



LORRAINE FAB  
LIVING LAB®

# La démarche d'impression 3D et les FabLabs

---

## Cours 4 CI3

Hakim Boudaoud

# Définition et positionnement

---

- Impression 3D ou fabrication additive ?

Définition de la fabrication additive, norme NF E 67-001

"Ensemble des procédés permettant de fabriquer, couche par couche, par ajout de matière, un objet physique à partir d'un objet numérique. "



Mise en place de standards

# Définition et positionnement

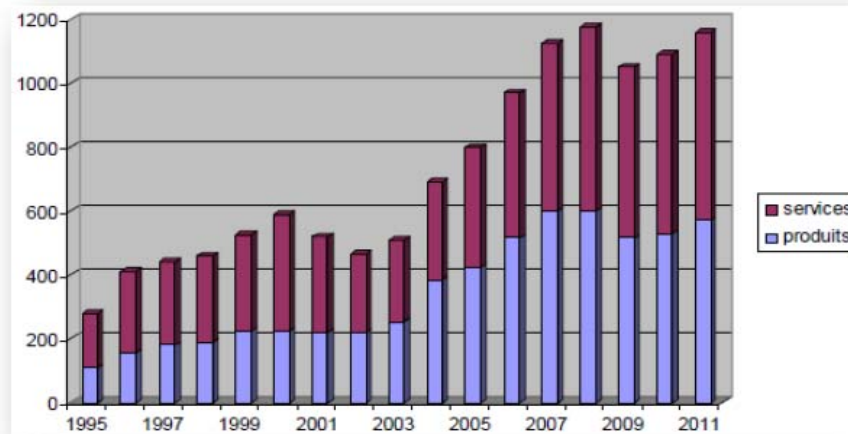
---

- Historique: Idée et 1er brevet développés en 1984 par 3 chercheurs français: Alain Le Méhauté, Olivier de Witte et Jean Claude André.
- Exploitation industrielle par un ingénieur, Charlie W. Hull, aux USA la même année et naissance de la société 3D Systems.

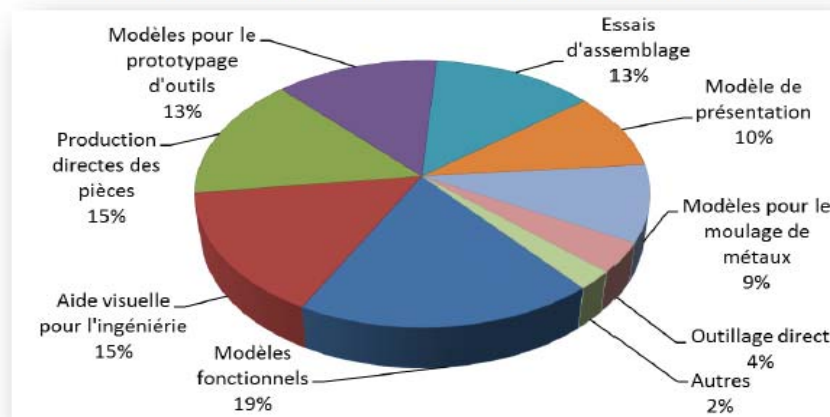


# Définition et positionnement

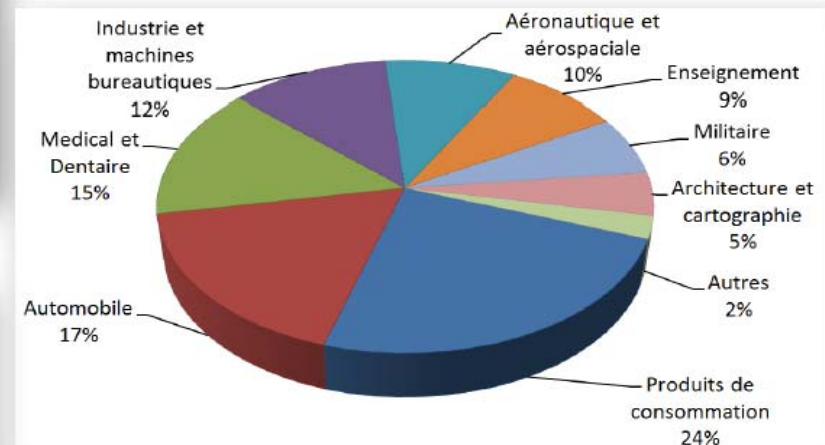
Revenus du secteur de la F.A. en millions de \$ [Wohlers]



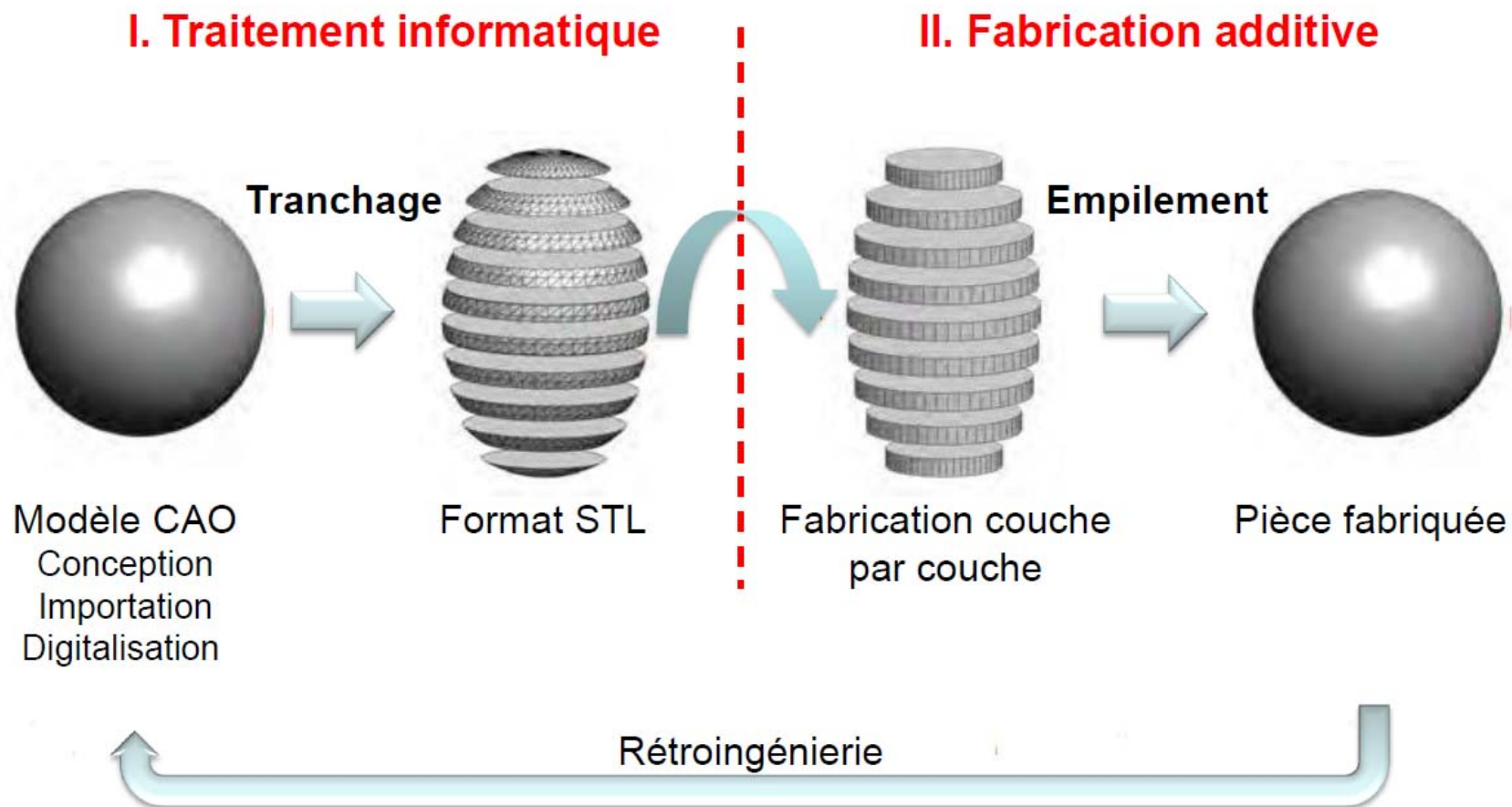
Utilisation des pièces produites par la F.A. [Wohlers]



