

Journée Fabrication Additive LGC Plateforme INPrint

Journée Fabrication additive LGC



La Fabrication Additive

➤ Qu'est ce que c'est ?

- La Fabrication Additive est définie par l'ASTM comme étant le procédé de mise en forme d'une pièce par ajout de matière, par empilement de couches successives, en opposition aux procédés soustractifs, tel que l'usinage. Le terme est connu du grand public sous l'appellation « Impression 3D »
- Ensemble des procédés permettant de fabriquer, couche par couche, par ajout de matière, un objet physique à partir d'un objet numérique. Les matériaux utilisés vont des thermoplastiques, résines photosensibles, papier, bois jusqu'aux métaux et céramiques.
- Comme toute technique d'impression 3D, le processus commence par la modélisation en 3D de l'objet souhaité à l'aide d'un logiciel de CAO (Solid Works, Inventor, Catia ou SolideEdge par exemple), ensuite vient l'étape de tranchage (Slicing), opération qui consiste à découper le modèle 3D en une multitude d'images numériques, chacune d'entre elle correspondant à une couche de l'objet.

➤ A quoi ça sert ?

- Fabrication Directe
- Prototypage rapide
- Outillage Rapide
- Réparation



Trumpf



Ideasolid



Valla



Beam



Historique de la FA

1977 : Swainson dépose un brevet aux Etats-Unis pour un système de durcissement de résine

1980 : Jean-Claude André CNRS, ENSIC de Nancy invente le procédé de Stéréolithographie

1982 : Recherches sur la stéréolithographie menées parallèlement en France et aux Etats-Unis

1984 : Dépôts de brevets sur la stéréolithographie par J.C. André et C. Hull

1984 : Charles Hull crée 3D-System et industrialise la Stéréolithographie (SLA)

1985 : DTM Corporation dépose le brevet du Selective Laser Sintering (SLS)

1988 : 1ère machine SLA commercialisée par 3D-System : SLA-2502

1988 : Stratasys développe le procédé Fused Deposition Modeling (FDM)

1989 : Création de Stratasys, commercialisation FDM / Création société EOS (procédés de frittage laser)

1990 : Dépôt de brevets pour la photofabrication par masques (Pomerantz)

1993 : Développement du dépôt de poudre et impression par liant au MIT (USA)

1995 : Recherche sur les procédés avec masque : cristaux liquides (LCD) micro-miroirs (DLP/DMD)

1996 : Apparaît pour la première fois l'utilisation du terme IMPRIMANTE 3D

1997 : ARCAM AB (Suède) lancement du procédé Electron Beam Melting (EBM)

1998-2001 : Travaux de recherche des procédés multiphotoniques avec une résolution submicronique

1999 : Objet Ltd (USA) brevete le procédé PolyJet

2000 : Développement du Direct Metal Laser Sintering (DMLS) et du Selective Laser Melting (SLM)

2000 : Le bureau de standardisation américain adoptera l'appellation officielle de SLM

2002 : Première implantation d'une machine EBM modèle S12 dans l'industrie

2002 Création Envision TEC Digital Light Processing (DLP) (Allemagne)

2005 : Diffusion du projet RepRap par Adrian Bowyer professeur de l'université de Bath (G.B.)

2007 : Création de Shapeways (Pays-Bas) sous licence GNU/GPL, Poly-Shape (France)

2009 : Expiration du brevet de FDM de MakerBot Industries et Sculpteo (France)

2011 à 2014 : Augmentation des ventes d'imprimantes 3D en augmentation de 150 %/an en moyenne

2014 : DMG MORI présente la première machine hybride additive/soustractive

7 familles de Fabrication Additive

La FA est constituée de sept familles normalisées de procédés de FA, selon les normes NF : E 67-001 et ISO 17296-2:2014E.

