

# Présentation Impression 3D



EngiMA



**QUI SOMMES NOUS**



QUI SOMMES NOUS

## Démarrage & Croissance

EngiMA est la première Société d'ingénierie 100% marocaine et indépendante qui opère dans les secteurs Automobile et Aéronautique.

Fondée en 2011 suite à des expériences réussies de ses fondateurs dans le démarrage de structures similaires pour le compte de multinationales dans ces 2 secteurs clés de l'industrie marocaine.





QUI SOMMES NOUS

## Démarrage & Croissance

Depuis 2014, a élargi ses opérations en étoffant son offre d'ingénierie avec la distribution et intégration des solutions B2B à haute valeur ajoutée dans les domaines :

- Métrologie 3D Industrielle,
- CAO/FAO, Simulation Numérique,
- Fabrication Additive
- Documentation 3D par Scan laser pour les applications Architecture et Construction.





QUI SOMMES NOUS

# MISSION

Aider les entreprises au Maroc et en Afrique, avec notre Expertise Ingénierie, nos Solutions & Technologies à devenir plus concurrentielles via l'optimisation Produit/Process tout au long de la chaîne de valeur.

Nous poussons forts nos clients à chaque point d'interaction à adopter le shift vers l'industrie 4.0 le plus tôt possible.





QUI SOMMES NOUS

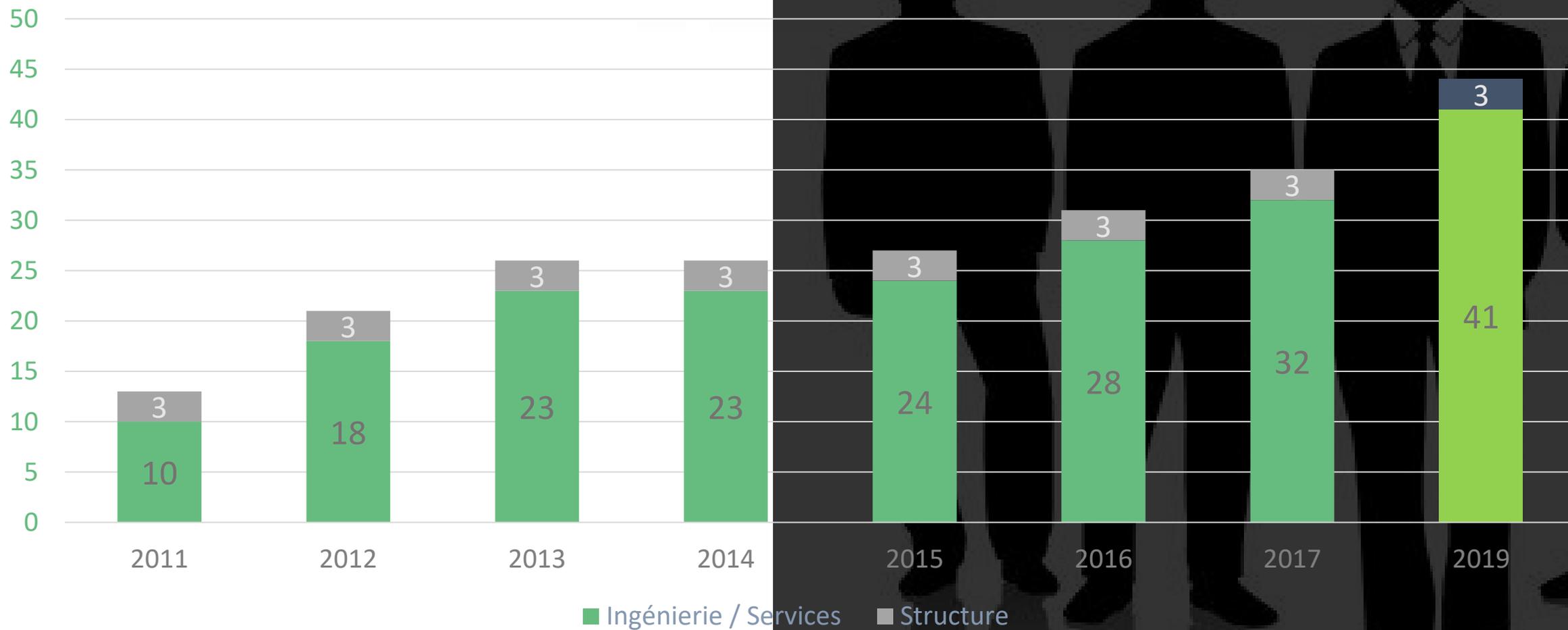
## VISION

EngiMA a pour vision d'être un Leader sur le marché de l'expertise ingénierie et de la distribution de technologies de pointe au service des industries au Maroc à moyen terme et en Afrique à long terme.

EngiMA se veut être un précurseur et catalyseur d'un shift vers l'industrie 4.0 par les entreprises au Maroc.