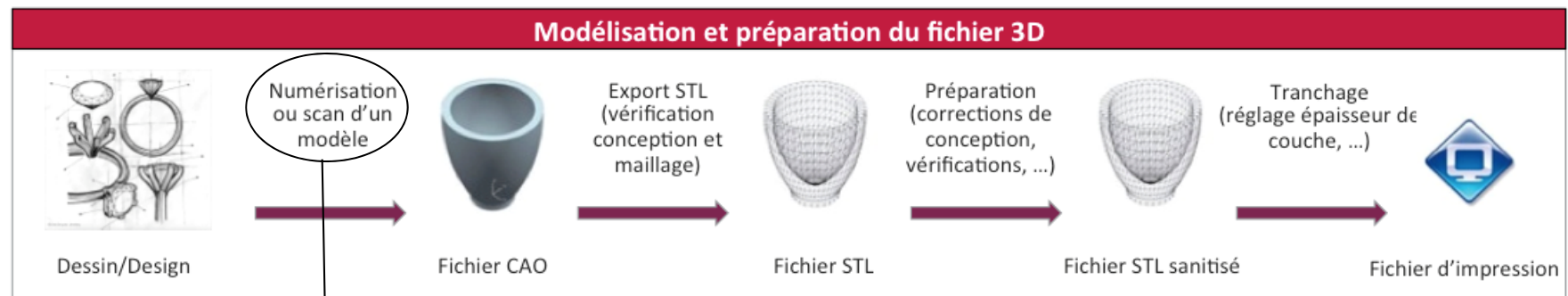
Secteurs d'application de la F.A. [Wohlers]



# Démarche globale

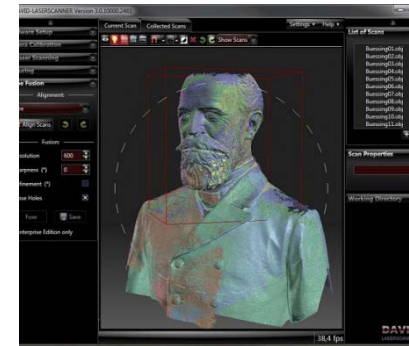


# Etape 1: Traitement informatique : le fichier d'impression



- - Scanner 3D.
- - Logiciel de dessin.
- - Fichier open source ou prestataire

# Etape 1: Scanner 3D



Sources: <http://www.3dnatives.com>

Principalement 2 technologies:

- lumière structurée
- triangulation laser
- Prix 150 à 20000 euros et +
- Précision 0,1 à 1mm
- Temps de scan 1 à 10 min

# Etape 1: Scanner 3D

---



Kinect, prix 150 €

Temps de scan: 1 à 2 min (obtenu sur  
ReconstructMe version gratuite)

Retouche Netfabb: 10 min

Slicing : 8 min



Artec 3D, prix 13000 €

Temps de scan: 30 min

Retouche Artec Studio: 10 min

Slicing : 8 min



Comparateur: <http://www.3dnatives.com>



# Etape 1: Logiciel de CAO

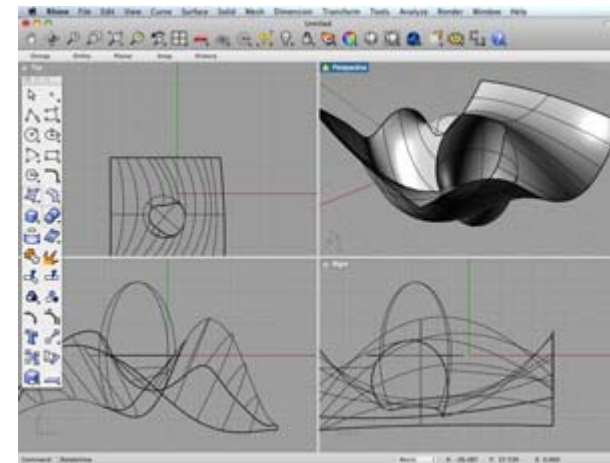
---

2 types de logiciels de conception:

- les logiciels surfaciques/volumiques plus dédiés au design car ils permettent facilement de concevoir des formes complexes de manière très libre.



- CADLINK Rhinocéros, simple d'usage. Aucune limite en termes de complexité, de degré ou de taille. 965€ la licence
- Zbrush 500 € Maya 6000 €.
- Gratuit: Sketchup/fablabayo

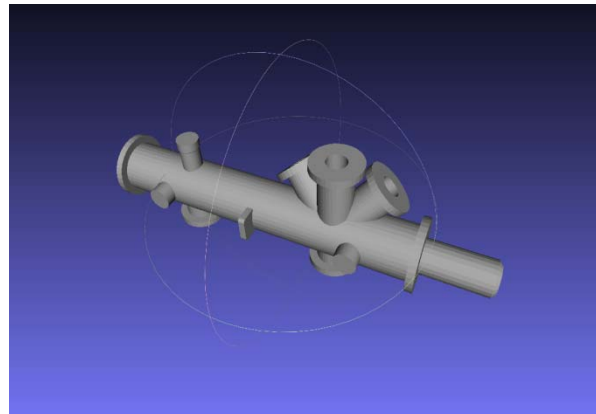


# Etape 1: Logiciel de CAO

---

- les logiciels paramétriques destinés à la conception de pièces fonctionnelles.

- Netfabb
- Freecad
- Solidworks.....



Solidworks: .....x min

Retouche Netfabb: 4 min

Slicing : 5 min

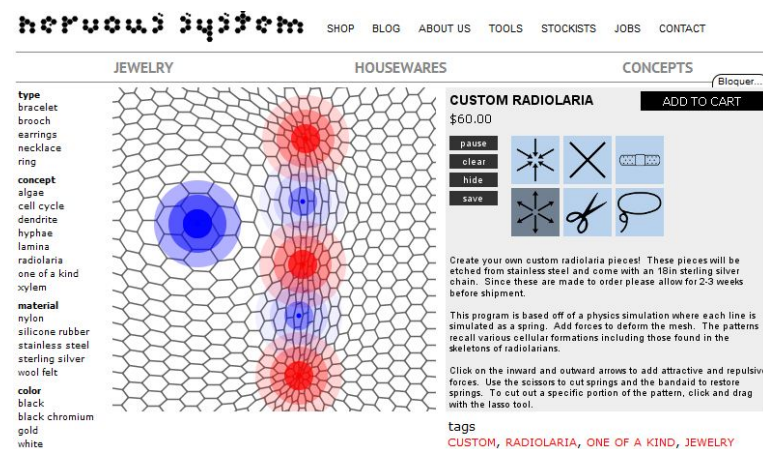
# Etape 1: Prestataires de services

De nombreuses **entreprises offrent des services** de modélisation et d'impression 3D avec des machines professionnelles:

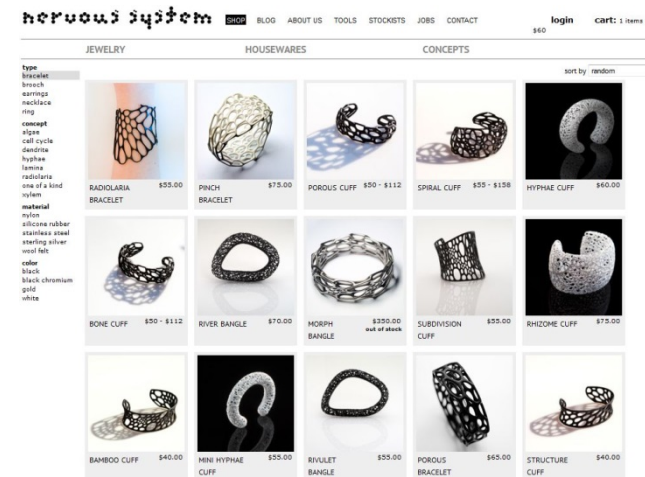
- shapeways.com, i.materialise.com, sculpteo.com, ponoko.com, cloudfab.com

Limites: tournées vers le grand public

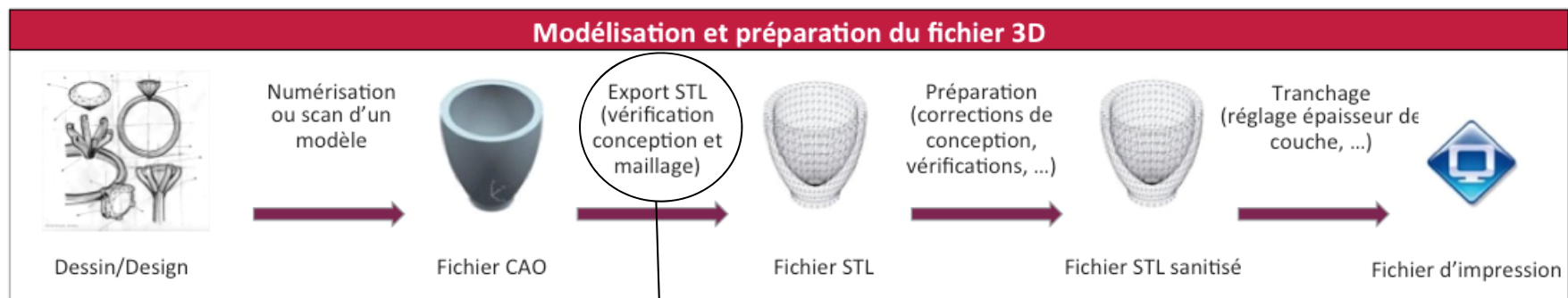
mais de plus en plus des plateformes de téléchargement de fichier offrent de la flexibilité (thingiverse.com, nervous ...)



