'aviation de luxe, intérieurs)	Fort (allègement, intégration de fonctions)	Fort (gestion des obsolescences, réduction du temps d'immobilisation)
<b>Médical</b>	Faible	Fort (segment porteur de la personnalisation)	Moyen (introduction de porosités sur certaines pièces)	Moyen (production d'implant à l'hôpital peu probable, réduction du stock sur certaines prothèses)
<b>Outillage</b>	Fort (segment porteur à court terme)	Faible	Fort (canaux de régulation et introduction de capteurs)	Faible (le procédé conventionnel est toujours utilisé)
<b>Automobile</b>	Faible	Faible (niche sur le sport automobile et le haut de gamme)	Moyen (variation d'alvéoles, pot catalytique)	Moyen (segment de la détachée non critique)
<b>Bien de consommation et grand public</b>	Faible (moins de 5 % de la population)	Moyen (réalisé par un prestataire en impression 3D)	Faible	Faible (la fabrication personnelle pas envisagée avant 2030)
<b>BTP</b>	Moyen	Faible	Moyen (peaux de coffrages et corniches)	Moyen (construction d'habitat sur site)
<b>Énergie</b>	Faible	Faible	Moyen (intégration de fonctions : échangeurs et	Fort (réparation)
<b>Ferroviaire</b>	Faible	Faible (la mise en concurrence des TER pourrait être un facteur de développement)	Faible	Fort (gestion des obsolescences, réduction du temps d'immobilisation)

Source : Synthèse « Futur de la fabrication additive », Ministère de l'Economie et des Finances / DGE /CGET/ PIPAME, Janvier 2017

Toutes ces expériences industrielles donnent lieu à un retour d'expériences du terrain, donnant aussi un recul sur cette filière ; voici les points forts et les points de fragilité et les opportunités ou les menaces du marché.

## Atouts

- Large palette de matériaux à imprimer en 3D (plastiques, résines, composites, acier inox, argent massif, aluminium) dont certains difficiles à usiner (titane)
- Limite la perte de matière (avantages coût)
- Réduit le temps de mise sur le marché et les délais de fabrication pour les produits personnalisés.
- Baisse du nombre d'étape de fabrication et donc réduction du temps d'assemblage (car moins de pièces)
- Réduction inventaire (réduction du nombre de vis, composants et fabrication à la demande)
- Production au plus près du consommateur (argument de vente)
- Plus grande qualité des biens ; notamment pour les biens médicaux (prothèses avec moins de retouches donc meilleur confort et meilleur rétablissement)
- Liberté de design, de forme et de quantités

## Faiblesses

- Coûts liés à l'investissement machine (peu de fabricants en France)
- Des post-traitements (reprise, finition) sont souvent nécessaires.
- Transition des savoir-faire avec intégration parfois de compétences numériques
- Tissu industriel de sous-traitants riche en terme de savoir faire mais souvent en taille critique
- Peu de fournisseurs de poudres métalliques ou de céramiques spécifiques à la fabrication additive
- Dispersion des financements

## Opportunités

- Gain de complexité permis par la fabrication additive
- Coût de conception diminué
- Permet d'éviter les problèmes d'approvisionnement liés aux questions d'obsolescence et de défaillances fournisseurs (coût des stocks dormants)
- Utilisation de matériaux recyclables (baisse de coûts)
- Rend possible la production de structure/pièces plus légères
- Facilite les mises en relation et le partage de connaissances avec les Fab Lab...

## Menaces

- Manque de connaissance des techniques et des outils (formation à développer)
- Pas encore adapté à la production en série (coût de fabrication à l'unité trop élevé)
- Concurrence étrangère importante comme l'Allemagne et la Belgique (beaucoup de fabricants étrangers s'implantant en France)
- Qualité à surveiller (contrefaçons de modèles ou de données)

<http://www.clubimpression3d.fr/futur-fabrication-additive/>

# FABRICATION ADDITIVE

## Pratiques et perspectives dans l'Artisanat

### Services

L'impression 3D est une technologie innovante qui se développe chaque jour et qui offre des nouvelles possibilités aux entreprises artisanales. Vu qu'elle exige de l'investissement important, son succès est possible dans les métiers qui sont déjà bien développés et où l'avantage concurrentiel est très important.