# Evolution des Effectifs

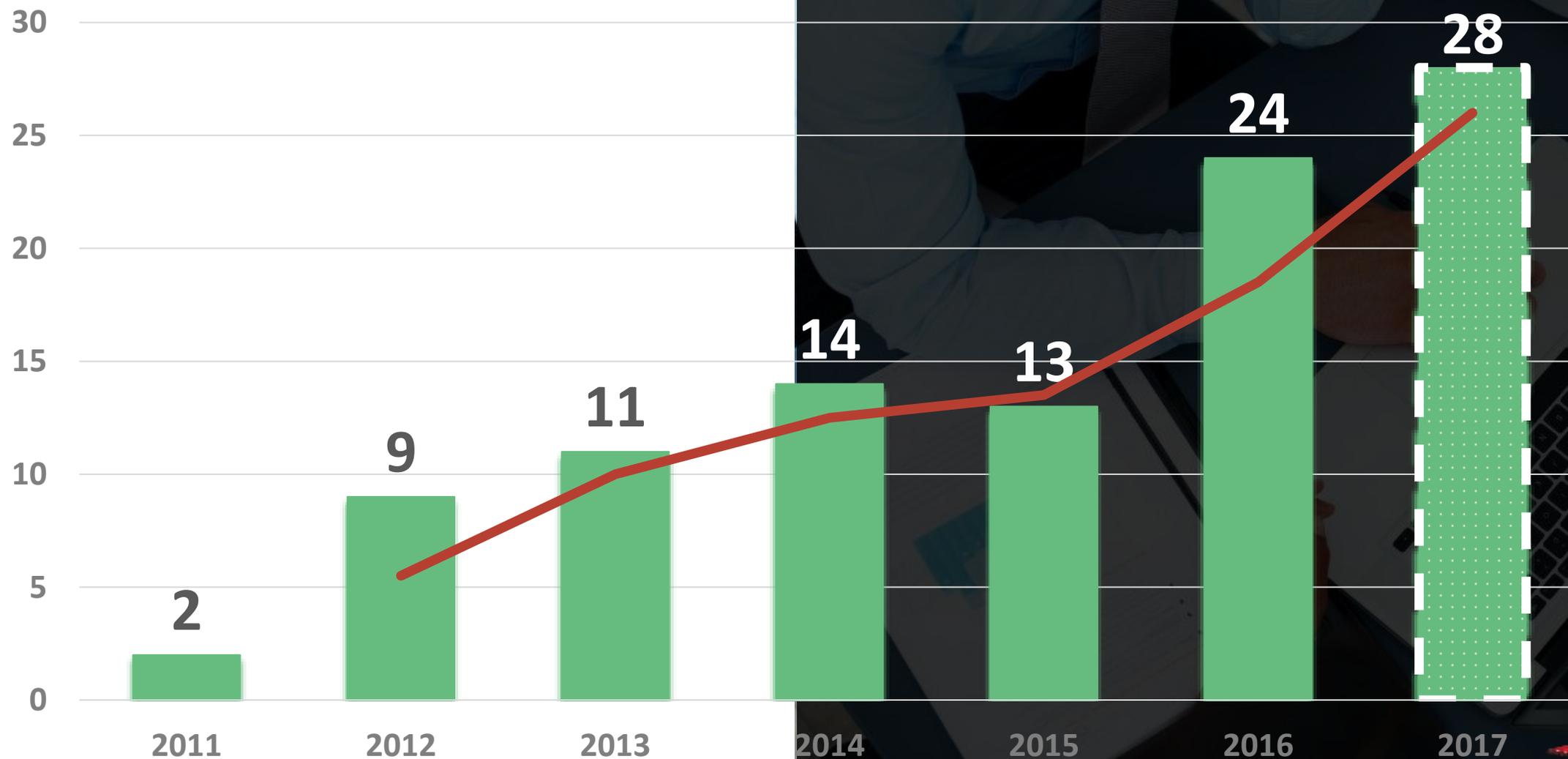


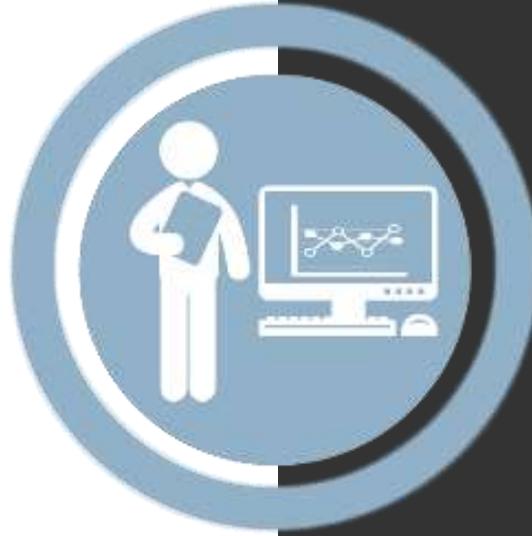
QUI SOMMES NOUS

# Evolution du CA



QUI SOMMES NOUS





# NOS COMPETENCES & SOLUTIONS



# NOS COMPETENCES & SOLUTIONS

**SOLIDWORKS**

**ANSYS**

**FARO**

**metrologic group**

**COORD 3 INDUSTRIES**

**Geomagic**  
**FARO**

**DEVELOPEMENT  
PRODUIT**

**METROLOGIE  
INDUSTRIELLE**

**FABRICATION  
ADDITIVE**

**INGENIERIE  
&  
SERVICES**

**RETRO  
INGENIERIE**

**CONSTRUCTION  
BIM/CIM**

**FACTORY  
DESIGN**

**SHINING 3D**

**3DP  
3D PLATFORM**

**MakerBot**



**FARO**

**Geo  
SLAM**

**Point Cab**



# The New Industrial Revolution



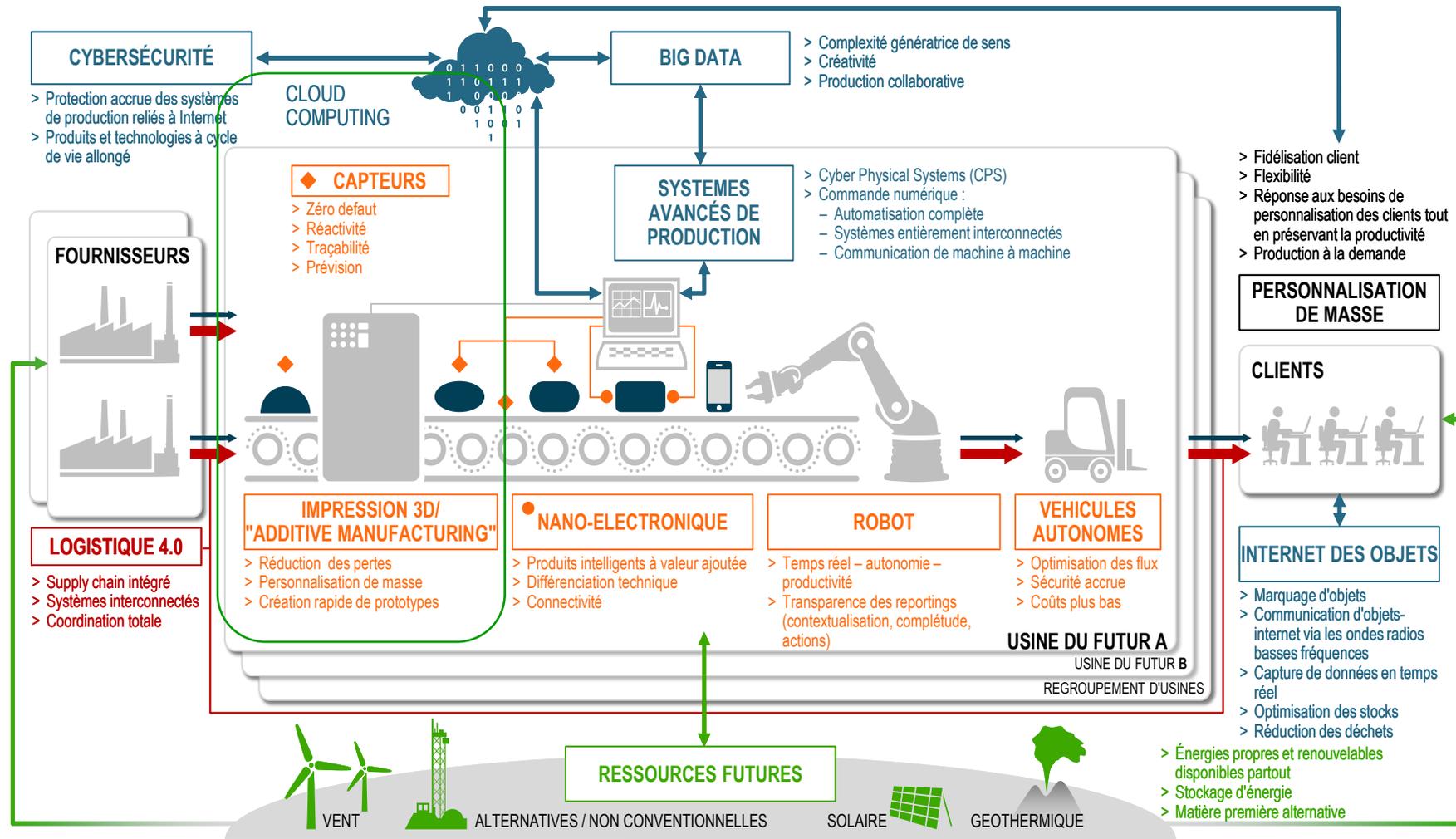


**“3D PRINTING HAS  
THE POTENTIAL TO  
REVOLUTIONIZE  
THE WAY WE MAKE  
ALMOST  
EVERYTHING”**

- PRESIDENT BARACK OBAMA - 2013



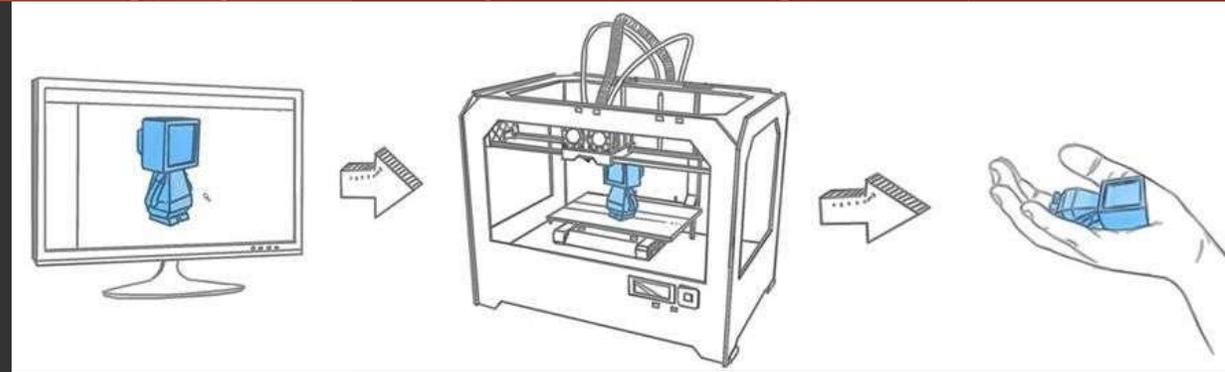
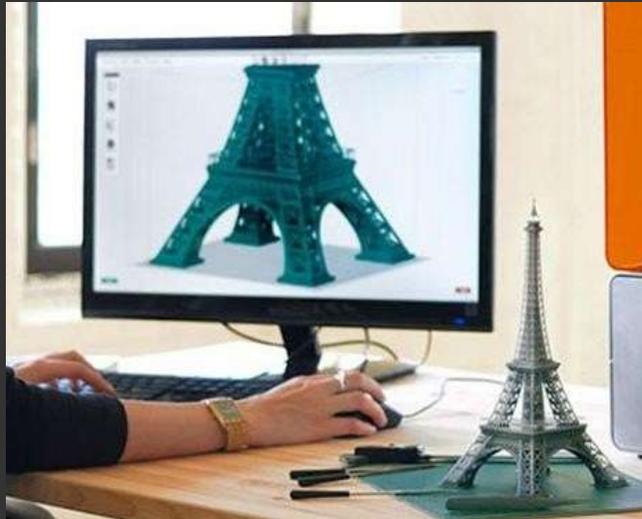
# L'industrie du futur



# What is 3D printing?

3D + PRINTING = 3D PRINTING

The Technology used for printing physical 3d objects from digital out is called 3d printing.



A PERSON CREATES A 3D IMAGE OF AN ITEM USING A COMPUTER-AIDED DESIGN (CAD) SOFTWARE PROGRAM.

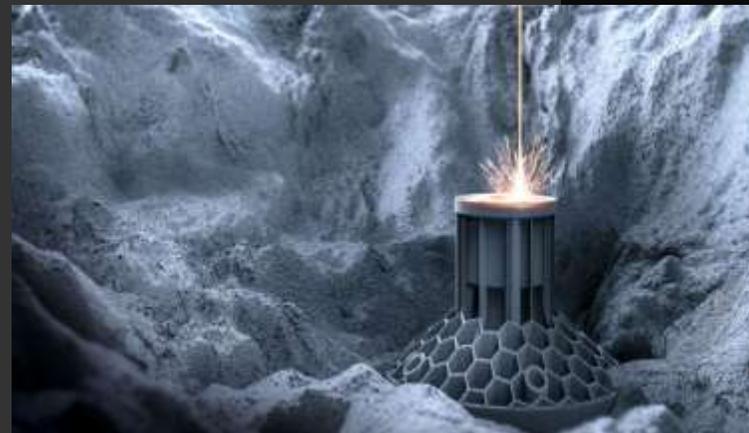
THE CAD INFORMATION IS SENT TO THE PRINTER.

THE PRINTER FORMS THE ITEM BY DEPOSITING THE MATERIAL IN LAYERS — STARTING FROM THE BOTTOM LAYER — ONTO A PLATFORM

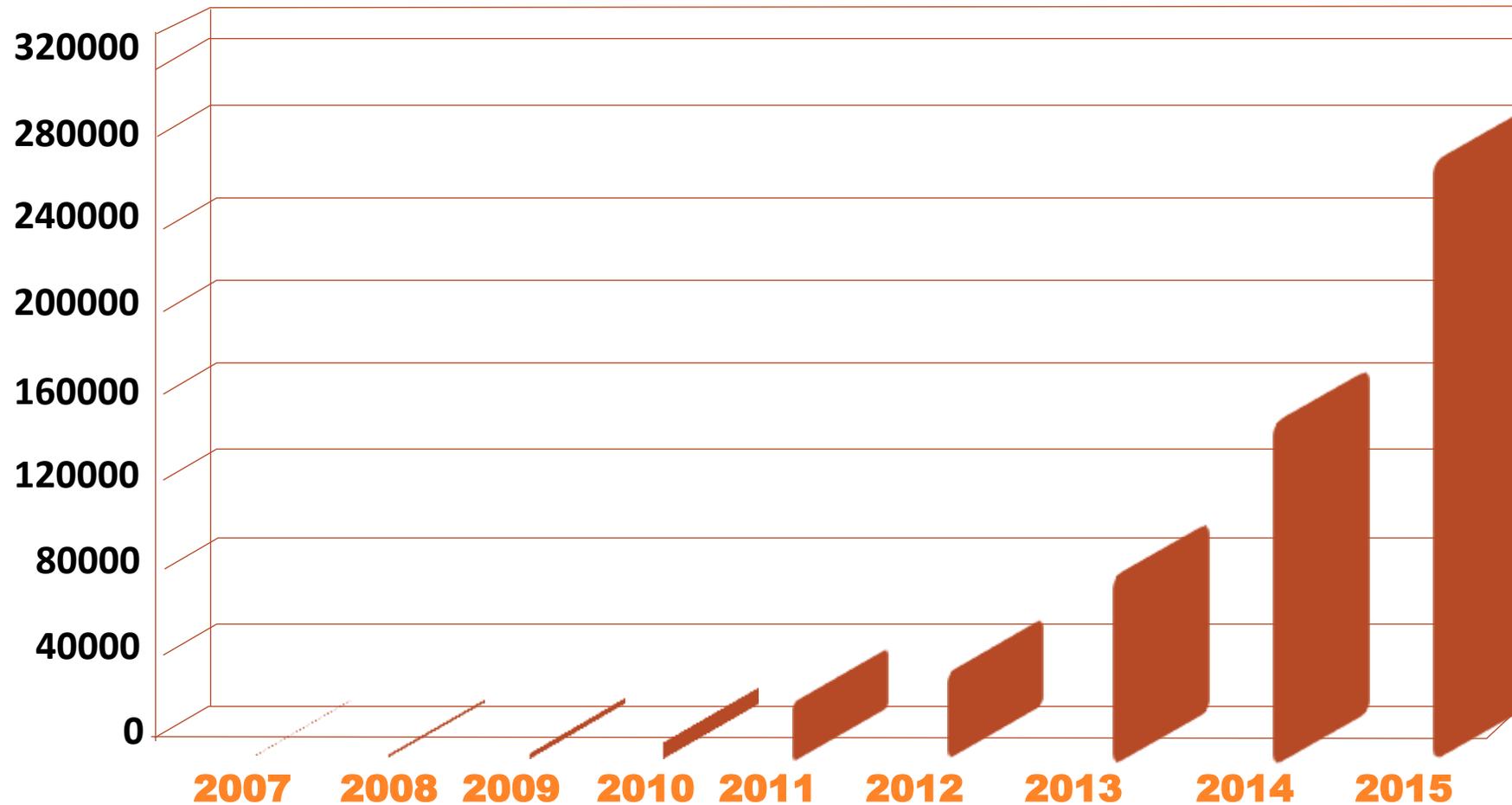
## “ADDITIVE MANUFACTURING”

### Diverse Needs

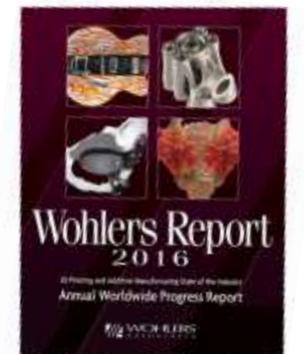
- A VISUALIZATION TOOL IN DESIGN
- A MEANS TO CREATE HIGHLY CUSTOMIZED PRODUCTS FOR CONSUMERS AND PROFESSIONALS
- AS INDUSTRIAL TOOLING
- TO PRODUCE SMALL LOTS OF PRODUCTION PARTS



Technologies that build 3D objects by adding layer-upon-layer of material, whether the material is plastic, metal, concrete or any composite materials.