- L'extrusion de matière (FDM)
- La photo-polymérisation en cuve (SLA, Micro SL)
- La fusion/frittage sur lit de poudre (SLM, SLS, EBM)
- Le dépôt de matière sous flux d'énergie dirigée (CLAD)
- La projection de matière (Polyjet, Mulijet,...)
- La projection de liant sur lit de poudre (Binder Jetting,...)
- La stratification de couche (Stratoconception, LOM,...)

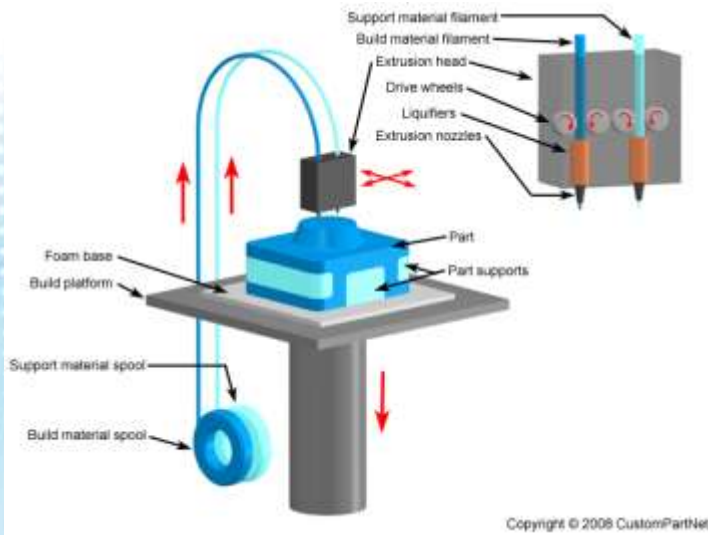
Le dépôt de fil fondu (FDM)

(fused deposition Modeling)

Technologie consistant à faire fondre un fil thermoplastique à travers une buse chauffée à haute température. Un filament en fusion en sort pour être déposé en ligne et venir se coller par fusion sur ce qui a été déposé au préalable.

L'intérêt du FDM est de permettre de créer des pièces plastiques, disposant de caractéristiques mécaniques, thermiques comparables aux pièces thermoplastiques injectées. La densité des pièces est également réglable car cette technique permet de ne remplir que partiellement les volumes en créant un nid d'abeille.

Matériaux : ABS (neutre, conducteur), Nylon Iglidur (faible coeff. de friction et bonne résistance à l'usure), PC et PC-ABS, PEEK, ULTEM, PET chargé ou non, PLA rigide, PLA flexible (NinjaFlex, FilaFlex, CrystalFlex, LayFomm, PLA fibre de carbone / bois, PLA métal (Alu, Cuivre, Conducteur, Bronze, Inox, Laiton, Magnétique), POM, PVA.



➤ FDM Métal (Technologie ADAM)

Fil métal + liant

Déliantage

Frittage



Markforged Metal X

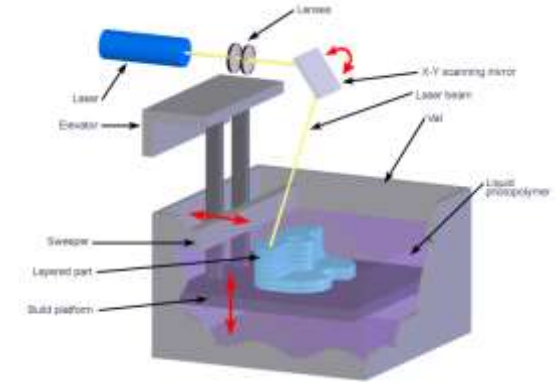


La stéréolithographie (SLA)

StereoLithography Apparatus

La stéréolithographie (SLA) est un procédé d'impression 3D qui utilise un réservoir rempli de photopolymères liquides, solidifiés à l'aide d'une lumière UV. Un objet peut être imprimé en 3D en étant déplacé de bas en haut (ou inversement) afin de créer de l'espace pour les polymères non solidifiés dans le fond du réservoir. Ces polymères non solidifiés formeront la prochaine couche de l'objet.