La méthodologie d'analyse utilisée consiste en 2 étapes :

- A partir d'une synthèse documentaire et d'interviews avec des experts de la filière (formateur imprimante 3D, chefs d'entreprises imprimante 3D et experts du secteur conseil numérique auprès des TPE, formateur FabLabs), une synthèse des pratiques locales a été dressée pour positionner l'utilisation de l'imprimante 3D au sein du métier (synthèse des pratiques).
- Présentation des pratiques les plus avancées ou novatrices qui tirent le marché des professionnels de la filière ; avec une mise en relief du marché potentiel pour les métiers à plus gros effectif en Haute-Garonne.

### Synthèse des pratiques

Dans le secteur des **Services**, plusieurs usages apparaissent ou commencent à apparaître :

- Pour les services aux entreprises, la **digitalisation** nécessaire à l'impression 3D enrichira les métiers « secrétariat, bureautique, informatique » et « photographie » dans l'activité de création de fichier 3D (savoir-faire d'ajustement de fichiers réalisés par scanner 3D ou photographie 3D).
- Les services aux ménages pourront proposer des **produits sur mesure** (personnalisation) et la réparation sera dynamisée par la réalisation de **pièces détachées en un seul bloc** ; la contrainte viendra de la réalisation des fichiers numériques des pièces, très coûteux en temps et en compétence spécialisée.

Services	Prototype	Pièce unique	Pré-série	Série
Bureautique Informatique Photographie	Fichiers 3D	Scanner 3D et photo 3D pour les fichiers 3D	Création de banques de fichiers 3D	Création de banques d'image 3D
Réparations Auto Moto	Pièces formes géométriques non faisables via l'usinage traditionnel,	Marché des pièces des voitures / motos de luxe	Pièces légères/résistantes type « toiles d'araignées » à la place de plaques	Pièces détachées apportant résistance et légèreté
Coiffure en Salon, hors salon Esthétique ou santé	Test de texture sur mesure, teints de peau, cheveux reproduits 3D	Fond de teint sur mesure, cheveux sur mesure, "moules de silicone biocompatible" ...	Packaging cosmétique	A venir "banque de modèles"
Electroménager	Réalisation de pièces détachées	Réalisation de pièces pour réparer des appareils anciens	Banque de fichiers ou de pièces détachées	banque de fichiers 3D directement de l'objet
Réparation Montre Horloge Bijoux	Moule de bagues	Pièce unique sur demande (croquis) pour le marché du luxe, horlogerie de luxe	Moule de bagues pour le marché grand public ou du luxe	Moulage de bagues pour le grand public avec nouveaux matériaux

Sources : Retours d'expériences (Fablab Pro 31 , atelier Artisanumerique CMA82 et documentations)

Légende	
<span style="background-color: #90EE90; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span>	Pratique très répandue
<span style="background-color: #FFD700; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span>	Pratique en test
<span style="background-color: #FF69B4; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span>	Pratique rare

## Pratiques les plus innovantes

Certains artisans utilisent cette nouvelle technique pour réaliser des pièces uniques ou des préséries. Le marché de la pièce détachée avec composites résistants et allégés va fortement se développer (ex : Boulanger a lancé son catalogue de pièces détachées en 2016). Les pièces détachées faites en 3D ont un coût moins élevé, avec des composites plus légers et aussi résistants ; le pré-requis est de disposer du fichier dessinant la pièce. Le scanner 3D de l'ancienne pièce puis ajustement avec un logiciel ou modélisation directe sur la machine va aussi influencer ce marché.

## IMPRESSION 3D TECHNOLOGIQUE

3D imprimantes permettent de créer les objets avec une très haute précision. De plus, la production additive offre un grand choix de nouvelles constructions et formes.

Ainsi, « Airbus Group » a présenté le premier prototype de motorcycle électrique imprimé en 3D. Son armature est incroyablement léger et en même temps solide grâce à la structure organique produite à partir des algorithmes bioniques. Des applications pourront se retrouver dans la réparation et la réalisation des pièces détachées.