Source ://www.nervous.com



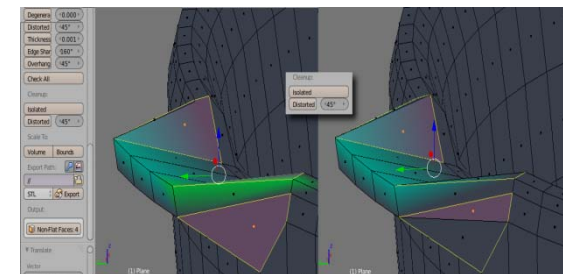
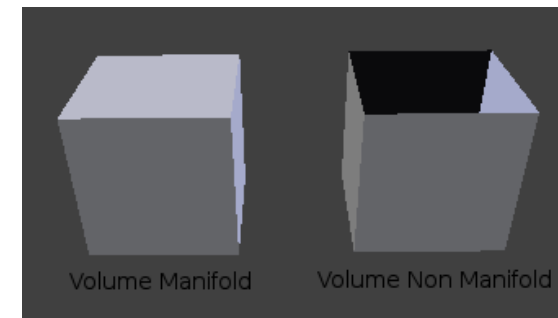
# Etape 1: Traitement informatique : le fichier d'impression



## Vérification de certains principes :

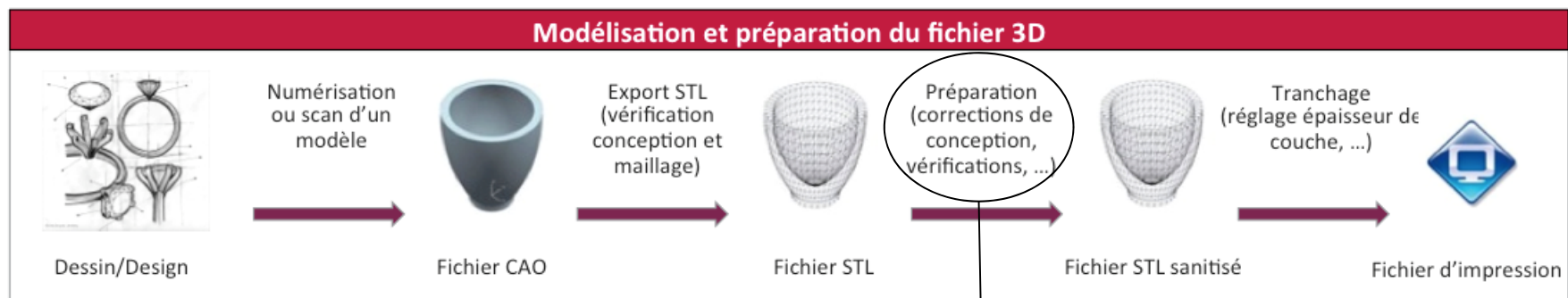
- L'épaisseur doit être supérieur à la résolution machine.
- Les surfaces doivent être fermées.
- Les surfaces doivent aussi être "orientées".
- Eviter les intersections de faces.

(Blender gratuit, doc utilisateur: <http://fr.flossmanuals.net>)



source: <http://fr.flossmanuals.net>

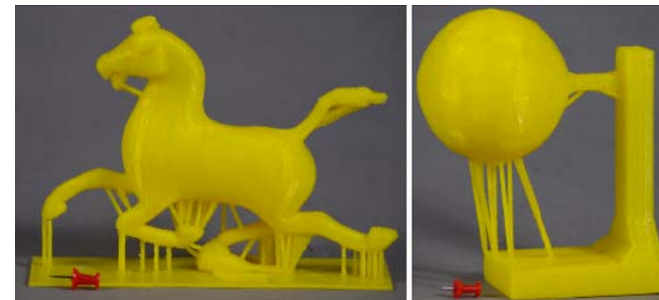
# Etape 1: Traitement informatique : le fichier d'impression



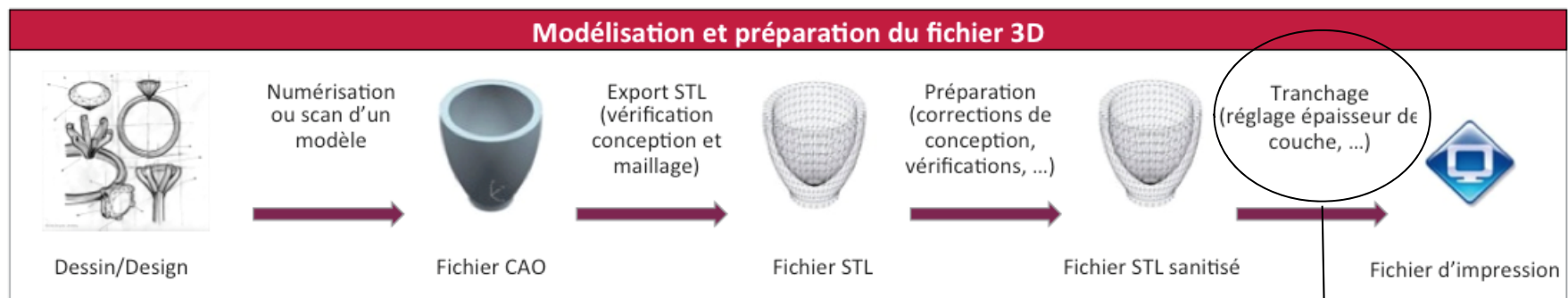
« Sanitisation » et préparation de la pièce:

Mise en place des ponts ( Magics 400 à 2000€

la licence selon procédé ).



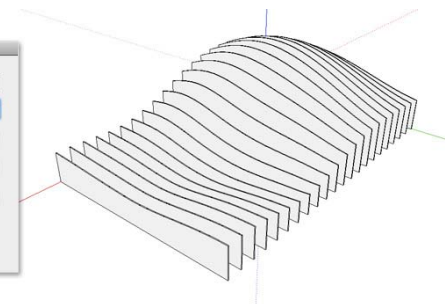
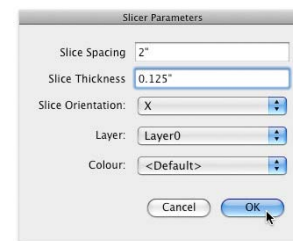
# Etape 1: Traitement informatique : le fichier d'impression



Utilisation du « slicer/trancheur » :

programme qui permet la découpe d'un objet vectoriel 3D en tranche et instruction pour l'imprimante en fonction des paramètres de celle ci et des réglages d'impression.

Logiciel gratuit: curaengine, slic3r



# Etape 1: Traitement informatique : Exemple sur Makerbot



Récapitulatif de « Sanitisation »  
et préparation de la pièce sur  
Makerbot.

# Etape 1: Traitement informatique : Récapitulatif gestion de l'impression

Logiciel	Imprimantes compatibles	Systèmes d'exploitation compatibles	Gestion de découpage de fichier	Visualisation de la pièce en 3D pendant l'impression
<b>ReplicatorG</b>	Imprimantes personnelles FDM (MakerBot, RepRap...)	Linux, Mac OS X, Windows	Oui	Oui
<b>Pronterface</b>	Imprimantes personnelles FDM (Printrbot, RepRap...)	Linux, Mac OS X, Windows	Non	Non
<b>MakerWare</b>	MakerBot	Linux, Mac OS X, Windows	Oui	Oui (gestion de l'impression simultanée de plusieurs pièces)
<b>Repetier</b>	Imprimantes personnelles FDM	Linux, Mac OS X, Windows	Oui	Oui
<b>Cura</b>	Imprimantes personnelles FDM (Ultimaker, RepRap...)	Linux, Mac OS X, Windows	Oui	Oui
<b>ZPrint</b>	ZPrinter (3D Systems)	Windows	Oui	Oui (gestion de l'impression simultanée de plusieurs pièces)
<b>Objet Studio</b>	Objet	Windows	Oui (découpage du fichier à la volée pour réduire le temps de préparation)	Oui (gestion de l'impression simultanée de plusieurs pièces)
<b>Magics</b>	Imprimantes à frittage laser ou à stéréolithographie (EOS...)	Windows	Oui	Oui (gestion de l'impression simultanée de plusieurs pièces)