- Rendu des détails précis, aspect de la surface lisse.
- Pièces pas aussi résistantes que celles réalisées en SLS ou FDM.
- Création possible de moules (fonte à cire perdue).
- Les photopolymères se dégradent relativement vite.
- Prix élevé des résines.



Matériaux: (Formulations propriétaires) Simili ABS, simili polypropylène, Biocompatible, céramique, contact alimentaire, flexible, transparent, résistant à la température (max 80°C), Métaux et céramiques possibles après déliantage / frittage ou encore procédés de fonderie.

Micro SL



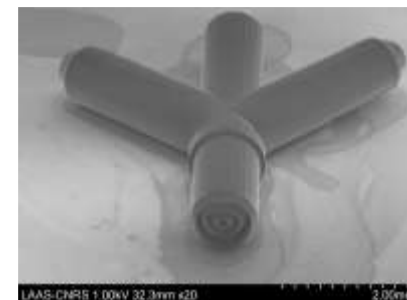
Pompe a eau



Garnissage structuré imprimé au LGC



MicroSL :10x7 µm
Nature, 412:697-698, 2001

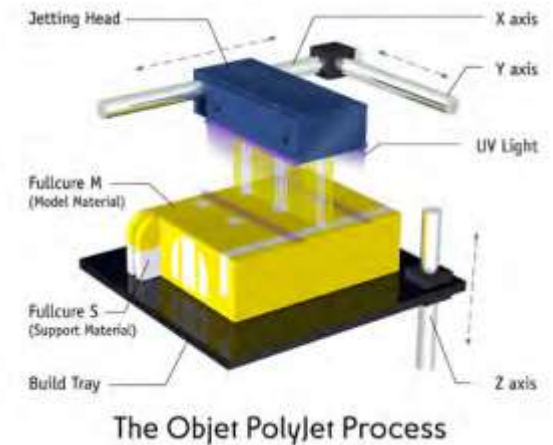


Splitter vu au MEB
Design, F Da Costa

Le procédé est semblable à l'impression papier 2d. Les têtes d'impression possèdent de nombreux orifices qui projettent des micro-gouttelettes de résine photosensible sur une plateforme. A chaque projection, une lumière ultraviolette est alors émise et vient durcir la matière.

Ces étapes sont répétées, couche par couche, jusqu'à obtention de la pièce. Pour des géométries complexes, un matériau de support (un gel ou cire) est ajouté par une des têtes d'impression.

Rendu des détails précis, aspect de la surface lisse.
Pièces pas aussi résistantes que celles réalisées en SLS ou FDM.
Création possible de moules (fonte à cire perdue).
Les photopolymères se dégradent relativement vite.
Prix élevé des résines.



Matériaux: (Formulations propriétaires) Simili ABS, simili polypropylène, Biocompatible, céramique, contact alimentaire, flexible, transparent, résistant à la température (max 80°C).



<http://www.stratasys.com>



Distributeur Gaz/Liquide LGC

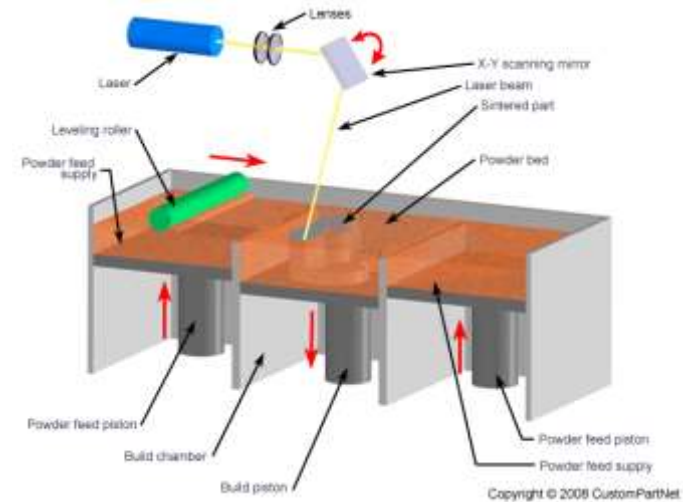
Le frittage sélectif par laser (SLS)