### MÉCANIQUE DE PRÉCISION

172 entreprises 

670 salariés   
(marché potentiel)



On peut utiliser les imprimantes 3D pour créer les détails précis et fins. Le production **d'éléments très complexes** exigent des bonnes connaissances en ingénierie et programmation. Pour avoir un avantage concurrentiel dans ce secteur, il peut être utile de créer un **partenariat** avec les entreprises qui sont spécialisées en production additive.

### MÉCANIQUE AUTO

1 047 entreprises 

2 265 salariés   
(marché potentiel)

La technologie d'impression 3D permet de créer les constructions en plastique ou autres composites, légères et solides qui n'existaient pas avant. La production exclusive de détails rares donnera un grand avantage concurrentiel.

**Le marché de l'esthétique, étroitement lié à la Santé, se développera avec la personnalisation.**



### ESTHÉTIQUE

La technologie d'impression 3D offre beaucoup de nouvelles possibilités : impression des cheveux, impression de maquillage, impression d'ongles etc. Elle permet d'adapter au mieux le service aux exigences des clients.

### BIEN-ETRE IMPRIME

Un produit révolutionnaire a été proposé par « Adorn » - un stylo qui produit le fond de teint qui correspond idéalement à la peau scannée. Il adapte non seulement la couleur, mais aussi la texture.

Esthétique

1 006 entreprises   
573 salariés   
(marché potentiel)

# FABRICATION ADDITIVE

## Pratiques et perspectives dans l'Artisanat

### Alimentation

La fabrication additive propose plusieurs opportunités pour les artisans de l'Alimentaire. Elle peut donner **un nouveau levier de développement** (nouveaux produits, nouvelles formes). Un exemple de développement de cette créativité est l'impression de décors à base de pâte d'amande ou de chocolat en forme de dentelle, de fleurs ou pour personnaliser un gâteau de mariage par exemple. Une autre possibilité est d'adapter les aliments en fonction des goûts, des régimes et des attentes de plus en plus diversifiées des consommateurs (plats plus sains, à base de bio, plats sans gluten, purée en forme de poisson...).

### Synthèse des pratiques

Dans le secteur **Alimentation**, l'usage de l'imprimante 3D montre plusieurs pratiques :

- Réalisation de **moules** pour les chocolatiers ou les pâtisseries pour réaliser des formes personnalisées (visage, moto, ...) de façon assez rapide et en seul morceau..
- Réalisation de **dentelle en chocolat** en un seul objet (ou toutes formes complexes)
- Réalisation de **biscuits** avec de nouvelle texture comme par exemple « croquant et fondant à la fois » pour créer des "surprises gustatives« ou des "surprises visuelles »

Légende	
<span style="background-color: #90EE90; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	Pratique très répandue
<span style="background-color: #FFD700; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	Pratique en test
<span style="background-color: #FF69B4; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	Pratique rare

Alimentation	Prototype	Pièce unique	Pré-série	Série
Boulangerie Pâtisserie (confiseur, chocolatier ...) Plats à Emporter (traiteurs)	Motifs complexes en sucre ou en chocolat en une pièce (ex : dentelle en chocolat)	Pièce unique chocolat pour mariage, Anniversaire ou Pièce garantie sans gluten	Objets faits rapidement avec des formes et des textures variées (biscuit crousti-fondant)	Menus spéciaux avec des formes et des textures variées pour les maisons de retraite

Sources : Analyse des retours d'expériences (Fablab Pro 31, conseiller Artisanumerique CMA82 et documentations)

### Pratiques les plus innovantes

#### Foodini, la magie des pizzas



Pas le temps de préparer une pizza ? La société espagnole experte en technologie **Natural Machines** compte bien résoudre ce problème.

Leur imprimante Foodini, à 950 €, réalise des pizzas à partir de produits frais. Il suffit de mixer les aliments - d'un côté la pâte et de l'autre les tomates - avant de les introduire dans différentes capsules. Ensuite la machine les imprime dans l'ordre pour obtenir le plat souhaité. «Foodini prépare des feuilletés, des pâtes fraîches ou encore des biscuits mais ne les cuit pas, du moins pas pour le moment», précise-t-il.