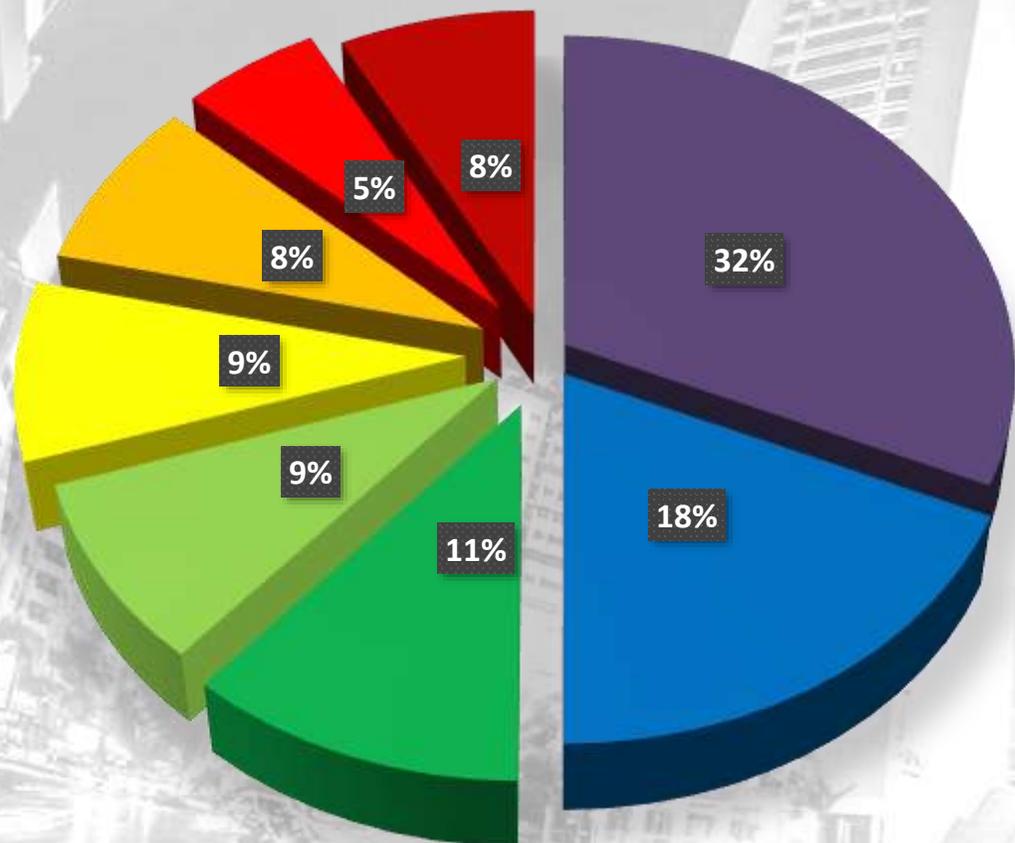


**Evolution de nombre de vente des imprimantes 3D**  
 « Plus de 278000 (prix<5000 \$) pour l'année 2015 »

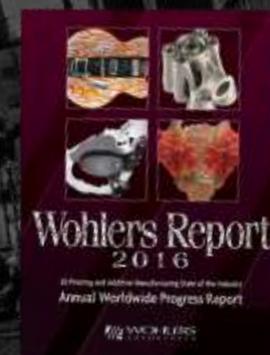


*Following Wohlers Report ressources*





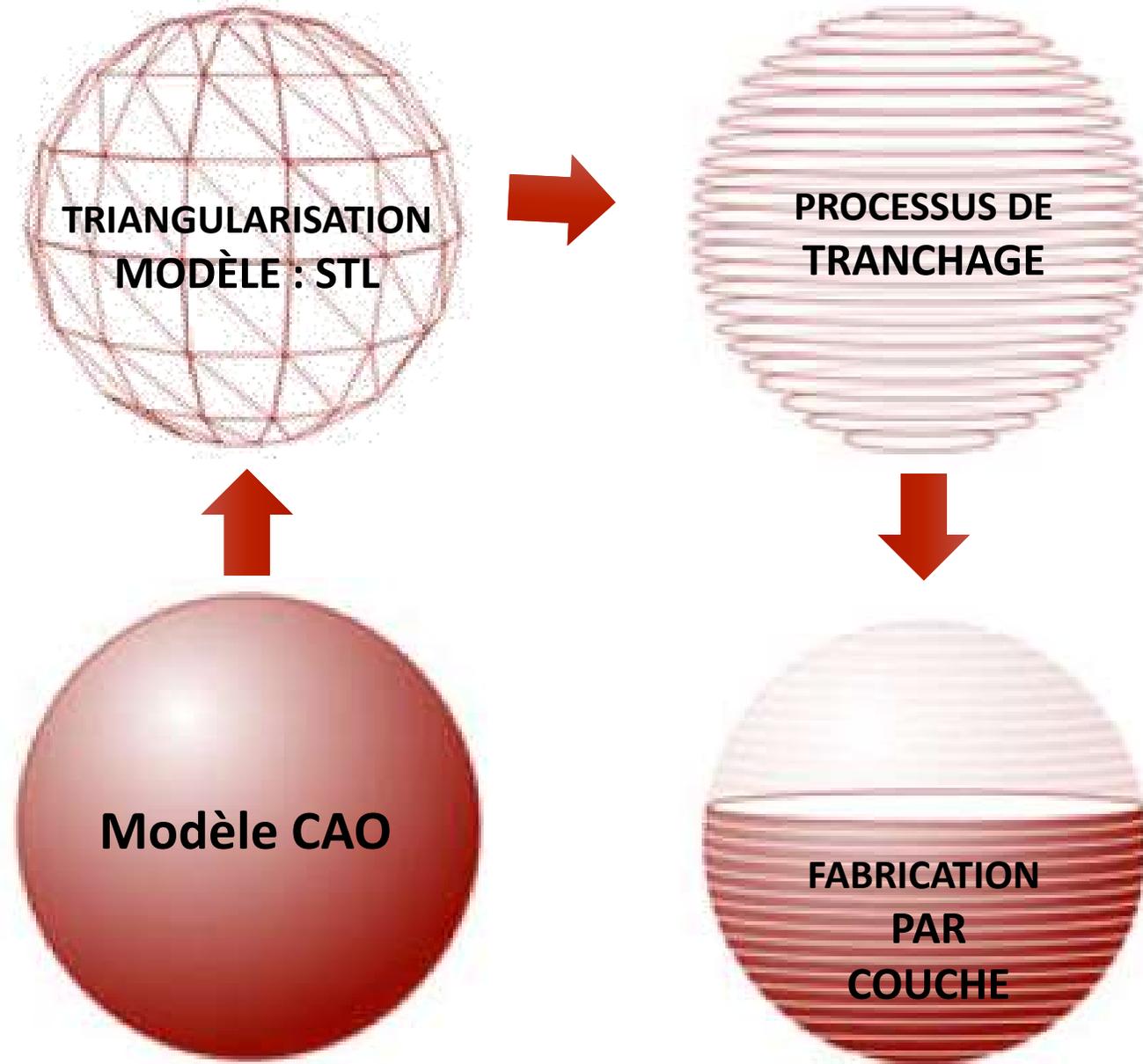
- Véhicules motorisés
- Produits de consommation
- Business Machines
- Médical
- Académique
- Aérospatial
- Gouvernement/Militaires
- Autres



Source: Wohlers Report, 2013



# ÉTAPES DE RÉALISATION D'UNE PIÈCE EN PROTOTYPAGE RAPIDE PAR FABRICATION ADDITIVE



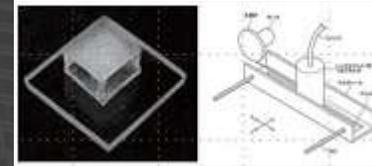
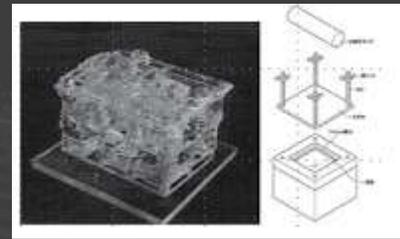


# HISTORIQUE

**1981**

## **L'IDÉE DE L'IMPRESSION 3D EST NÉE**

**Hideo Kodama est le premier à développer le concepts d'impression 3D par la liaison de lasers avec des solutions de photopolymères dans des polymères liquides.**



**Hideo Kodama**

En 1981, Hideo Kodama, fort de son intérêt et de sa connaissance de la conception 3D assistée par ordinateur, a eu l'idée de réaliser une impression tridimensionnelle (3D) et l'a notée. Cependant, son idée était trop en avance sur son temps dans les années 1980. quand même les imprimantes 2D étaient chères et que son idée était ignorée au moins au Japon. M. Kodama devrait être considéré comme le père de la technologie d'impression 3D

1984

## PREMIER DÉPÔT DE BREVET DE TECHNIQUE DE LA FABRICATION ADDITIVE EST FRANÇAIS

L'impression 3D se révèle le 16 juillet 1984 avec le brevet sur «l'impression 3D». Leurs dépositaires sont français : Jean-claude André, Olivier de Witte, et Alain le Méhauté pour le compte de l'entreprise Cilas Alcatel



Jean Claude ANDRE



Alain Le Méhauté

REPUBLICQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

N° de publication : 2 567 688  
à compter de la date de publication  
N° d'enregistrement national : 84 11241  
N.C.I. : G 08 B 35/03 ; C 08 F 2/04 ; G 08 B 15/06 ; B 22 D 3/00

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

Date de dépôt : 16 juillet 1984  
Priority :  
Date de la mise à disposition au public de la demande : B.O. révisité n° 2 du 17 juillet 1985.  
Références à d'autres documents antérieurs approuvés :  
Inventeur(s) : Jean-Claude André, Alain Le Méhauté et Olivier De Witte.  
Titulaire(s) :  
Mandataire(s) : Christian Lheureux.

Déposité pour réaliser un modèle de pièce industrielle.

Déposité pour révéler le contenu de pièce industrielle.  
Le dispositif comporte un système de mémoire 1 contenant des informations sur la forme de la pièce, un générateur laser 2 relié au système de mémoire 1 par un circuit de traitement 3, une fibre optique 4 reliée à la sortie du générateur laser 2 et des moyens 5, 7, 11 pour déplacer l'extrémité de la fibre 4 dans une zone 8 contrôlée d'un solide monomère polymérisable. Le solide monomère est alimenté par les débris de sortie du laser de traitement 3.  
Application à la fabrication d'une croûte de blé.