(Selective Laser Sintering)

Procédé de fabrication additive sur lit de poudre. Un laser puissant solidifie localement la surface de poudre et l'agglomère aux couches précédentes par frittage. Une nouvelle couche de poudre est ensuite étalée et le processus recommence.

Matériaux: Alumide (polyamide/aluminium), PA 11, PA12, PA12 + fibre de carbone, Polystyrène, PAEK, PEEK + matériaux propriétaires

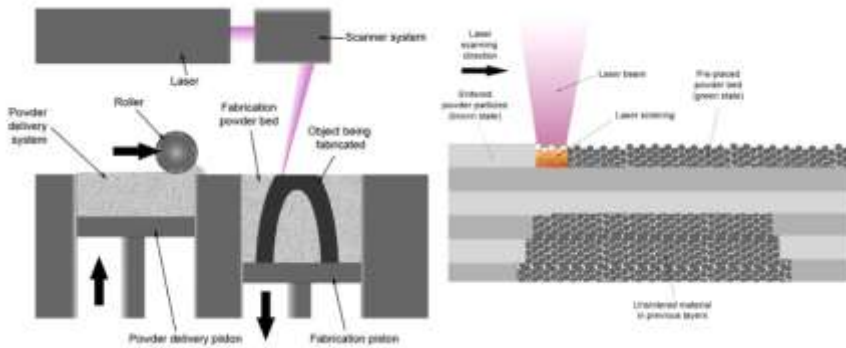
Pas besoin de supports car impression dans un « pain » de poudre
Nécessite un dépouvrage et post traitement (microbillage)



La fusion sélective par laser (SLM)

Selective Laser Melting

La fusion sélective par laser est une technique de fabrication additive permettant d'imprimer en 3D des pièces métalliques. Une poudre métallique est fusionnée par l'action d'un laser qui fait fondre la poudre aux endroits choisis.



sculpteo

Matériaux:

Aciers inox (316L, 15-5 PH, 17-4 PH)

Acier maraging au nickel

Aciers d'outillage

Alliage d'aluminium (AlSi10Mg)

Chrome-Cobalt (CoCrMo)

Inconel (625, 718)

Titane et ses alliages



3d-laserimaging.com



Source : Trumpf

Les applications :

Aérospatiale

Formes complexes

Diminution du nombre de pièces

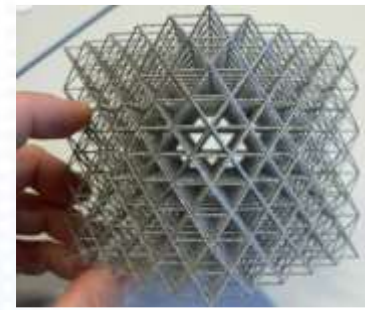
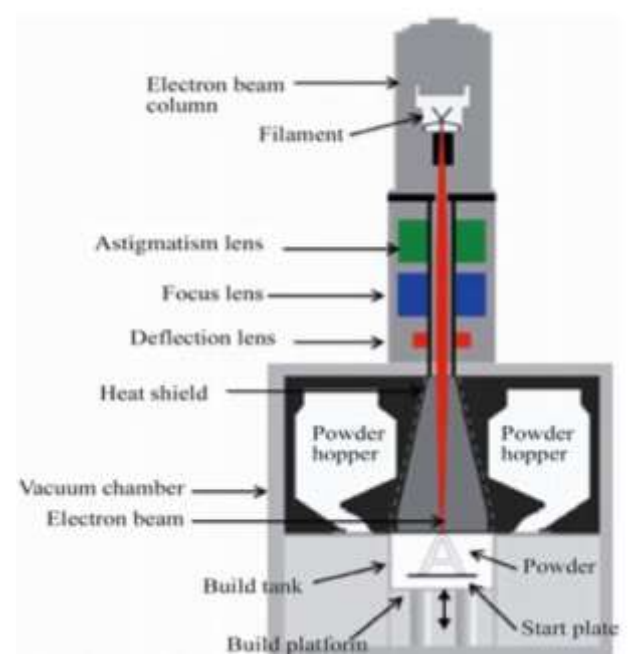
Allègements de pièces.