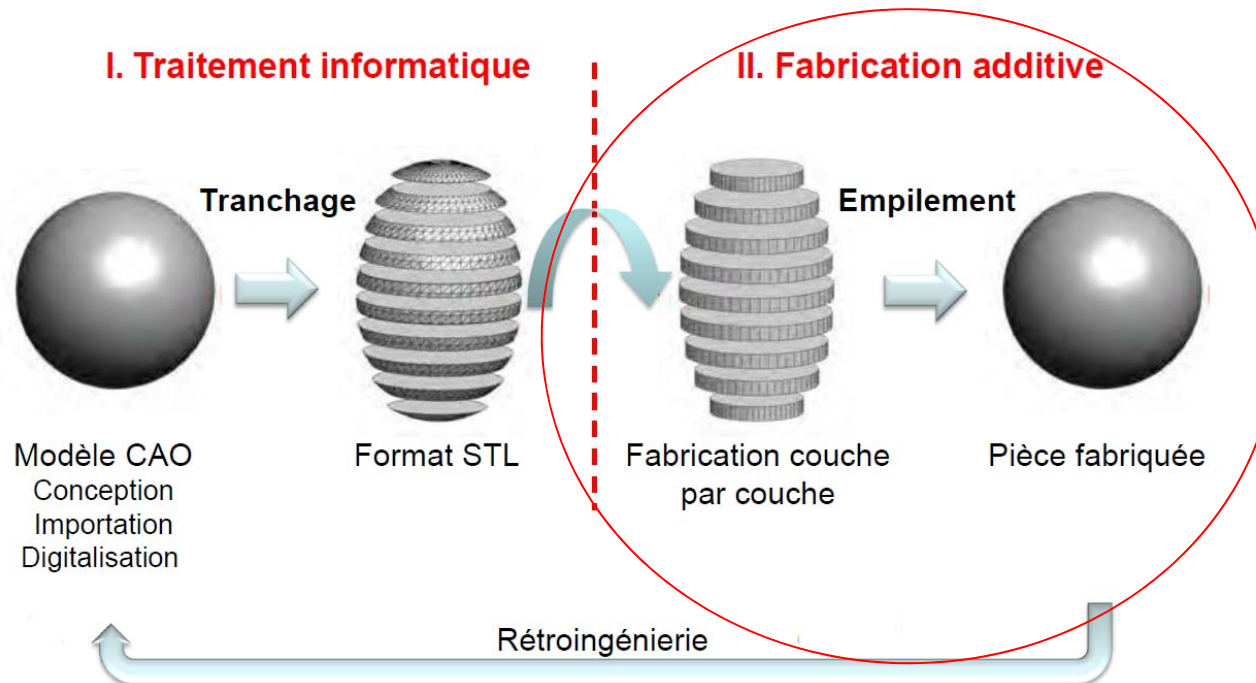
# Etape 1: Traitement informatique : remarques générales

---

Pour l'utilisation d'un fichier issue d'un logiciel spécifique (exemple Abaqus, Ansys, Comsol .....):

- Être étanche, c'est-à-dire qu'il ne doit manquer ni de face ni d'arête.
- S'assurer que toutes les faces soient correctement orientées.
- S'assurer que chaque partie est constituée de solides (pas d'éléments coques ou dégénérés).
- Limiter les détails qui seraient trop petits à l'impression.
- Si le modèle est une pièce creuse, prévoir des ouvertures pour pouvoir retirer le matériau de support après l'impression. (en fonction du procédé)
- Si le modèle présente des parties transparentes, il faudra le préciser. (non supporté par STL)

## Etape 2: Fabrication additive

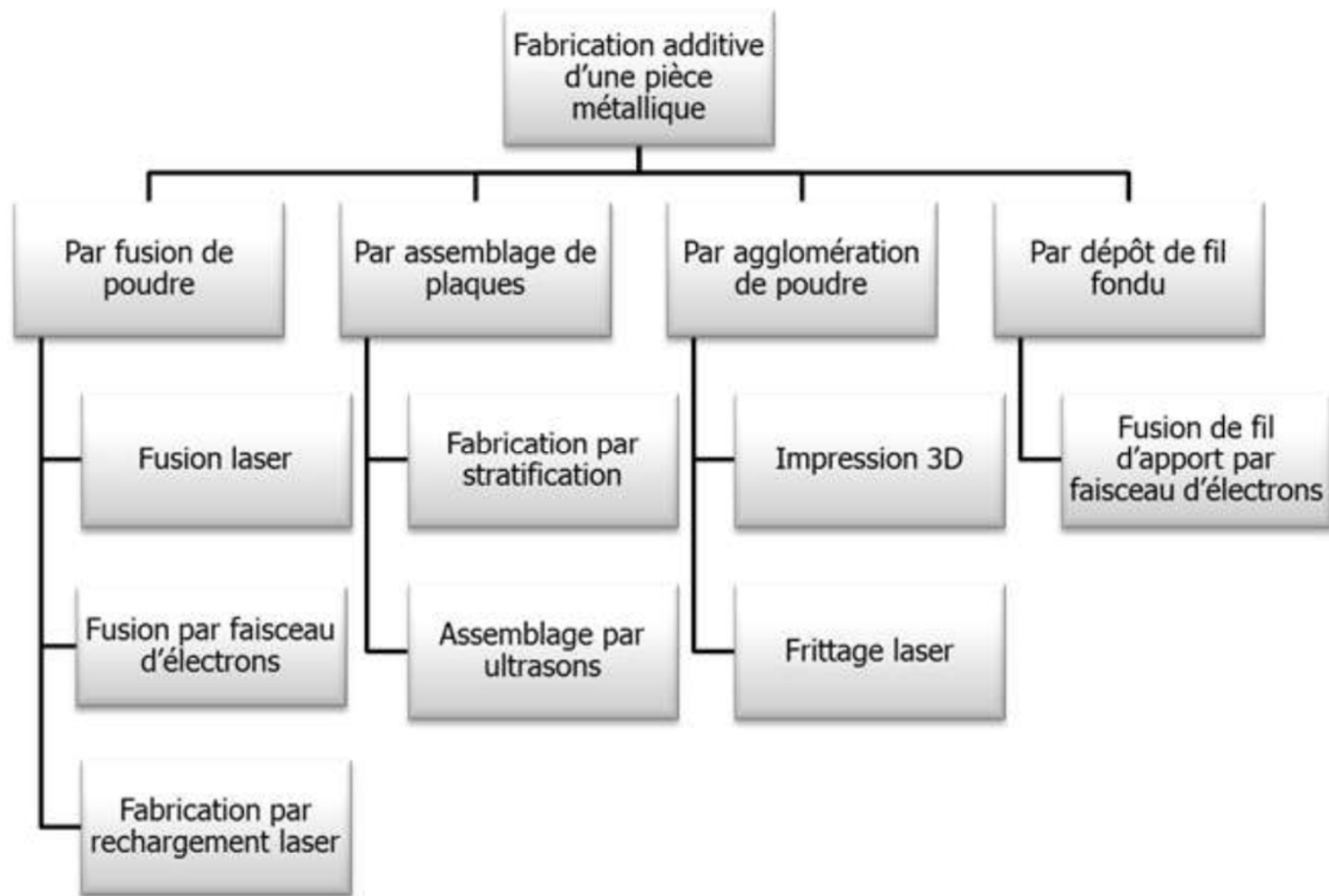


Différentes classification possibles des procédés:

- Avec ou sans pertes de matières,
- Demandant la fusion des constituants ou non,
- Pièces métalliques ou non-métalliques,
- ....

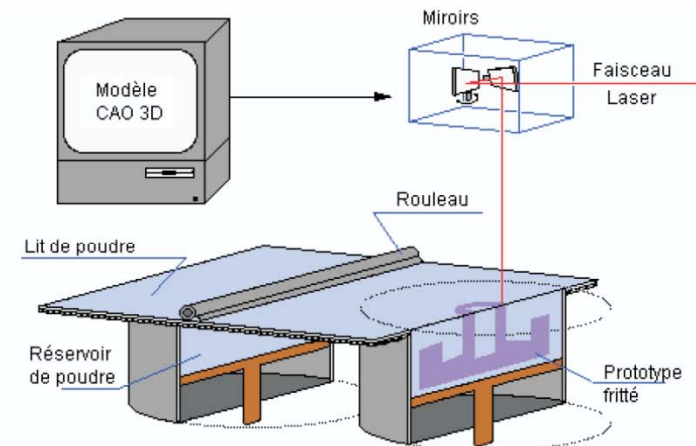
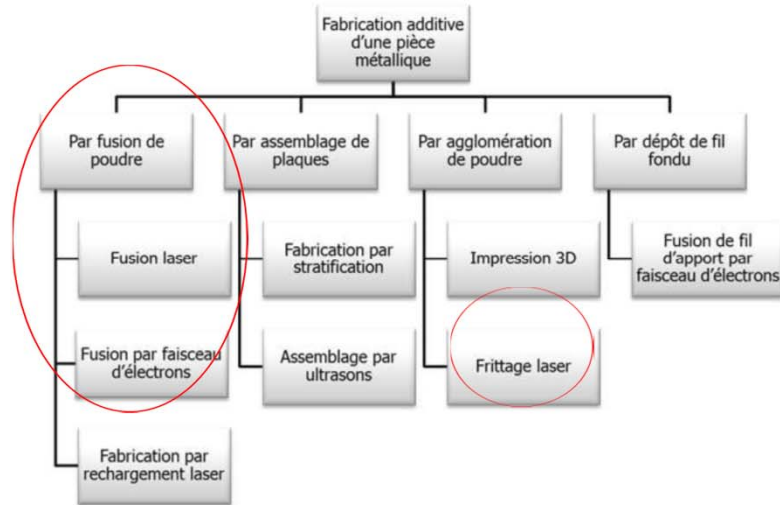
## Etape 2: Fabrication additive des pièces métalliques