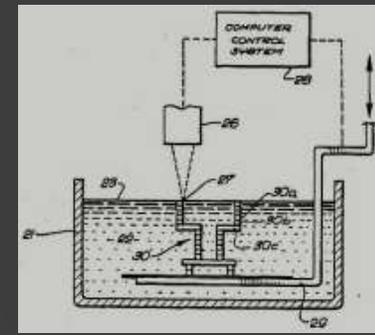
1984, Premier dépôt de brevet de technique de la fabrication additive est Français déposé par : Jean Claude ANDRE, Alain Le Méhauté et Olivier De Witte



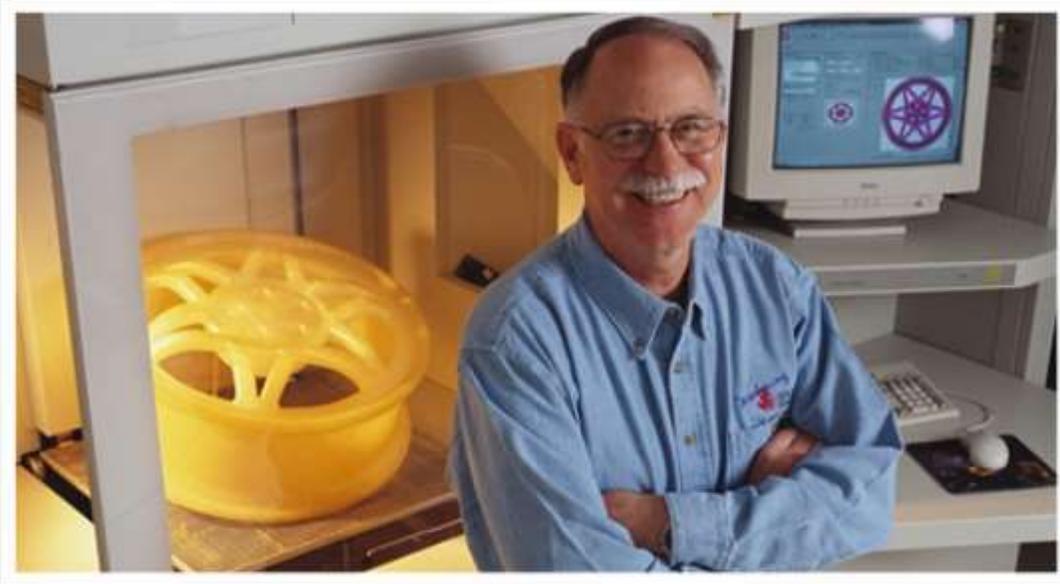
EN 1984, SLA

« STÉRÉO LITHOGRAPHIE APPARATUS »

Cependant on peut dire que ce procédé a vu jour, avec le dépôt du brevets sur la technique de la **stéréolithographie**, par l'Américain Charles W.Hull le 8 août 1984 qui a fondé, deux ans après, la première société (**3D Systems**) pour la commercialisation des premières machines industrielles aux Etats Unies.



En 1988, Le premier appareil à base de stéréolithographie SLA-250 a été fabriqué par la société américain 3D Systems

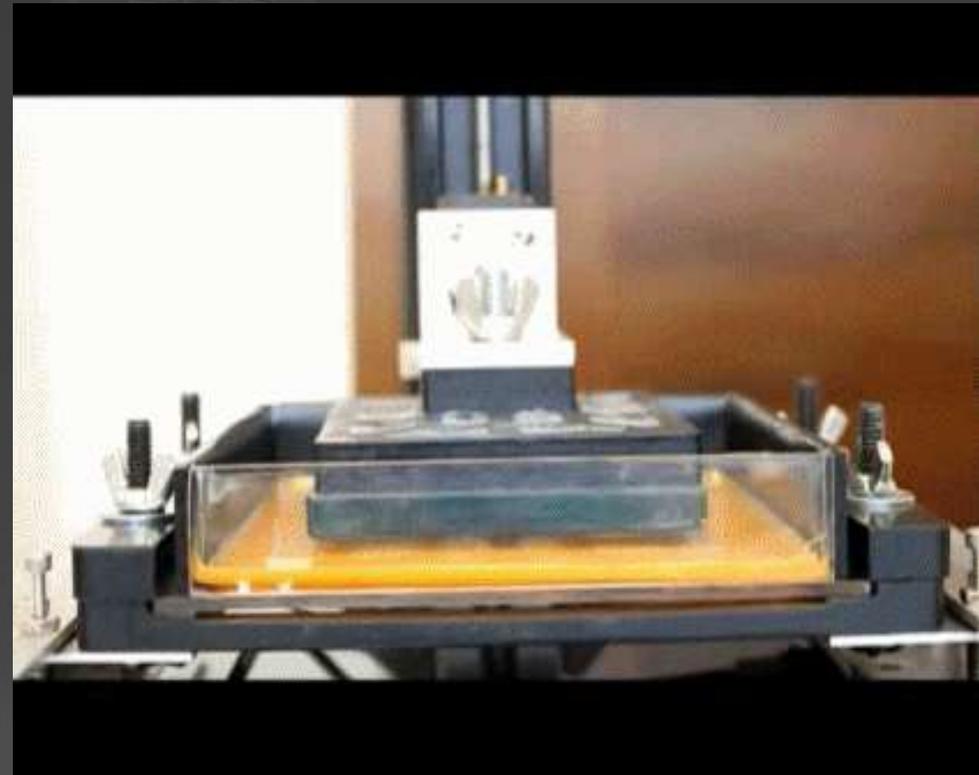
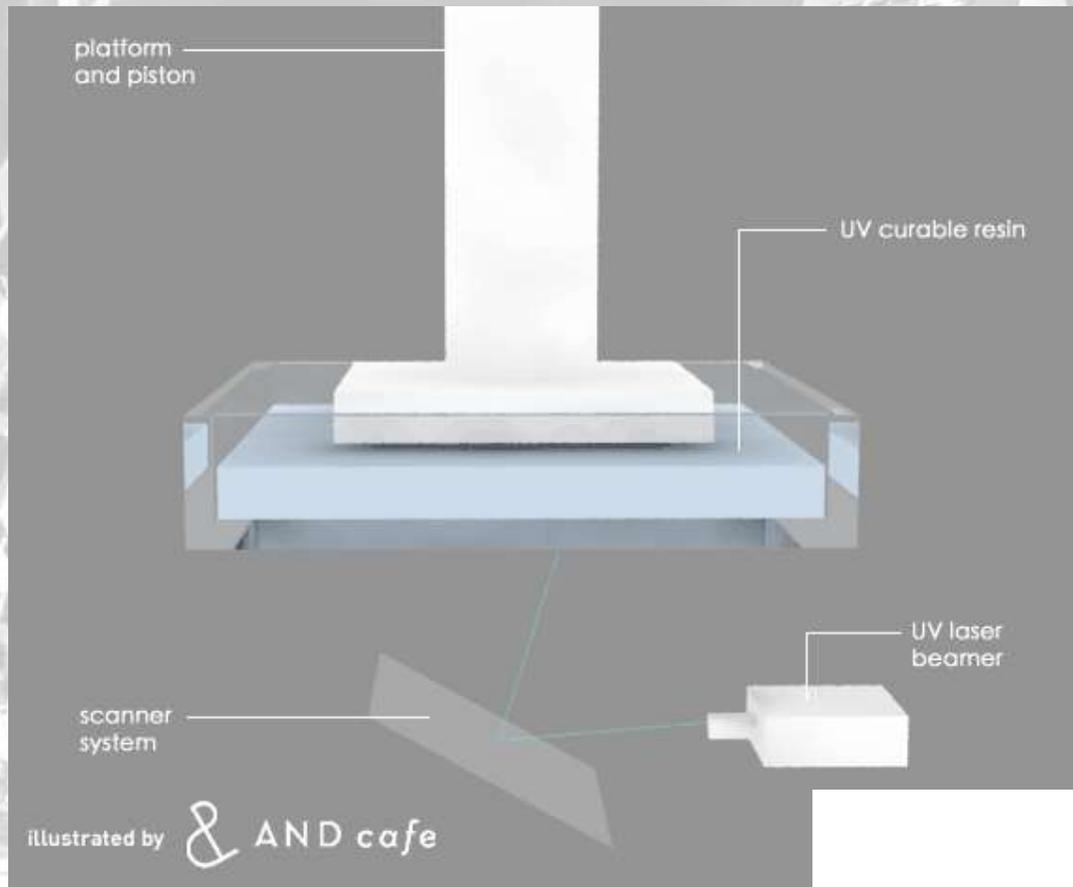


Charles "Chuck" Hull est l'inventeur du premier imprimante 3D sur la base stéréolithographie 20



# PRINCIPE DU PROCÉDÉ :

CE PROCÉDÉ DE PR REPOSE SUR UN LASER VENANT POLYMÉRISER UNE RÉSINE



EN 1987 SLS

« FRITTAGE LASER SÉLECTIF »

En 1987, le procédé de frittage laser sélectif (ou SLS pour Sintering Laser System) est inventé par l'entreprise DTM corp. Ce nouveau procédé de fabrication additive consiste en la fabrication couche par couche de poudres polymères par frittage laser.



Carl Deckard



Système initialement développé par un Etudiant, Carl Deckard, qui devient 1998 le Président de la société DTM Corps.

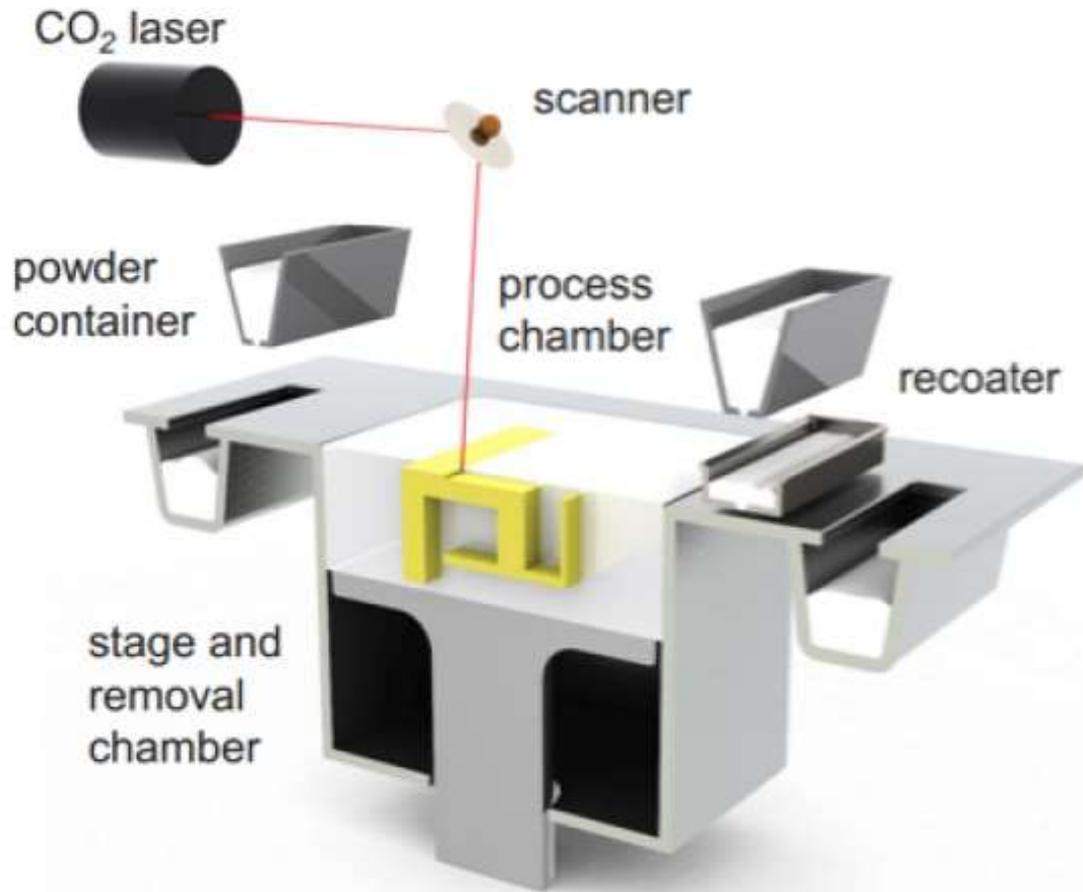
Il utilise des poudres polymères qui ont été créées dans les années 1984/87 au sein de Département de Génie Mécanique de l'Université de Texas à Austin.