<http://madame.lefigaro.fr/cuisine/gateaux-pizzas-cafe-les-imprimantes-3d-revolutionnent-la-cuisine-270217-130142>



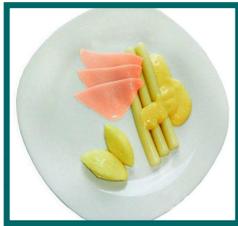
La start-up bordelaise Tridi Foodies a mis au point une imprimante 3D capable d'imprimer des "foodies" c'est-à-dire des objets de communication comestibles ; pour une pièce de la taille d'un bonbon, l'imprimante atteint la cadence de 1 000 unités / jour. Le coût d'un foodies varie entre 5 à 30 € l'unité selon la taille, le volume commandé, la texture et les arômes retenus par le client. La contrainte reste la réalisation du fichier numérique et l'arrivée des scanner 3D va encore faire progresser la filière. (source : synthèse article Oriane Esvan, le 02 juin 2017)

<http://www.ria.fr/actualites/temps-fort/concours-agropole-des-innovations-multiformes-1,2,614506033.html>

## IMPRESSION ALIMENTAIRE



La création des formes complexes avec des matériaux fragiles tels que le chocolat est désormais possible. « **The Miam Factory** », une entreprise Belge, utilise la technologie d'impression 3D pour créer les dessert innovants.



Une autre entreprise, « **Biozoon** », située en Allemagne, développe la technologie d'impression des plats à partir des gels et mélanges alimentaires ayant les goûts et les textures différents.

### BOULANGERIE / PÂTISSERIE

717 entreprises  
2 320 salariés



(marché potentiel)

L'impression de décorations alimentaires pourra être utile pour les produits « spéciaux » : gâteau de mariage, pâtisserie d'anniversaire etc. Cette technologie permet de créer le design unique selon les cas. Comme l'utilisation de l'imprimante 3D est assez chère, il peut être avantageux de la partager par plusieurs entreprises.



### PLATS À EMPORTER

2 215 entreprises  
3 565 salariés

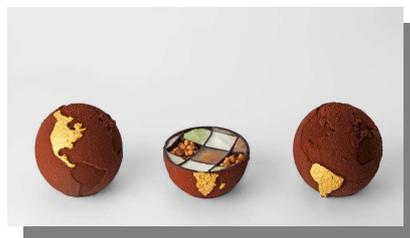


(marché potentiel)

L'imprimante 3D peut être utilisée pour une impression alimentaire sur place ; elle permet de créer une image d'entreprise innovante et moderne. La production de masse n'est pas encore possible avec cette technologie à cause de sa vitesse d'impression relativement faible, mais la production de plats spéciaux dans les restaurants gastronomiques pourra devenir rentable.



<http://www.citizenrecruitment.com/the-scope-of-3d-printing-in-food-manufacturing/>



Ref : Forme complexe en chocolat  
(Planète à multiture)

<https://www.nature.com/news/foodies-embrace-3d-printed-cuisine-1.17358>



Ref : Forme complexe en chocolat  
(GB - Chocolate Game Controller)

<http://great-british-confectionery.co.uk/product/chocolate-game-controller-70g/>

**A noter :** l'imprimante 3D alimentaire peut aussi utiliser des matériaux à texture similaire comme la porcelaine pour réaliser des objets, des plats ou récipients atypiques à partir de porcelaine, sur le même lieu, pour recevoir les produits alimentaires.

# FABRICATION ADDITIVE

## Pratiques et perspectives dans l'Artisanat

### Production

La fabrication additive propose plusieurs opportunités pour les artisans de la production, qui sont très avancées en expérience et en recul sur cette pratique grâce aux recherches et développement du secteur industriel. Elle pourrait également relancer les métiers de la réparation et de la fabrication de la pièce détachée pour produire les pièces à l'identique, pour réparer les appareils électroménagers. D'autres applications porteront sur les pièces uniques ou personnalisées.

### Synthèse des pratiques

Pour le secteur de la **Fabrication/Production**, les usages en fabrication additive sont multiples et pourront impacter tous les métiers :

- Réalisation de **textures nouvelles** pour les objets simples ou complexes (dentelle de cuir, textile, l'ameublement ou la tapisserie ...)
- Réalisation de meubles sur mesure en 3D (fraiseuse numérique)
- Fabrication de bijoux ou de moules pour bagues avec différents matériaux pour le marché du luxe et pour une petite série dite « grand public » ou à partir de croquis faits par le client.
- Impression 3D avec différentes textures pour le secteur de l'imprimerie – exemple : lecture braille sur divers supports.
- Réalisation d'**objets résistants et ajustables** comme les prothèses dentaires sur mesure. les professionnels de ce secteur ont démarré il y a quelques années dans la fabrication de moules, impulsés par la concurrence étrangère. Ils sont peut-être les seuls artisans actuellement massivement équipés (scanner 3D).