---



source: [www.centre.directe.gouv.fr/L-impression-3-D-etat-des-lieux-et-perspectives](http://www.centre.directe.gouv.fr/L-impression-3-D-etat-des-lieux-et-perspectives)

# Etape 2: Fabrication additive des pièces métalliques: Principe fusion de poudre et frittage laser



UT Austin, 1995

Fusion laser et par faisceau d'électrons  
métaux uniquement: titane, aluminium, aciers  
inoxydables, chrome-cobalt, inconel 718

Dimensions de pièces possibles:  
600x400x500mm laser et 350x350x350mm  
faisceau d'électrons

épaisseur de couche: 20 à 100µm et 100µm

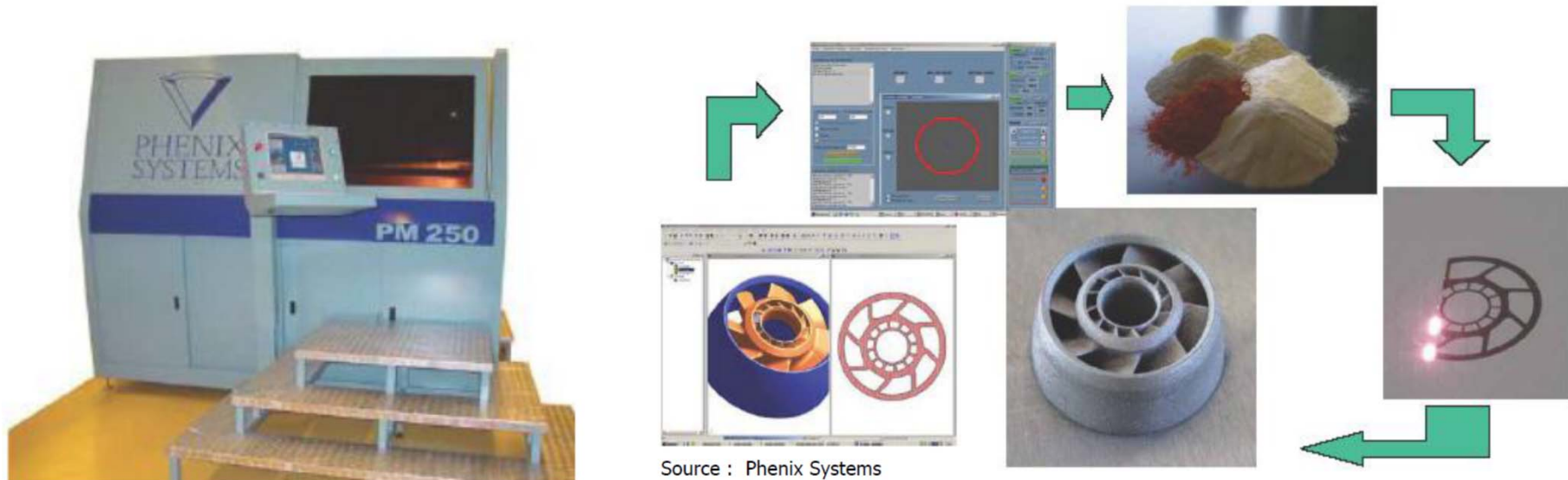
Frittage laser  
métaux et non métaux: titane, aciers  
inoxydables, chrome-cobalt, plastiques,  
céramiques, verres ..

Dimensions de pièces possibles:  
700x600x400mm

épaisseur de couche: 20 à 100µm

Applications : médical, aéronautique, automobile, insert de moules.

## Etape 2: Fabrication additive des pièces métalliques: Principe fusion de poudre laser



Caractéristiques :

Matériau(x) : **Métaux et céramiques**

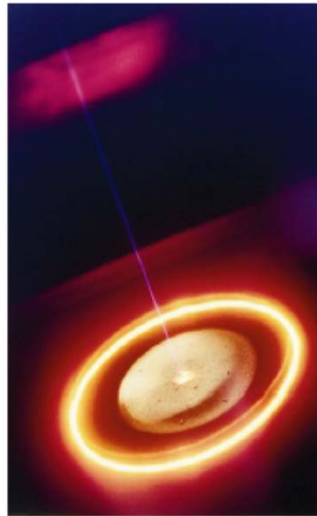
Technologie : **Fusion laser**

Précision (mm) : **0,05 à 0,12**

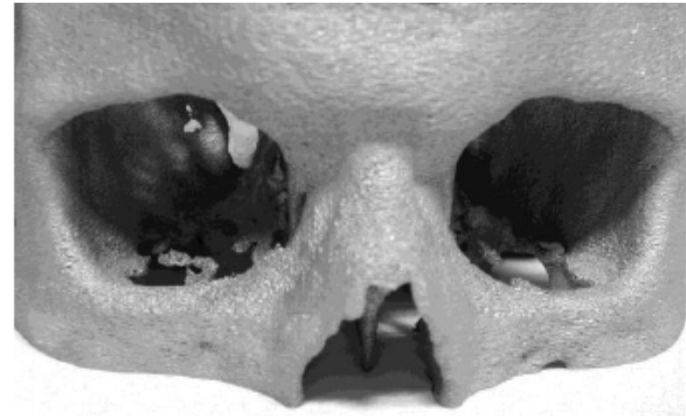
Taille maximum d'impression (mm) : **250x300x190**

## Etape 2: Fabrication additive des pièces métalliques: fusion de poudre par faisceau d'électrons

---



*source: Arcam*



*source: Arcam*

EBM S12

Caractéristiques :

Matériau(x) : **Métaux Acier, Cobalt, Chrome, Titane**

Technologie : **Fusion par faisceau d'électrons**

Précision (mm) : **0,400**

Taille maximum d'impression (mm) : **250x250x200**



# Etape 2: Fabrication additive des pièces métalliques: Frittage Laser

---

## Phénix PXM

Caractéristiques :

Matériau(x) : **Métal, Céramique, Plastique**

Technologie : **Frittage Sélectif**

Précision (mm) : **0,02**

Taille maximum d'impression (mm) : **140x140x100**



*source: Phénix*

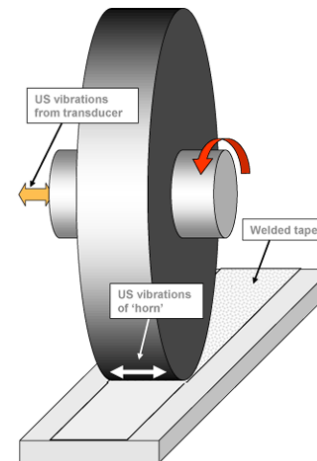
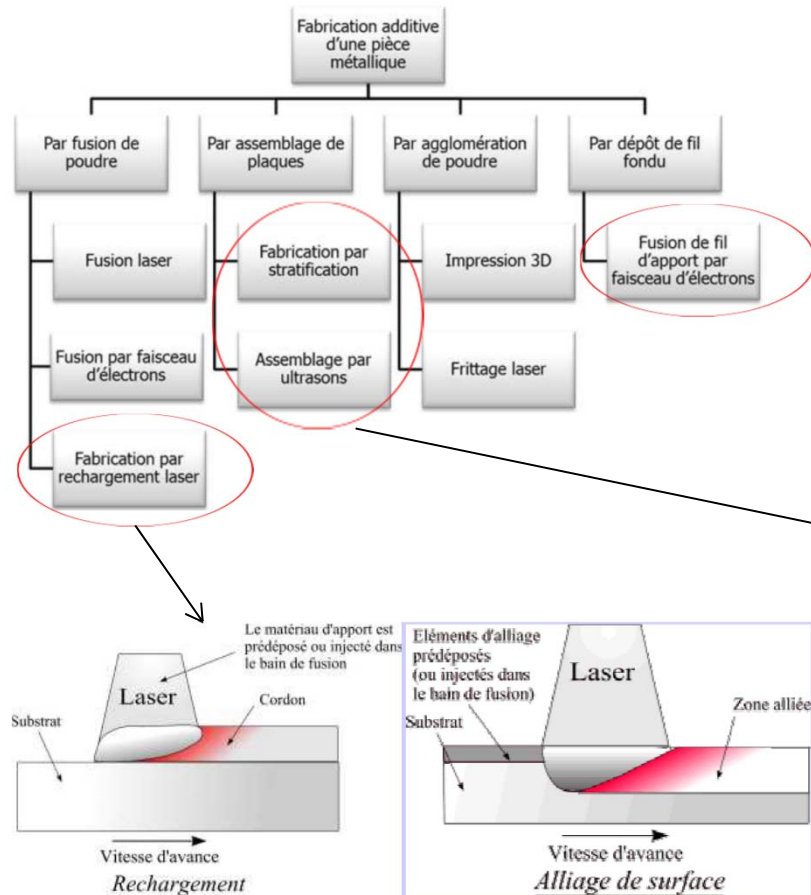