DTM Corps a été achetée en 2001 par 3D Systems



# PRINCIPE DE PROCÉDÉ FRITTAGE LASER DE POUDRE

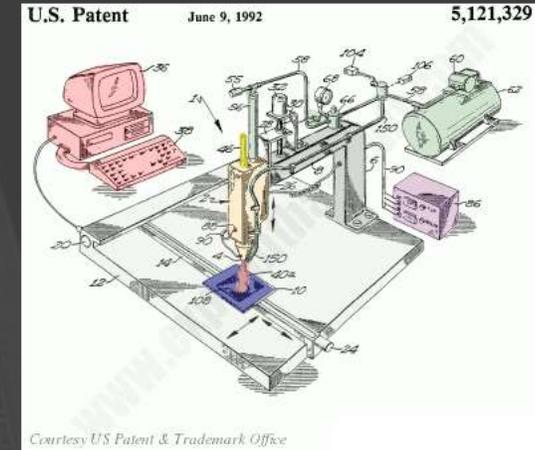
Le procédé SLS utilise un laser pour créer des pièces couche par couche à partir de poudres qui sont frittées (fusionnées).



1989 -1992 FDM

« DÉPÔT DE MATIÈRE FONDUE »

En 1989, Scott et Lisa Crump développent le procédé FDM (Fused Deposition Modeling) basé sur la technique de dépôt, couche par couche, de matériau liquéfié grâce à une tête d'extrusion qui se déplace.



M Scott Crump



Toute l'histoire de Fused Deposition Modeling (FDM) commence avec une histoire personnelle de Scott Crump: il voulait créer un jouet de grenouille pour sa fille de deux ans par expérimentation d'une machine qui construisait automatiquement des objets 3D. Il pensait que si un pistolet à colle est fixé à un système de portique XYZ robotisé, le processus de modélisation pourrait se faire automatiquement. Encouragé par sa femme ils ont déposé le brevet de la technologie FDM en 1989. En 1992, après avoir créé la première imprimante 3D FDM, ils ont fondé l'entreprise Stratasys qui est maintenant l'une des deux leaders de fabrication des imprimantes 3D dans le monde entier.

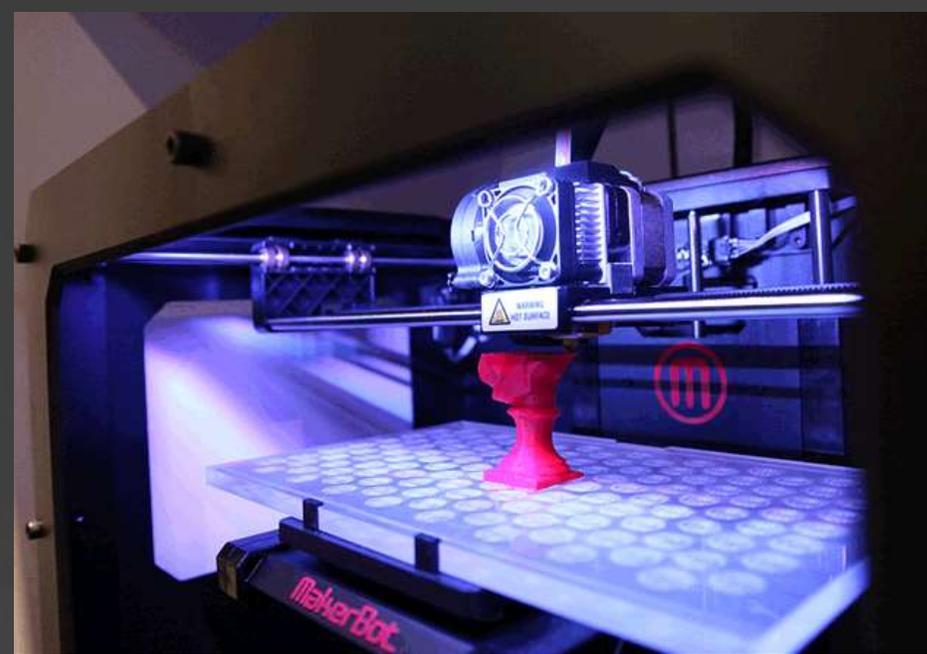


# DESCRIPTION DU PROCÉDÉ

**Principe** DÉPÔT DE FILAMENTS DE PLASTIQUE EN FUSION À TRAVERS UNE BUSE

**Matière** ABS : Thermoplastique

PLA : polycarbonate



Modélisation  
3D de l'objet

Génération de  
fichier STL

Impression 3D  
de l'objet

Génération du  
code G pour la  
trajectoire de  
la buse

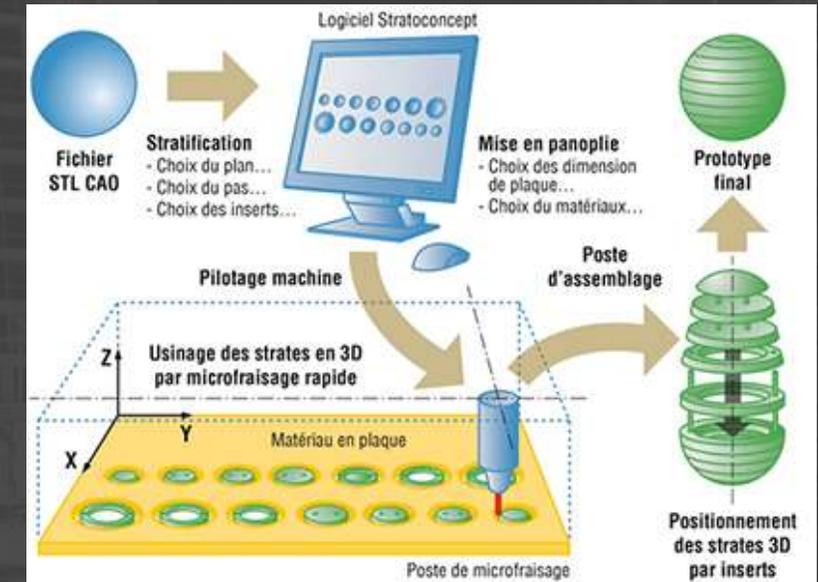


## EN 1991, STRATOCONCEPTION

La Stratoconception® est un procédé breveté qui a été initié par le Français Claude Barlier. est le procédé de fabrication additive de type solide/solide qui permet la fabrication, couche par couche, d'un objet dessiné en CAO, sans aucune rupture de la chaîne numérique. Le procédé consiste en la décomposition automatique de l'objet en une série de couches élémentaires complémentaires appelées strates, dans lesquelles sont placés des inserts de positionnement et des renforts. Chacune de ces strates est directement mise en panoplie puis fabriquée par micro-fraisage rapide, par découpe laser, par découpe au fil, ou par tout autre moyen de découpe à partir de tous matériaux en plaques. Toutes ces strates sont ensuite positionnées par des inserts, des pontets ou par des éléments d'imbrication et assemblées afin de reconstituer la pièce finale. L'assemblage des strates est pris en compte dès l'étape de conception afin d'assurer la tenue aux contraintes mécaniques pendant l'utilisation. Les inserts servent à la fois de pions de positionnement et de liens entre les strates. Dans le cas de pièces à parois minces, ils sont placés à l'extérieur de la pièce par l'intermédiaire de pontets sécables. Dans certains cas, il est également possible d'imbriquer les strates les unes dans les autres.



Claude Barlier: Initiateur du procédé de Stratoconception



# PRINCIPE DU PROCEDE STRATOCONCEPTION

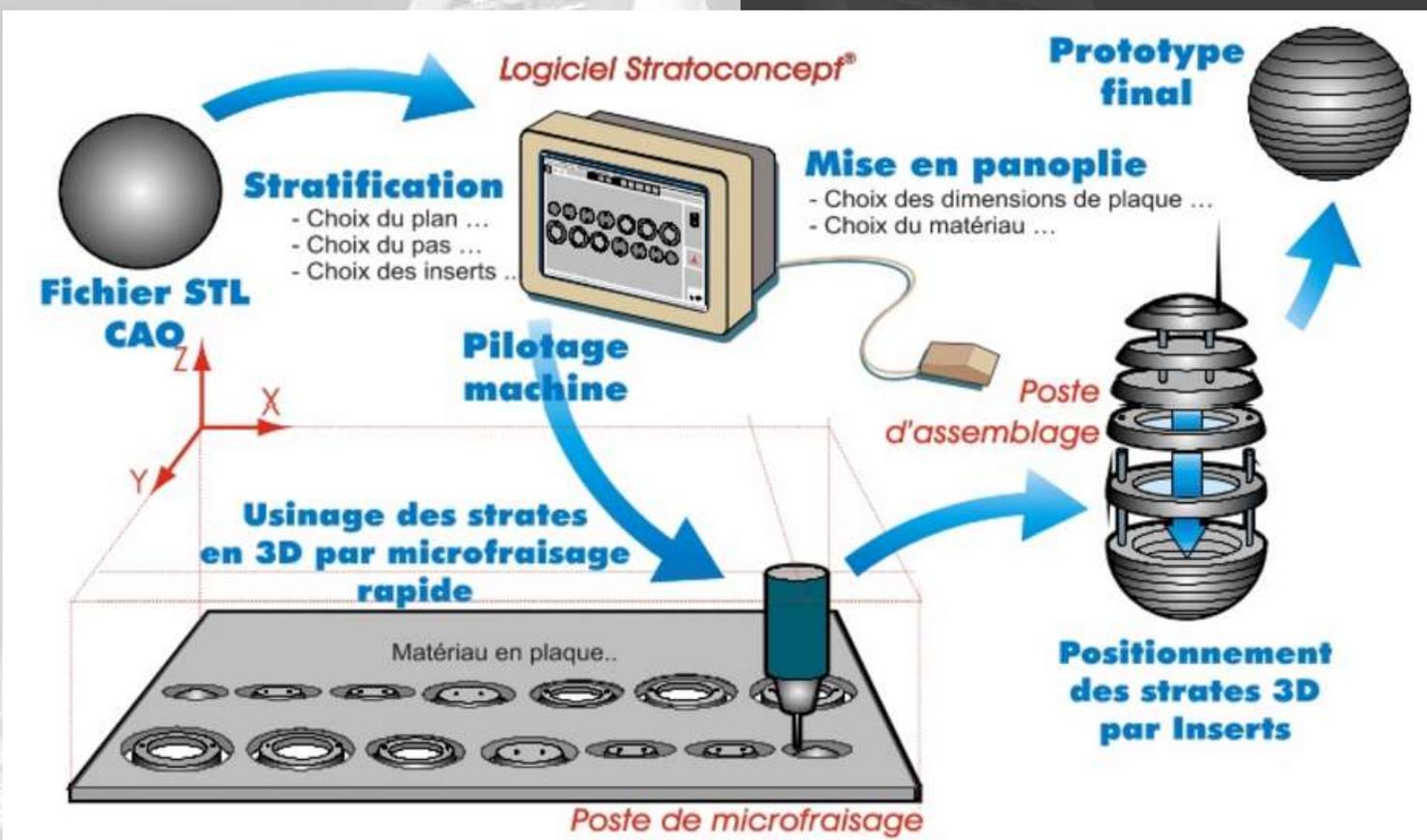
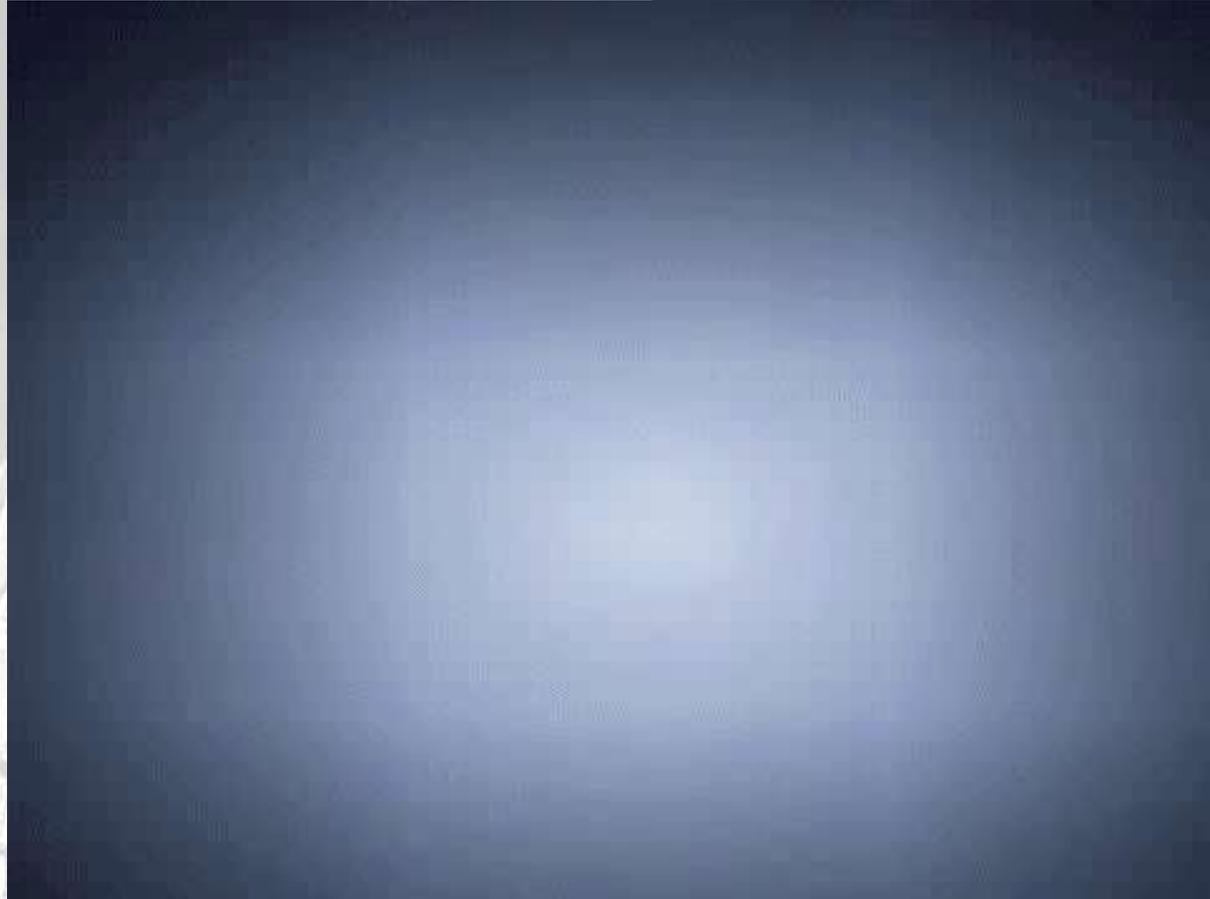