Production	Prototype	Pièce unique	Pré-séries	Séries
Bijouterie - Horlogerie	Moule de bagues	Pièce unique sur demande (croquis) pour le marché du luxe, horlogerie de luxe	Moule de bagues pour le marché grand public ou du luxe	Moulage de bagues pour le grand public avec de nouveaux matériaux
Fabrication Vêtements	NC	Patrons non standard	Patrons ou boutons "petites séries avec un rendement"	idem
Imprimerie	Test de nouveaux matériaux et des formes complexes	Savoir-faire grâce au 3D (modélisation)	idem	idem
Mécanique Agricole Mécanique de précision	Pièces formes géométriques non faisables via l'usinage traditionnel,	Pièces uniques avec des propriétés légèreté/résistance	Pièces nouvelles résistantes/allégées: "toiles d'araignées" à la place de plaques	Pièces détachées apportant résistance et légèreté à coût maîtrisé
Prothésiste Dentaire	Appareils	Prothèses uniques	Séries post traitement finition à la main	Séries post traitement
Divers Production Luthier, ...artisans d'art	Finition à la main	Pièce unique ou objet d'art	Finition à la main	Finition à la main

#### Légende

<span style="background-color: #90EE90; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span>	Pratique très répandue
<span style="background-color: #FFD700; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span>	Pratique en test
<span style="background-color: #FF69B4; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span>	Pratique rare

## Pratiques les plus innovantes

### IMPRESSION 3D BIJOUX

Le modèle de bagues est fait à partir d'un croquis réalisé avec le client puis en fichier 3D : la bague est d'abord réalisée en cire ; le client l'essaie et peut demander tous les ajustements de forme puis la bague finale est réalisée via l'imprimante 3D .(cf : Maison Joubalet – Paris)



<https://www.jaubalet-paris.fr/content/30-la-cire>

« **Dragonfly** », une entreprise italienne, anticipe que les imprimantes 3D pourraient causer une nouvelle révolution industrielle. Elle est spécialisée en production d'imprimantes 3D techniques et élabore des nouvelles méthodes de production.



### IMPRIMERIE

384 entreprises

492 salariés

(marché potentiel)



La production additive offrira des nouvelles possibilités aux métiers de l'imprimerie, mais exigera des connaissances supplémentaires. Les entreprises artisanales spécialisées en impression 3D pourraient proposer ses services à un grand nombre de clients et collaborer avec les entreprises dans des secteurs différents.



### PROTHÈSES DENTAIRES



L'entrée de cette technologie dans le marché artisanal change beaucoup sa structure. Les entreprises artisanales ont obtenu un grand avantage concurrentiel en l'adoptant. Collaboration et partage d'imprimantes 3D ont parfois conduit à rendre l'innovation encore plus avantageuse.

Prothésistes

201 entreprises

320 salariés

(marché potentiel)



Cette autre application d'impression 3D des prothèses dentaires déjà bien utilisée, a trouvé sa reconnaissance. L'innovation permet de créer plus facilement des produits de meilleure qualité. La précision et la modélisation virtuelle adaptent au mieux cette technologie aux besoins des clients. De plus, elle permet d'utiliser les **matériaux innovants qui résistent aux bactéries**.

# FABRICATION ADDITIVE

## Pratiques et perspectives dans l'Artisanat

**Bâtiment**

La fabrication additive propose plusieurs opportunités pour les artisans du bâtiment. Les experts du secteur voient l'entrée de l'imprimante en 3 phases plus ou moins longues.