*source: Phénix*



DI3D

## Etape 2: Fabrication additive des pièces métalliques: Autres principes

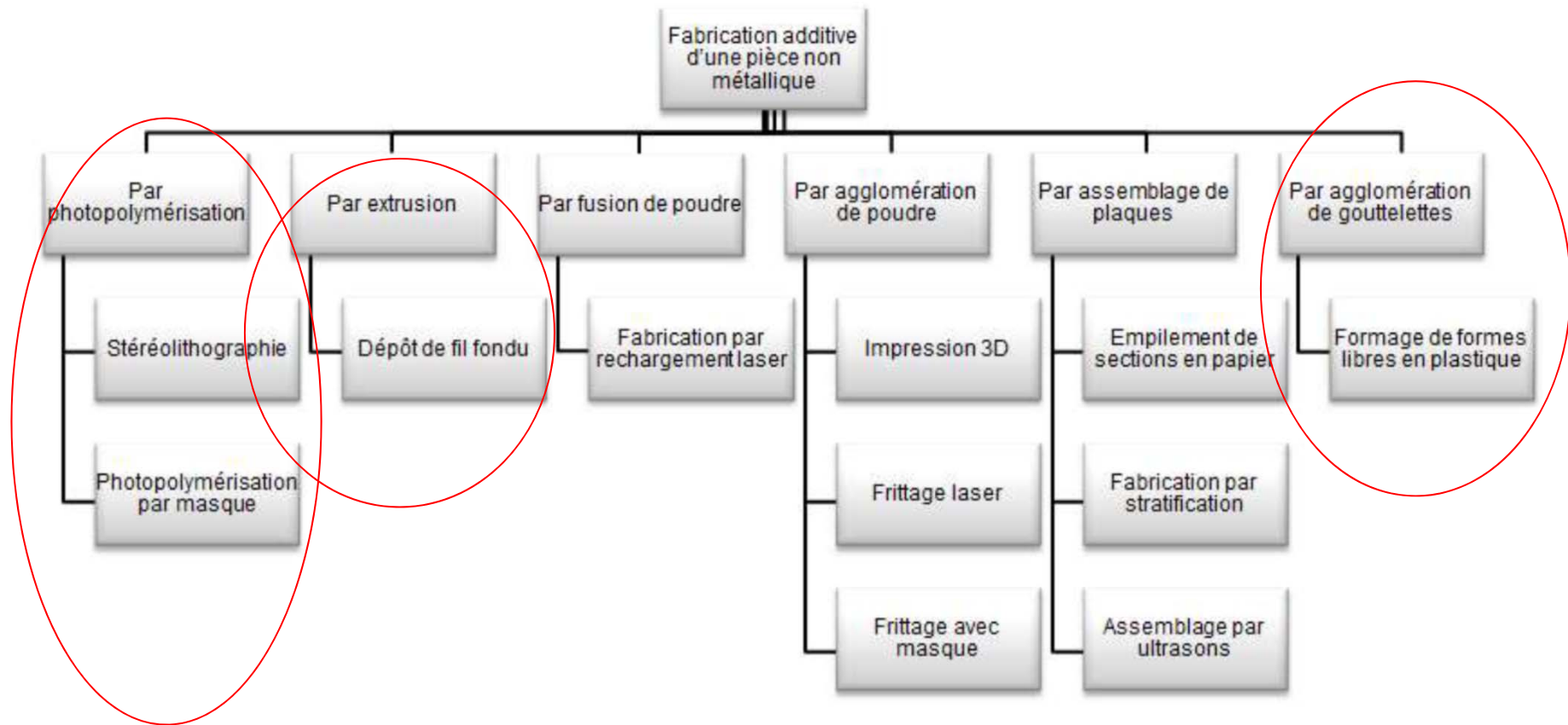


Caractéristiques : à base de feuille  
Matériau(x) : **Métal, Thermoplastique**

Caractéristiques :  
Matériau(x) : **Métal, Céramique, Plastique**  
Précision (mm) : **0,05 à 0,3**

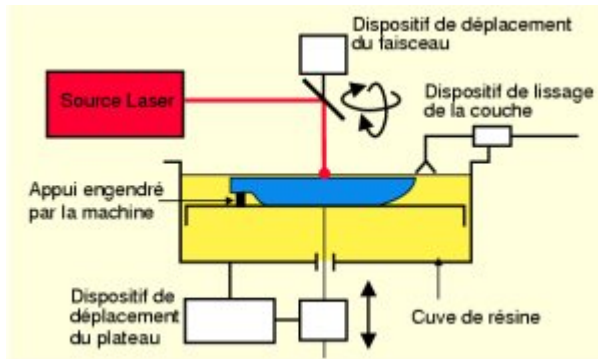


## Etape 2: Fabrication additive des pièces non-métalliques



source: [www.centre.directe.gouv.fr/L-impression-3-D-etat-des-lieux-et-perspectives](http://www.centre.directe.gouv.fr/L-impression-3-D-etat-des-lieux-et-perspectives)

## Etape 2: Fabrication additive des pièces non-métalliques: Principe Stéréolithographie

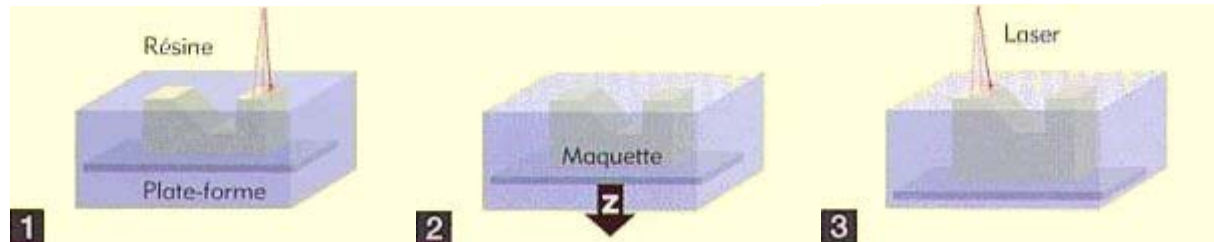


### Stéréolithographie

Matériaux: résines acrylates, époxys, ABS ; la résine peut être chargée de poudre de céramiques ou de métaux.

Dimension de pièces possibles: plusieurs mètres

Applications: Prototypages, figurines



# Etape 2: Fabrication additive des pièces non-métalliques: Stéréolithographie

## Form 1+

- Technologie : **Stéréolithographie**
- Epaisseur min. d'impression : **0,05**
- Précision (mm) : **0,05X-Y, 0,1 Z**
- Taille maximum d'impression (mm) : **125x125x165**
- Prix: **5000 €**



L'imprimante 3D 3DLPrinter  
imprimante haute précision

Caractéristiques :

Matériau(x) : **Résine**

Technologie : **Digital Light Processing**

Epaisseur min. d'impression : **10 microns**

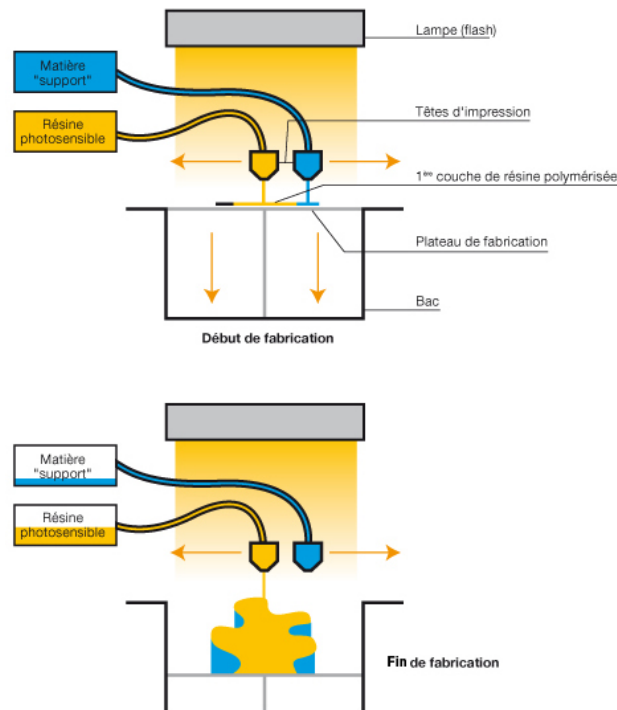
Précision (mm) : **XY: 100 microns - Z: 10 microns**