FIG. 1.6 – Principe du procédé de Stratoconception® (source : CIRTES).





1995

«Z CORPORATION INTRODUIT LES IMPRIMANTES 3D À JET D'ENCRE»

En 1995, Z Corporation, qui fait maintenant partie de 3D Systems, présente Z Printers. Semblable aux imprimantes à jet d'encre 2D, la tête se déplace en va-et-vient sur un lit de poudre en déposant un liant liquide sous la forme de la section souhaitée de l'objet



### The Z402 3D Printer

- Speed: 1-2 vertical inches per hour
- Build Volume: 8" x 10" x 8"
- Thickness: 3 to 10 mils, selectable

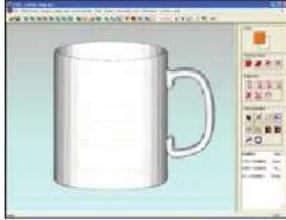


créé le Z402, basé sur la technologie d'impression à jet d'encre du MIT, qui produisait des modèles poudres à base d'amidon et de plâtre et un liant liquide à base d'eau.

# DESCRIPTION DU PROCÉDÉ

Logiciel CAO

Le logiciel CAO exporte les fichiers en format standard pour l'impression en 3D.



Maillage

Le fichier exporté est un maillage qui englobe un volume en 3D.



ZPrint

Le logiciel ZPrint découpe en sections le fichier du modèle 3D sous forme de centaines d'images numériques, chacune d'elles correspondant à une couche du modèle à imprimer.



Couches

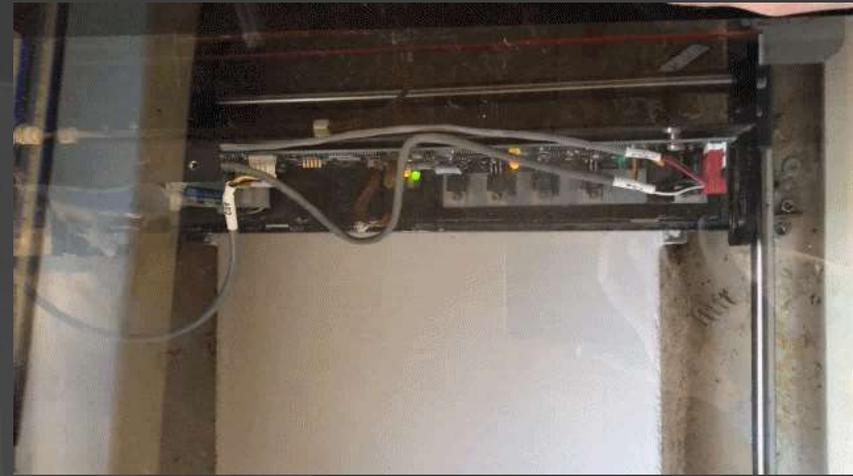


ZPrinter

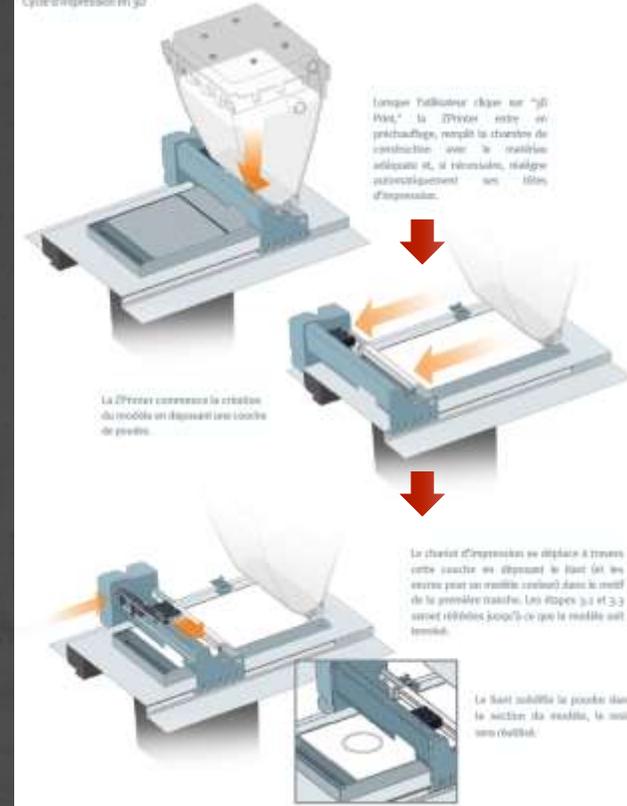
Les couches sont empilées les une sur les autres jusqu'à ce que le modèle soit terminé.



Modèle terminé



Cycle d'impression en 3D



1997

« DÉPÔT DE MÉTAL PAR FUSION À L'AIDE  
D'UN FAISCEAU D'ÉLECTRONS EBM »

En 1997, la société Arcam, spécialisée dans les imprimantes 3D en métal, a été créée, et qui est le seul fabricant d'imprimantes 3D à fusion d'électrons (EBM). En outre, l'année suivante.



L'histoire d'Arcam a commencé avec un projet de recherche au milieu des années 1990, sur la base du premier brevet accordée en 1993. Les premiers travaux de développement ont été réalisés en collaboration avec l'Université Chalmers de Technologie à Göteborg.

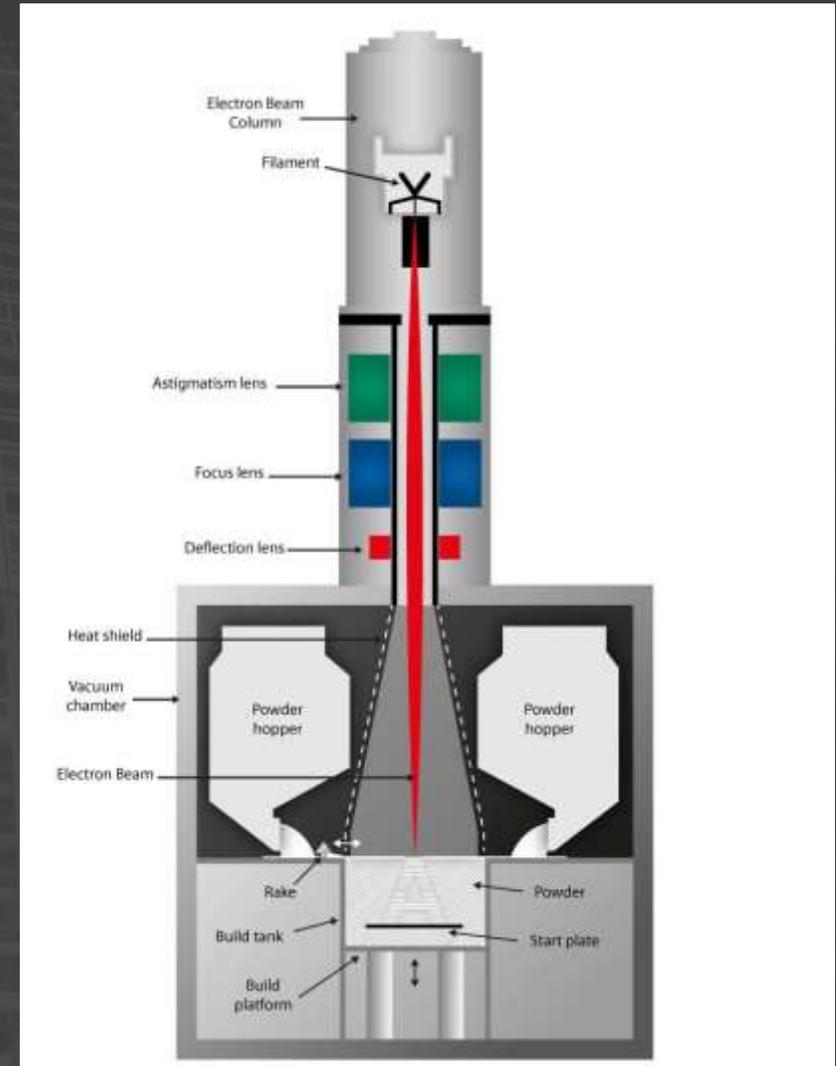
En 1997, Arcam était fondée et la société a continué à poursuivre de développer et commercialiser l'idée fondamentale derrière le brevet. Les machines EBM d'Arcam sont des équipements de production robustes conçus pour un usage industriel pour l'impression 3D des métaux qui nécessitent une température de fusion assez haute.



## Description du procédé

L'Electron EBM est une technologie d'impression 3D procédant par fusion de poudre de métal. Cette technique a la particularité d'utiliser un faisceau d'électrons (à la place d'un laser) pour faire fondre la poudre de métal couche par couche. Elle permet de chauffer la poudre de métal à une température entre 700° et 1000°C, ce qui permet de produire des parties métalliques très denses et donc de conserver les caractéristiques du matériau utilisé. Les pièces produites peuvent atteindre une densité de 100% et mieux conserver les propriétés du matériau qu'en fonderie. Par ailleurs, ce procédé est réalisé sous vide, ce qui est un avantage pour limiter l'oxydation.