### A court terme (2-5ans)

#### Moules et peaux de coffrages

**Applications** : couler des pièces complexes, ou coffrages faisant office d'isolants ou réaliser des corniches ou objets d'art en plâtre

### A moyen terme (5-8 ans)

#### Fabrication d'éléments préfabriqués en usine

**Application** : corniches complexes dans les ouvrages d'art.

**Conditions** : maîtriser davantage les propriétés du béton, avec une accélération du processus de fabrication en atelier et d'assemblage

### A long terme (> 10 ans)

#### Construction d'habitat directement sur site

**Conditions** : développer des formulations pour s'adapter aux conditions climatiques, affiner la paramétrie de production et livraison du béton, certification et l'atténuation des effets « escaliers

### Synthèse des pratiques

Plusieurs outils vont enrichir le secteur :

- La fraiseuse numérique (qui réalise des coupes numériques à grande précision et à 3 axes) et la découpe laser pour le métier Menuiserie ou pour graver dans le carrelage.
- Les moulages pour les corniches et décorations avec des formes géométriques complexes ou pour réaliser des objets à affiner pour l'artisanat d'art.
- Les coudes complexes en composite complet réalisés en 3D pour la Plomberie.
- L'impression de murs d'habitation bois/béton spéciaux pour assemblage sur place.
- L'impression de l'électronique de l'objet lors de l'impression de l'objet : exemples : Habitacle éphémère pour des spectacles, intégrant des LED, avec des propriétés sonores (scénographie).

Les contraintes de ce secteur sont la certification/l'assurance des objets réalisés, la taille et le coût des imprimantes.

Bâtiment	Prototype	Pièce unique	Présérie	Série
Couverture Charpente		Impression multi-matériaux allégée et moins cher	Tôle toiture avec isolant intégré	Test Couverture tout en un
Installations Electriques		Impression de circuit avec une pièce conductrice (carbone conducteur)	Petits composants ( ex bibliothèque LEGRAND)	
Maçonnerie Construction	Mur 3 D pour assemblage	Cabanon par assemblage pour spectacles intégrant son/lumière	Moulages pour formes complexes ou corniches	
Menuiserie	Prototypage de pièces via la découpe laser ou la fraiseuse	Meuble avec domotique à l'intérieur	Découpe laser ou fraiseuse pour des pièces complexes	
Plâtrerie	Moules de corniches	Objets d'art		
Plomberie	Pièces avec des coudes à angle complexe	Pièces sur mesure	Pièces avec des coudes à angle complexe	Freins : coût / résistance
Terrassements piscines	Prototype de test de murs	Freins : assurance et certification	Contrainte : assurance et certification	