Taille maximum d'impression (mm) :  
**102x78x160**



# Etape 2: Fabrication additive des pièces non-métalliques: Principe Modelage à Jet multiples

Schéma du procédé d'impression 3D



Modelage à jet multiples

Matériaux: résines acrylates, époxys, ABS, cire

Dimension de pièces possibles: plusieurs mètres

Précision jusqu'à 0,016mm

Applications: Prototypages



## Etape 2: Fabrication additive des pièces métalliques: Modelage à Jet multiples

---

3D3Z Pro

Caractéristiques :

Matériau(x) : **Résine**

Technologie : **Modelage à Jets Multiples**

Epaisseur min. d'impression : **0,158**

Précision (mm) : **0,05X-Y**

Taille maximum d'impression (mm): **152x152x102**



Projet1500

Caractéristiques :

Matériau(x) : **Plastique - autres**

Technologie : **Modelage à Jets Multiples**

Vitesse (mm/s) : **20,3 mm/heure**

Précision (mm) : **0,254**

Taille maximum d'impression (mm) : **71x228x203**

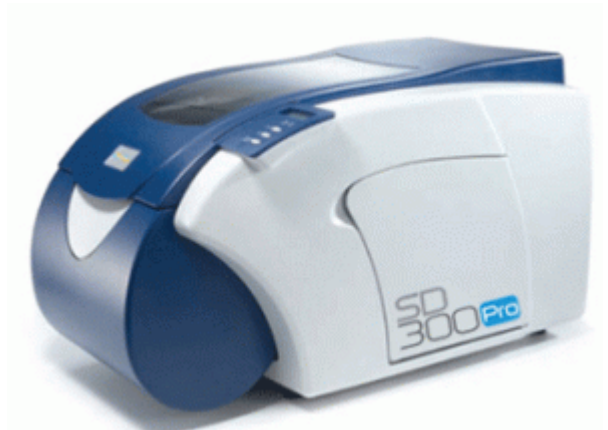


## Etape 2: Fabrication additive des pièces non-métalliques: Empilement de papier

---

### SD 300 Pro

- Technologie : **Laminage par dépôt sélectif**
- Epaisseur min. d'impression : **0,168**
- Précision (mm) : **0,1**
- Taille maximum d'impression (mm) : **160x210x135**
- Prix: **10000 €**

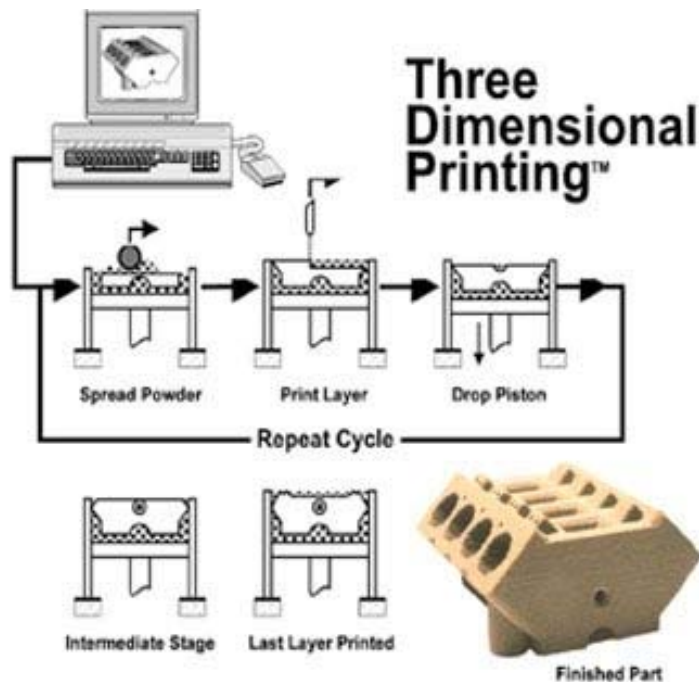


### Mcor Iris

- Technologie : **Laminage par dépôt sélectif**
- Epaisseur min. d'impression : **0,1**
- Précision (mm) : **0,012X-Y, 0,1 Z**
- Taille maximum d'impression (mm) : **160x210x135**



## Etape 2: Fabrication additive des pièces non- métalliques: Impression 3D



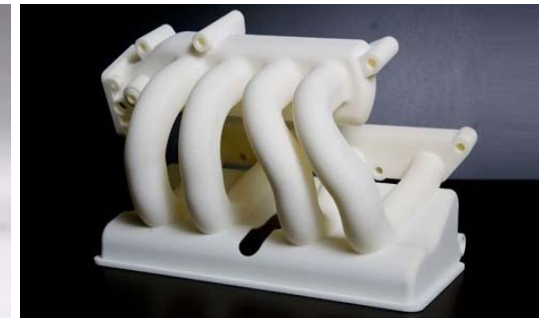
Impression 3D

Matériaux: métaux, céramiques, tout plastiques.

Dimension de pièces possibles: un mètre

Applications: Prototypages, figurines

Couleur et mixe possible





## Etape 2: Fabrication additive des pièces non-métalliques

---

Projet660Pro

Caractéristiques :