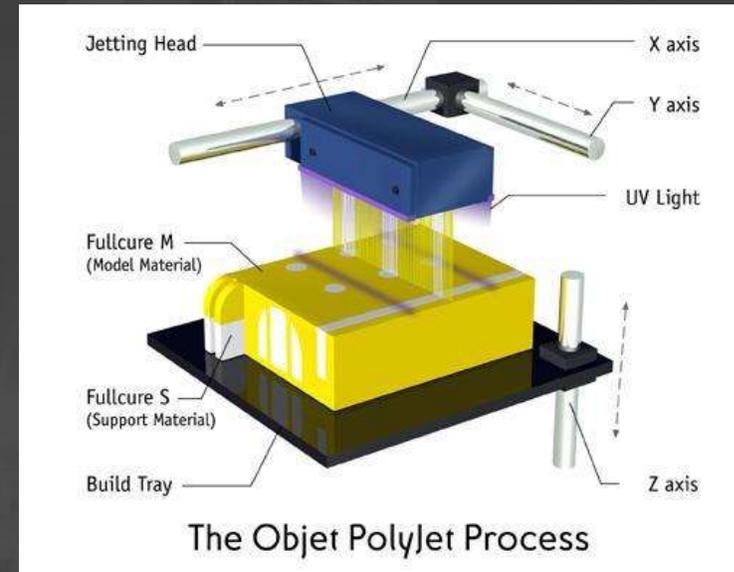
Parmi les matériaux utilisables par cette technologie, on retrouve l'alliage de titane qui constitue un excellent choix pour le marché des implants médicaux, mais aussi le cuivre, le niobium, l'AL 2024, le verre métallique massif, l'acier inoxydable et l'alumine de titane. Les usages de ces procédés d'impression 3D métal sont nombreux : l'aérospatial et la défense, l'industrie médicale ou encore la création de moules.



1999 POLYJET

« DÉPÔT DE MÉTAL PAR JET »

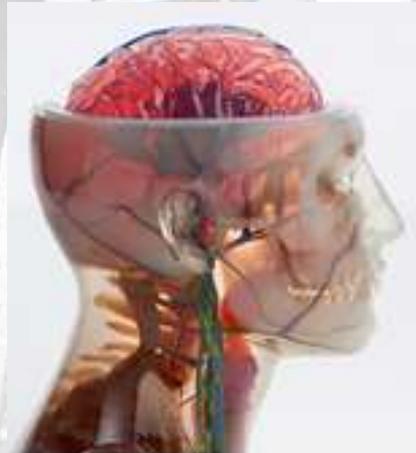
Cette Technologie a été inespérée des imprimantes 2D à jet d'encre couleur. L'impression 3D par PolyJet, brevetée par la société Objet Ltd. en 1999 (qui a fusionné avec Stratasys en 2012), combine la technologie Inkjet et l'utilisation de photopolymères (des matériaux qui durcissent au contact de la lumière ultraviolette).



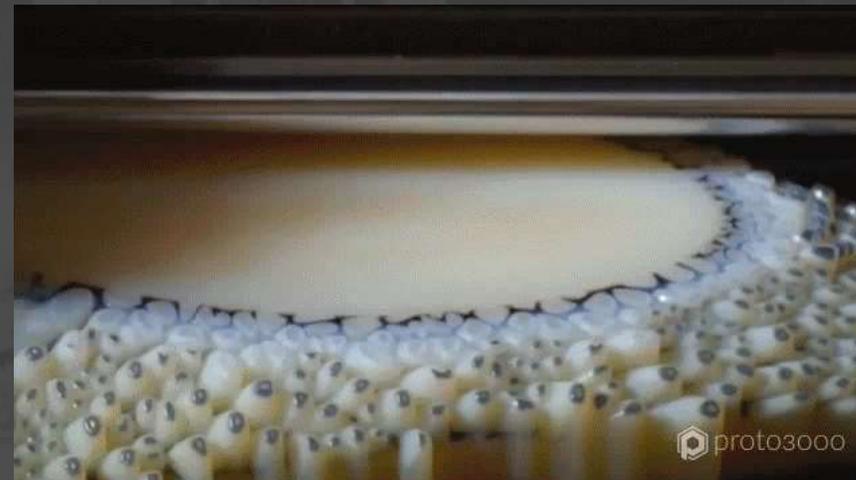
## Description du procédé

Comme toute technique d'impression 3D, le processus commence par la création de l'objet souhaité à l'aide d'un logiciel de CAO puis l'envoi du fichier 3D associé vers l'imprimante.

Le logiciel de la machine découpe alors le modèle 3D en une multitude d'image numérique, chacune d'entre elle correspondant à une couche de l'objet.



Cette technologie possède de nombreux avantages : une excellente résolution (jusqu'à 0,016 mm), des surfaces lisses (pas d'effet d'escalier contrairement aux objets imprimés par FDM) ainsi qu'un large choix de matières et de couleurs pour un coût et un temps d'impression relativement faibles.



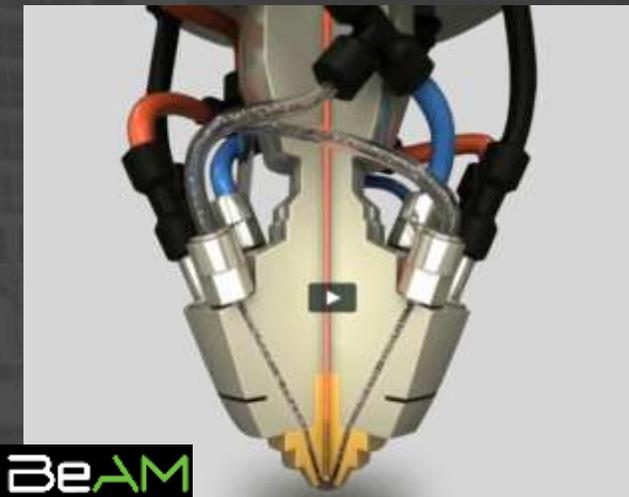
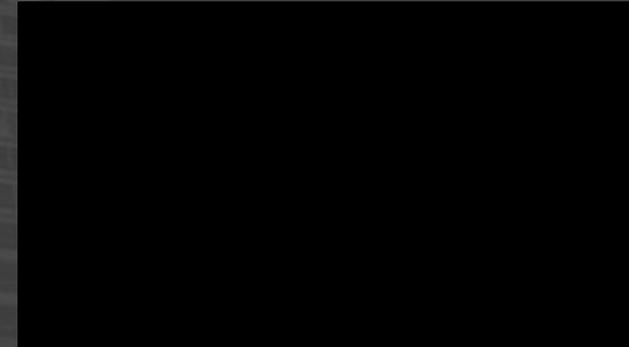
2006

## « DÉPÔT PAR CONSTRUCTION LASER ADDITIVE DIRECTE CLAD »

Ce procédé Français a été développé par le CRT Irepa Laser, un des membres fondateurs de l'institut Carnot « MICA » région Alsace. Participe au projet AMAZE (Additive Manufacturing Aiming Towards Zero Waste & Efficient Production of High-Tech Metal Products) Entrant dans le type "Dépos de matières sous énergie concentrée"

### Description du procédé

Le procédé de construction Laser additive directe (CLAD ou DMD) permet de réaliser des pièces métalliques par dépôt de particules en fusion. Les particules de poudre métallique sont d'abord propulsées sur le chemin d'un faisceau Laser afin de les faire fondre, puis projetées sur la zone de fabrication suivant l'axe de la source Laser. Ce procédé permet non seulement d'utiliser de nombreux alliages métalliques, mais aussi de changer de matériau en cours de fonctionnement et de manière continue : des pièces présentant des gradients de matériaux peuvent ainsi être produites. La buse permet de réaliser des cordons perpendiculaires au faisceau Laser. Afin de pouvoir élaborer des géométries complexes, elle est généralement montée sur une structure cinq axes. Ce procédé nécessite donc une phase de pré-production plus longue que les procédés en couches dans le but de générer des trajectoires qui peuvent être complexes. Initialement destiné au rechargement des pièces, ce procédé peut être utilisé pour fabriquer directement des pièces finales à haute valeur ajoutée ou pour effectuer des réparations.



BeAM



**2014 DMG MORI**

**« FABRICATION HYBRIDE: ADDITIVE SOUSTRACTIVE »**

En 2014, DMG MORI a mis au point une machine-outil hybride combinant fraisage CNC avec une technologie de fabrication additive qui permet la création d'une pièce métallique à partir de données 3D par le biais de dépôt de poudre. Avec le marché de la fabrication additive de plus en plus important, SAUER, membre de DMG MORI AG, a pionnier de la machine en intégrant la fabrication additive fonctionne dans les dernières machines LASERTEC 65 LASERTEC.

## Description du procédé

La société japonaise DMG MORI intègre le soudage de déposition laser et le fraisage avec la fabrication additive dans une fraiseuse possédant à commande numérique cinq axes. Ce procédé utilise le dépôt de poudres métalliques à l'aide d'une buse, ce qui est jusqu'à dix fois plus rapide que la génération du lit de poudre. Selon la compagnie, « jusqu'à présent, les techniques additives étaient utilisées pour générer des prototypes et de petites pièces. En combinant les deux – fabrication additive par la buse de poudre et processus de coupage traditionnels dans une seule machine – il devient possible d'obtenir de nouvelles applications et géométries. Surtout, il est désormais possible d'usiner des grandes pièces avec de hauts volumes d'enlèvement. Le changement flexible entre le laser et le fraisage permet l'usinage de fraisage direct de sections qui ne sont pas accessibles quand la pièce est finie ».



2012

## « IMPRIMANTE 3D DLP »

En 2012 L'imprimante 3D B9Creation v1.1 de l'inventeur Michael Joyce a été financée avec succès sur Kickstarter et rien qu'en cette année, le projet a reçu des promesses de dons d'une valeur de 513 422 \$, soit 10 fois son objectif initial.



Michael Joyce Fondateur  
de B9Creations

## Description du procédé

1. Cet inventeur a été convaincu qu'il est possible de construire une couche à la fois à l'aide d'un projecteur DLP sous une cuve d'objets haute résolution en résine de polymérisation aux UV. Joyce n'a cessé d'apporter des améliorations à son projet pour simplifier la conception et améliorer la qualité. En assurant à tous ses contributeurs précédents de bénéficier des mises à niveau apportées telles que des glissières et des améliorations de l'axe z, ainsi qu'un processus simplifié pour l'ajout de résine afin de disposer du matériel le plus récent.

Joyce maintient le matériel et les logiciels entièrement ouverts afin que la communauté des constructeurs puisse télécharger les fichiers source et expérimenter l'impression 3D à plus haute résolution. En plus des instructions de montage du kit en ligne et téléchargeables, l'équipe a également produit une série de six vidéos détaillant le processus de montage étape par étape.



# A RETENIR

## Procédé de Fabrication Additive normalisés:

Norme NF EN ISO/ASTM 52900: procédés consistant à assembler des matériaux pour fabriquer des pièces à partir de données de modèle 3D, en général couche après couche, à l'inverse des méthodes de fabrication soustractive.