#### Légende

- Pratique très répandue
- Pratique en test
- Pratique rare

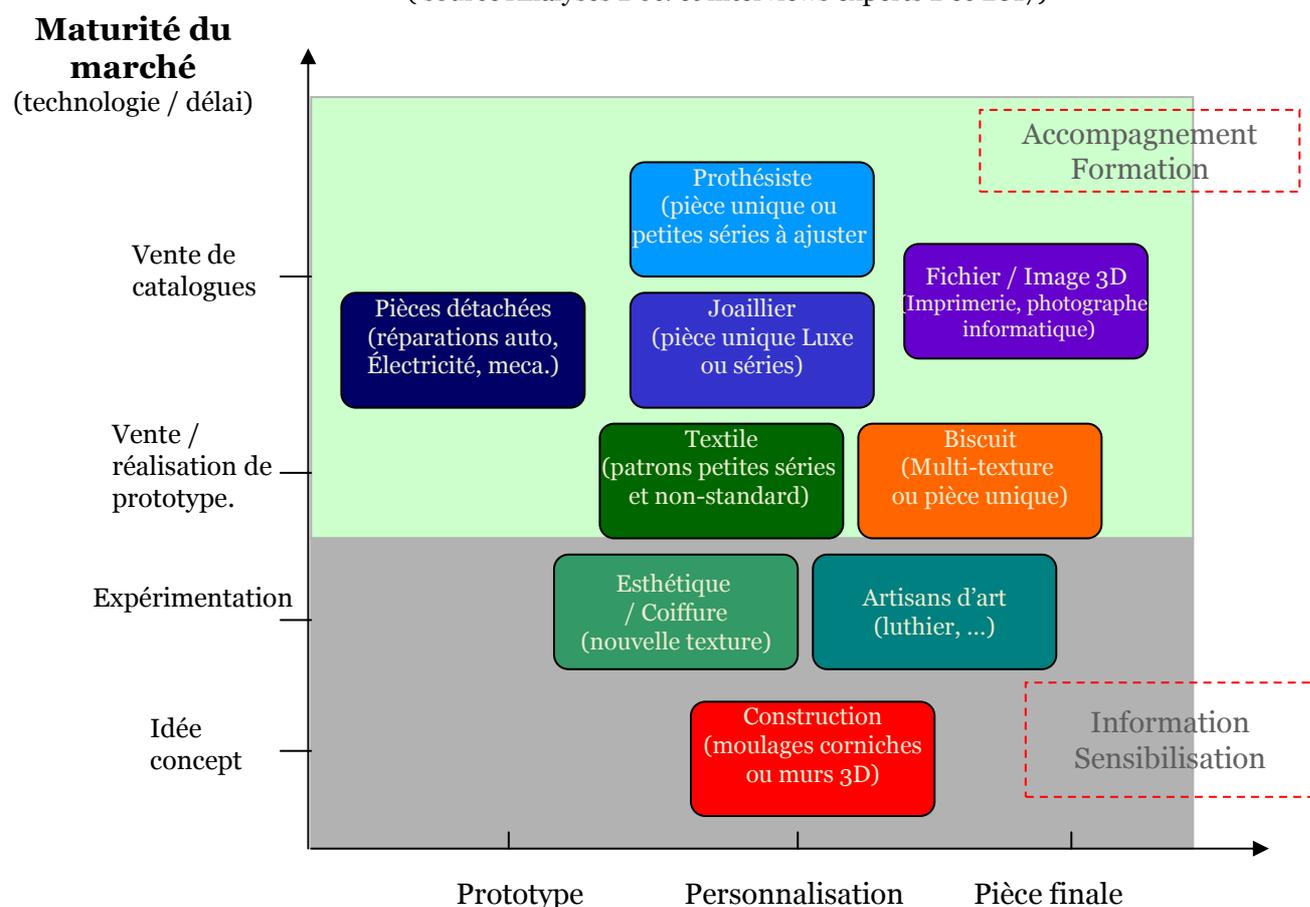


# FABRICATION ADDITIVE

## Synthèse et actions possibles dans l'Artisanat

En partant de 10 métiers clés de l'artisanat, voici une synthèse du marché dans lequel se trouvent les chefs d'entreprises artisanales ; sans être complet ou exhaustif, le graphique suivant, réalisé avec des experts du secteur, montre 4 actions à couvrir pour porter l'adaptation à cette nouvelle filière.

Ref : La pratique de 10 métiers Artisanat  
( source Analyses Doc. et interviews experts Dec 2017)



**Enjeux / Objectifs**  
( utilisation de l'imprimante 3D)

• **Sur les 10 métiers**, certains pourraient bénéficier de **Formation/Accompagnement** à l'usage de la F.A ou imprimante 3D (déjà implantées dans leur secteur) : il s'agit de développer la culture fabrication additive incluant des opportunités et des contraintes (maîtriser les risques et le temps de production) avec l'aide de cabinets spécialisés ou d'interventions d'experts de la filière.

• **D'autres métiers** ont plutôt besoin d'**information / sensibilisation** (exploration des solutions technologiques, organisation de rencontres dans les locaux) afin de lever les risques techniques et montrer des usages possibles.



# L'Artisan et l'Imprimante 3D – les chemins croisés

## Méthodologie utilisée

- Recueil de perceptions et des items en mode « Focus group », projection statistique type ACM
- Panel utilisé : experts de la filière (fournisseur imprimante 3D, formateur numérique/imprimante 3D, développeur innovant tpe artisanat)

## Le savoir faire

- « Faire d'abord soi-même (Do It Yourself) : »
- « Pas de constat d'augmentation du CA ; le gain est d'ajouter des compétences à son savoir-faire (formation peinture) »
- « Analyser les processus pour réussir l'hybridation de la fabrication numérique »