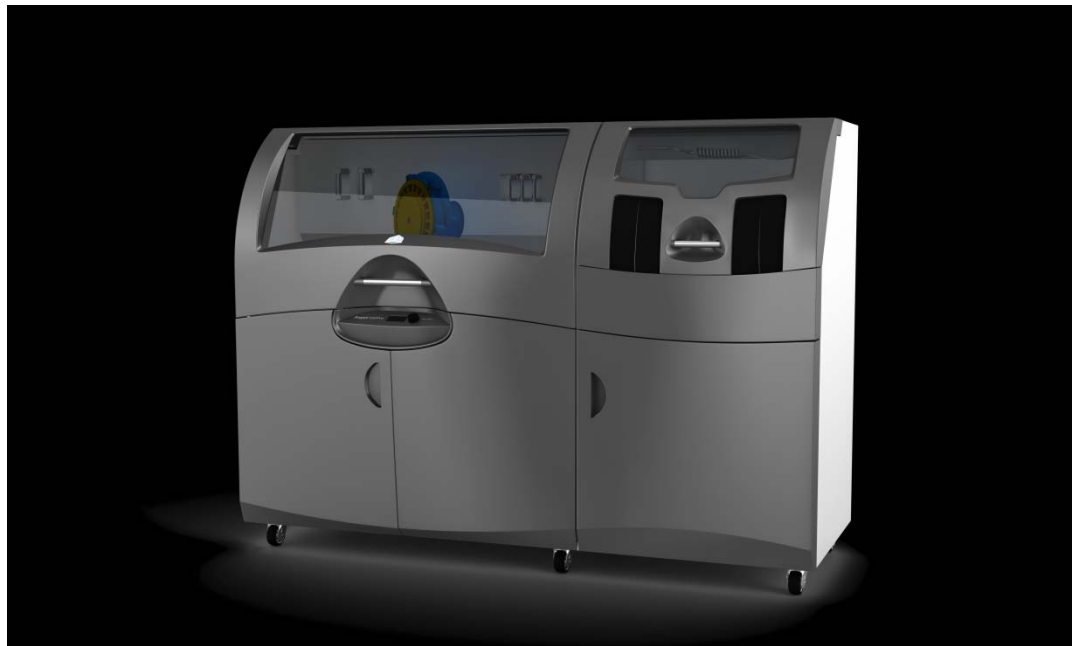
Matériau(x) : **Poudre minérale**

Technologie : **Poudre collée**

Précision (mm) : **100 microns**

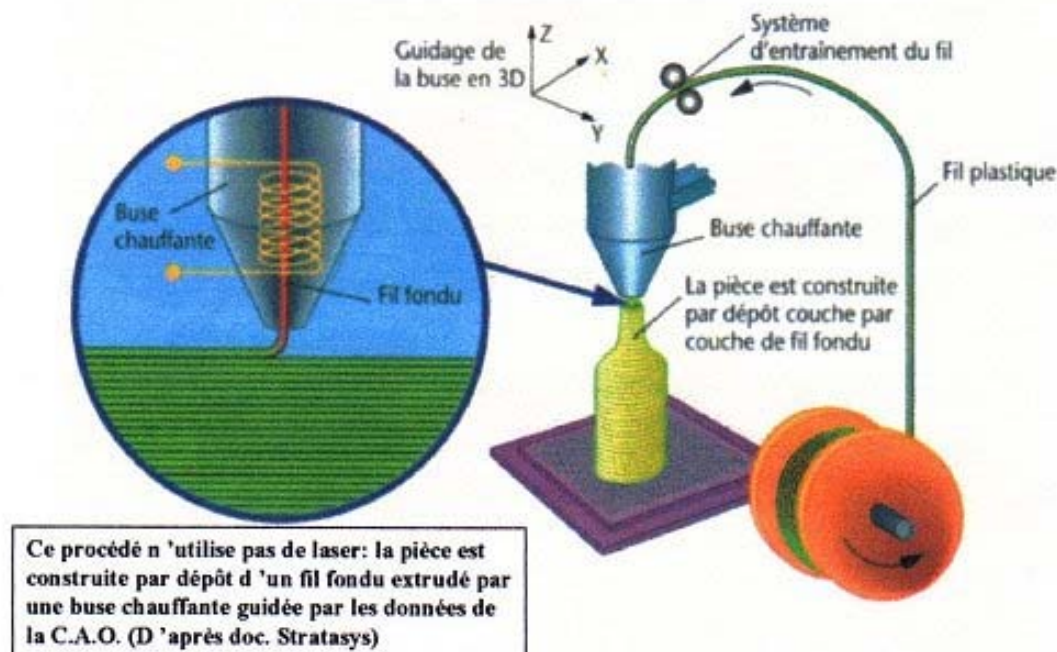
Taille maximum d'impression (mm) : **254x381x203**

**Technologie rapide permettant la couleur**





## Etape 2: Fabrication additive des pièces non-métalliques: Dépôt de fil Fondu



Dépôt de fil fondu

Matériaux: thermoplastiques, ABS, Polycarbonate, élastomères.

Dimension de pièces possibles: 200\*200\*200 ( mais on peut faire plus)

Applications: Prototypages



## Etape 2: Fabrication additive des pièces non-métalliques: Dépôt de fil fondu

---

Orca v0.43

Matériau(x) : **PLA, ABS et autres composites**

Technologie : **Dépôt de matière fondue**

Epaisseur min. d'impression : **0,150**

Vitesse (mm/s) : **250**

Précision (mm) : **0,030**

Taille maximum d'impression (mm) : **250x220x190**



## Etape 2: Fabrication additive des non-pièces métalliques: Dépôt de fil fondu

---

- **Ultimaker**
- Matériau(x) : **PLA, ABS, Filaments spéciaux**
- Technologie : **Dépôt de matière fondue**
- Epaisseur min. d'impression : **0,020 mm**
- Vitesse (mm/s) : **300**
- Précision (mm) : **XY: 0,0125 - Z: 0,05**
- Taille maximum d'impression (mm) : **230x225x205**



## Etape 2: Fabrication additive des pièces non-métalliques: Les matériaux

---

### Matériaux organiques

Cires

Tissus/Cellules

### Céramiques

Alumine

Mullite

Zircone

Carbure de silicium

Phosphate tricalcique  $\beta$

Résines époxy chargées en céramique

Silice (sable)

Plâtre

Graphite

### Plastiques

ABS (acrylonitrile butadiène styrène)

PLA (acide polylactique)

Polyamide (nylon)

Polyamide renforcé

PEEK (polyétheréthercétone)

Résines époxy chargées en céramique (nano)

Cuivre

PMMA (polyméthacrylate de méthyle)

PC (polycarbonate)

PPSU ou PPSF (polyphénylsulfone)

Ultem

Alumide

(Source : Econolyst)

# Etape 2: Fabrication additive des pièces non-métalliques: choix des matériaux

Objet à imprimer	Matériaux recommandés	Avantages
<b>Figurine</b>	Résine	Grande précision et finitions plus faciles qu'avec du polyamide ou de l'ABS
<b>Vaisselle (tasse, assiette, bol, vase... )</b>	Céramique	Conforme aux normes sanitaires, étanche et résistante à la chaleur
<b>Maquette d'architecture</b>	Matériau composite Z Corporation ou polyamide	Impression simultanée en plusieurs couleurs possible et grande finesse de détail
<b>Jouet</b>	ABS ou PLA	Couleurs vives, surface lisse et agréable au toucher
<b>Matériel publicitaire (accessoires, porte-clés... )</b>	Polyamide coloré	Meilleur marché que la résine, précis, et permettant des formes mobiles
<b>Bijou</b>	Argent, or ou bronze, en impression à cire perdue	Excellente qualité de détail
<b>Pièce mécanique comportant des éléments mobiles (chaîne, boule, engrenage... )</b>	Polyamide	Possibilité de réaliser des engrenages complexes et précis. Partie mobile impossible avec une impression en résine ou en métal
<b>Écran, effet de transparence</b>	Résine transparente	Seul matériau totalement transparent existant pour le moment

Sources: <http://www.serialmakers.com>

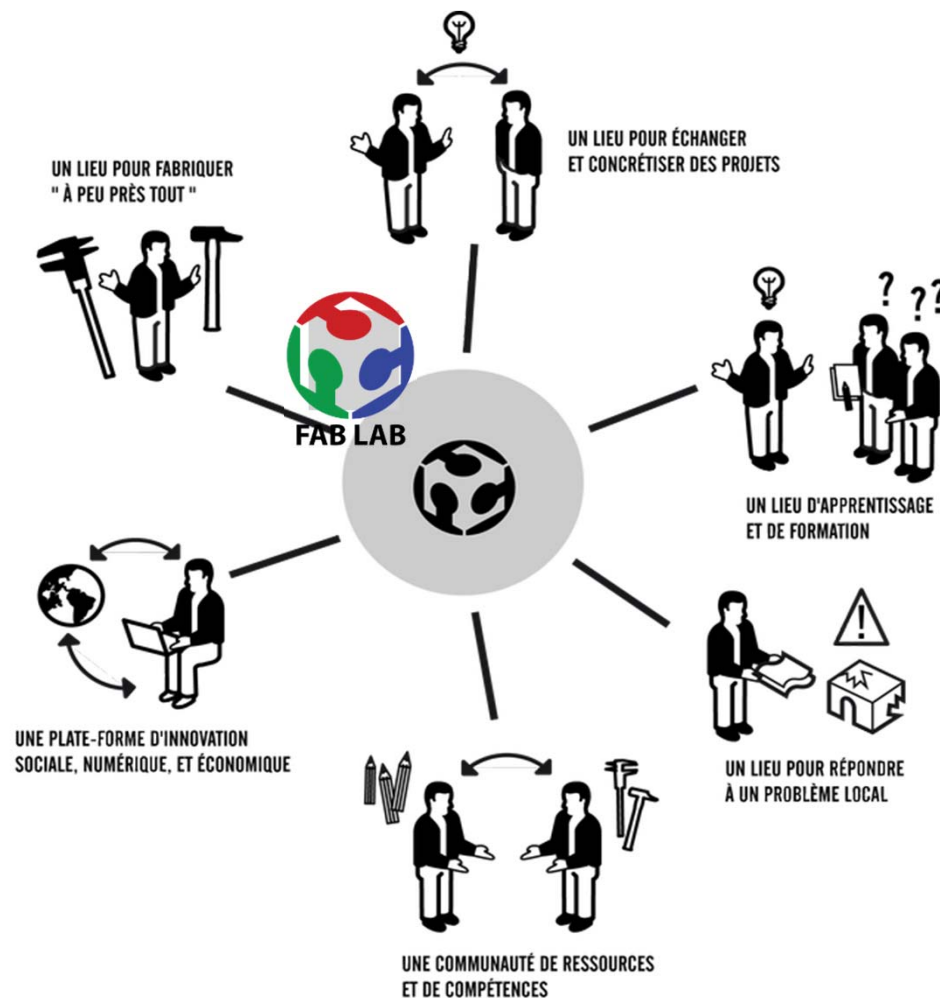
# FabLabs: Définition

---



- Le concept de FabLab (FABrication LABoratory) inventé par le chercheur Neil Gershenfeld au MIT dans les années 2000.
- Depuis, les FabLabs se sont développés aux quatre coins du monde.
- Un FabLab est un atelier dédié à la fabrication numérique qui permet notamment de fabriquer des pièces complexes
- L'idée est de rassembler dans un même espace toutes les ressources pour réaliser un projet de A à Z, de l'intention jusqu'au **prototype**.
- Dans un FabLab, on peut réparer, détourner, hacker, fabriquer, monter ou démonter à peu près n'importe quoi.

# Fablabs qu'y fait on ?



Les FabLabs favorisent une culture du « **faire-soi-même** », accompagnée d'un nouveau paradigme qui favorise l'accès libre à la connaissance et pousse la collaboration comme milieu naturel pour l'innovation et le développement.



# Où ?

---