Norme NF EN ISO 17296-2 : 2016 : « Fabrication additive - Principes généraux- Partie 2: Vue d'ensemble des catégories de procédés et des matières premières »)

Photopolymérisation en cuve

Projection de matière (material jetting)

Projection de liant (binder jetting)

Fusion sur lit de poudre (powder bed fusion)

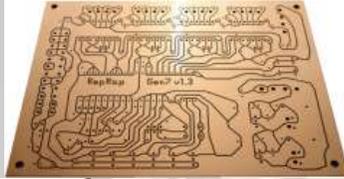
Extrusion de matière (material extrusion)

Dépôt de matière sous flux d'énergie concentrée  
(directed energy deposition)

Stratification de couches (sheet lamination)



**Impression  
de cartes  
électroniques**



**Prototypes  
didactiques**



**Fabrication  
de pièces  
mécaniques**



**Prototypes  
industriels**



**Maquettes 3D  
Pour Architecture**



**APPLICATION DES  
PROCEDES DE  
PROTOTYPAGE  
RAPIDE**

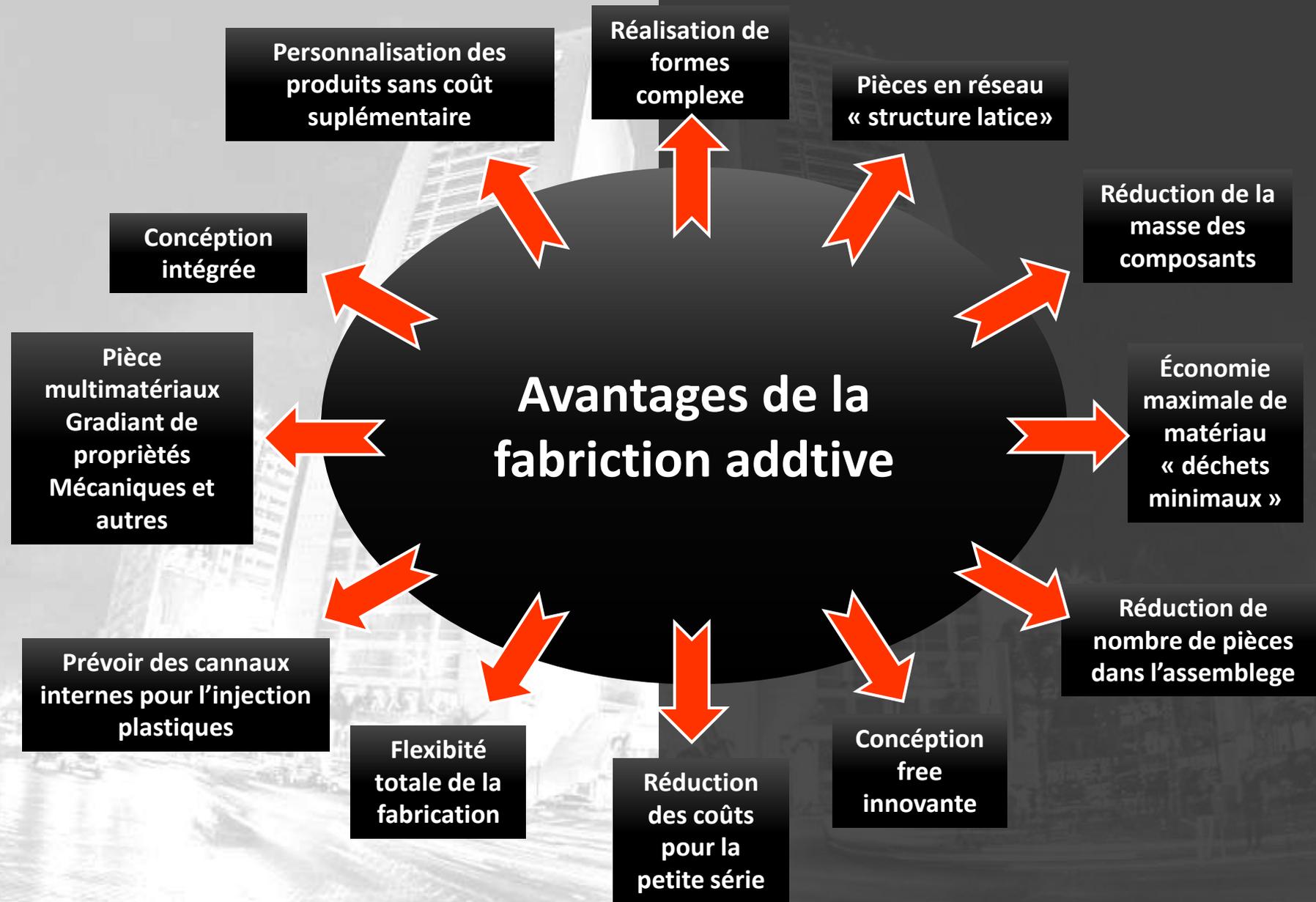
**CHOCALM**

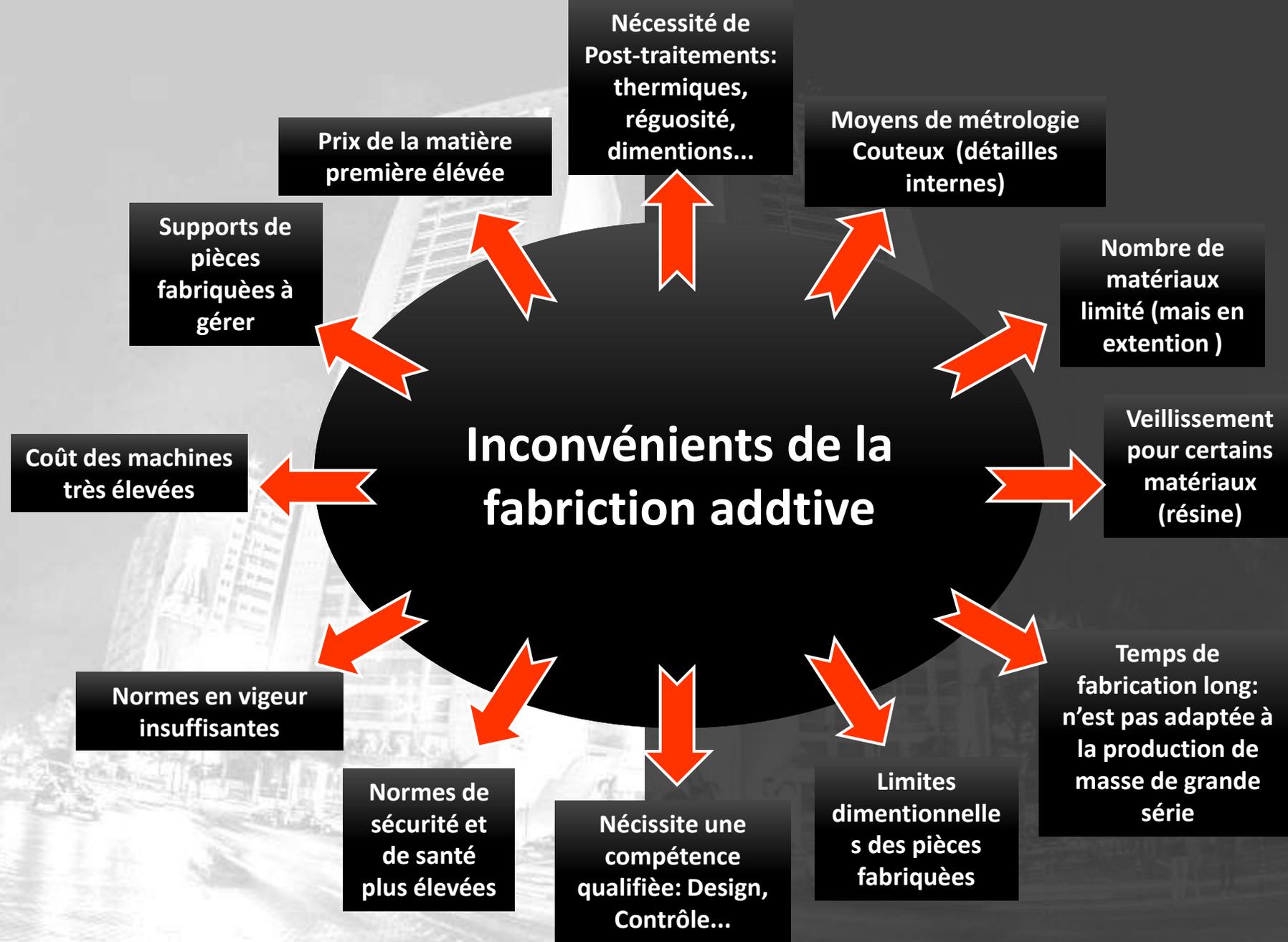


**Sculptures  
et formes  
En chocolat**

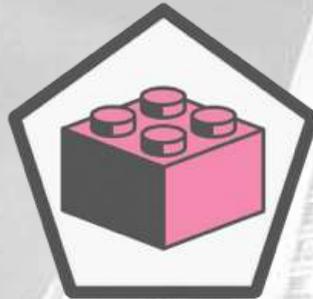
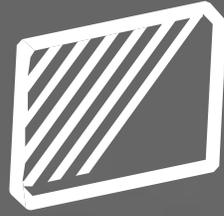
**Biomanufacturing**







# Materials



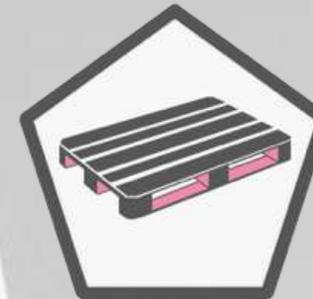
PLASTICS



METALS



CERAMICS



WOOD



CONCRETE



FOOD



ELECTRONICS



BIOLOGICAL



# APPLICATIONS

# DESIGN



Bram Geenen



Janne Kyttanen



Patrick Jouin



Patrick Jouin



Hani Rashid



Haldane Martin



Dirk Vander Kooij



Sulan Kolatan



Peter Donders



Matthias Bär



Batlsheba  
Grossman

# DESIGN



Luc Merx



Bathsheba Grossman



Christina Strand



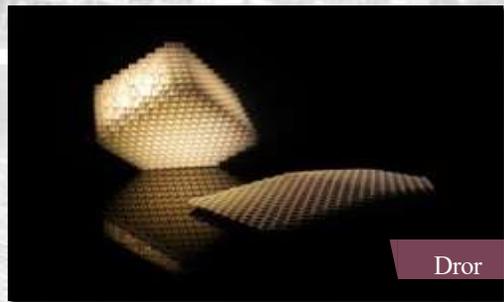
One & Co



Janne Kyttanen



Dan Yeffet



Dror



Janne Kyttanen



Xavier  
Lust



Xavier Lust

# Automotive



# Automotive



# Automotive



# Automotive



# Automotive



# AÉRONAUTIQUE



*Parts for Airbus, 3D printed by GE*



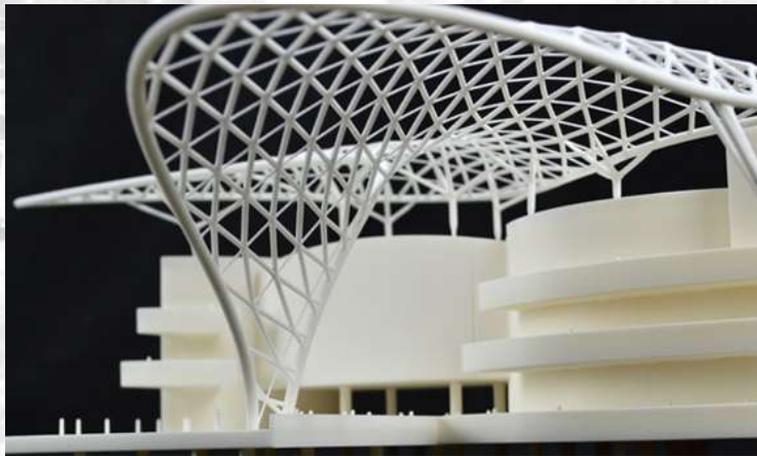
*3D printed parts by EOS for MTU Aero Engines*



# NAVAL



# Architecture





**QUESTIONS**