## Le marché

- « Savoir utiliser les « libres » et ne pas refaire ce qui a déjà été produit par ailleurs »
- « L'imprimante 3D va créer une nouvelle clientèle et de nouveaux réseaux »
- « L'utilisation de l'imprimante 3D va être enseignée plus tôt »
- « L'imprimante 3D va créer des opportunités différentes selon le métier »
- « Le coût de l'imprimante 3D varie entre 200 € (petite machine grand public) pro – 1000 à 2000 – machine 3D composite titane – 1 mil. »
- « Les clients ont des approches qualitatives grâce aux échanges internet »



## Le numérique

- « Apprendre et comprendre afin de construire sa stratégie numérique »
- « Le BIM intègre des fichiers 3D pour les bâtiments neufs »

## Les équipements

- « L'imprimante 3D va créer une hybridation / ajouter des compétences nouvelles »
- « Le 3D va combiner le travail manuel et l'ordinateur PC imprimante pour plus de créativité »
- « L'imprimante 3D va créer un échange de compétence avec une valeur ajoutée à leur produit »

## Le savoir être

- « Les bonnes pratiques de l'artisan ...ne pas rester entre artisans – voir d'autres artisans »
- « Mesurer et proportionner les investissements aux besoins « Métiers » »
- « Se faire conseiller avant d'investir dans la technologie »
- « Ne pas se laisser aveugler par la technologie : risque de sur-investissement inutilisable et/ou disproportionné »
- « Aller voir autres métiers (architecture, industrie) adaptables , en veille – créer des ponts avec des métiers »

## Synthèse pour l'artisan

**T**ester l'imprimante 3D

**R**encontrer et échanger avec d'autres artisans

**D**iscuter des nouvelles opportunités apportées

**S**e former au numérique

**V**oir l'imprimante 3D ou le scanner

3D comme de nouveaux équipements / outils de travail

# FABRICATION ADDITIVE

## En synthèse

- La fabrication additive, et surtout l'impression 3D, est **une technologie** qui se développe rapidement et qui intègre plusieurs domaines d'activité. Elle donne accès aux **nouvelles formes et textures**, permet de créer les **objets innovants d'une qualité** que l'on ne pouvait obtenir auparavant. Les domaines tels que la fabrication des prothèses et la mécanique de précision utilisent déjà intensivement les avantages de cette innovation. Les autres secteurs d'activité, tels que l'alimentaire et l'esthétique explorent encore des applications possibles et présentent de nombreuses conceptions.
- Ainsi, les entreprises artisanales pourront s'approprier de plus en plus ces nouveaux outils (imprimante 3D, scanner 3D ...) pour **enrichir leur savoir-faire** et leurs produits à destination des consommateurs ou des entreprises. Certaines difficultés en implantation de ces nouvelles technologies pourront être levées avec le **partage d'imprimantes**. L'exemple de la CMA des Deux-Sèvres le montre : elle a acheté une imprimante 3D et la met à disposition de ses artisans. Cette imprimante est surtout utilisée pour réaliser des prototypes. Comme les entreprises artisanales sont souvent très proches des consommateurs, l'utilisation d'imprimantes 3D permettra de **personnaliser** au mieux les produits et services et stimuler le développement d'artisanat. La **meilleure qualité et le choix augmenté** attireront plus de clients.



- Plusieurs études ou analyses sectorielles ont été faites ; voici une synthèse des **recommandations pour soutenir les entreprises artisanales** dans cette démarche de transformation ou d'appropriation de cette nouvelle technologie . Le début du plan d'action est proposé en pages 18 et 19.

- Réaliser un **bilan actualisé des 7 familles** de procédés et un guide d'aide à la décision à destination des entreprises (page 7)
- Renforcer les **actions de sensibilisation** ou de **formation adaptées à chaque secteur** ou famille de métiers selon la maturité des usages existants (cf page 18)
- Renforcer les **actions de sensibilisation des financeurs** (à identifier puis à contacter)
- Faciliter le **développement et l'accès à de nouvelles compétences** en s'appuyant sur les plateformes, les actions pilotes et FabLabs existants :
  - Renforcer la collaboration entre les Fablabs et les CFA / centres de formation Apprentis.
  - Définir un référentiel national de formation pour les formations continues et initiales
  - Etablir une cartographie des potentiels de formation initiale sur le territoire.
- Renforcer les **actions de veille** et d'intelligence économique au niveau européen ou international (retours d'expériences)
- Analyse des risques et des **opportunités par secteur** ou par grand métier.