Médical (prothèses adaptées à l'anatomie du patient)

Fusion par faisceau d'électrons (EBM)

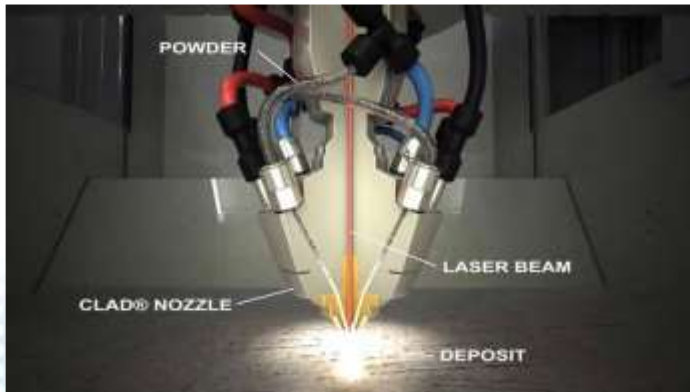
(Electron Beam Melting)

Procédé de fabrication additive dit à chaud, puisque la poudre métallique est chauffée à une température entre 700 et 1000°C avant d'être fondue. Ces opérations sont effectuées par un faisceau d'électrons. Ce procédé utilise des chambres sous vide ou atmosphère contrôlée présentant ainsi l'avantage de protéger le matériau de l'oxydation pendant la fabrication de la pièce. Le niveau des contraintes résiduelles installées est ainsi réduit, ce qui diminue les risques de déformation ultérieurs lors d'opérations telles que l'usinage.



Le dépôt de poudre sous flux d'énergie dirigé (DED/CLAD)

Le ce procédé consiste à faire fondre des poudres métalliques à l'aide d'un laser et de les déposer couche après couche afin de construire le profil de pièce désiré. Plusieurs fabricants vendent actuellement des machines reposant sur cette technologie : l'entreprise française **BeAM** qui a développé le procédé **CLAD®** (Construction Laser Additive Directe), l'américain **Optomec** ou encore les allemande **Insteek** et **Trumpf**.



Possibilité de fabriquer des pièces de toute taille,
Cette technologie permet également de faire du rechargement
dans le même matériau ou matériau différent.
Nécessitant des reprises d'usinage, rugosité de surface
importante.



3DNatives

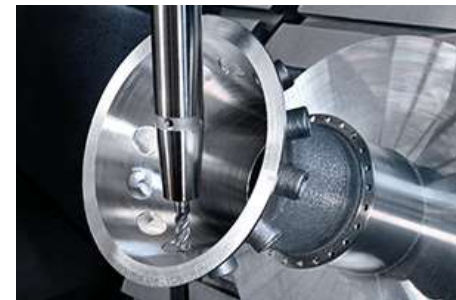
Technologie hybride

(Additive/Soustractive)

Cette technologie propose la rencontre entre l'univers de la construction soustractive et celui de la construction additive, c'est un d'hybride entre une fraiseuse 5 axes et une imprimante 3D du typeb CLAD.

Matériaux :

Aciers Inox, Aciers maraging au nickel, Aciers d'outillage, Alliage d'aluminium, Chrome-Coblat, Inconel, Titane et ses alliages.



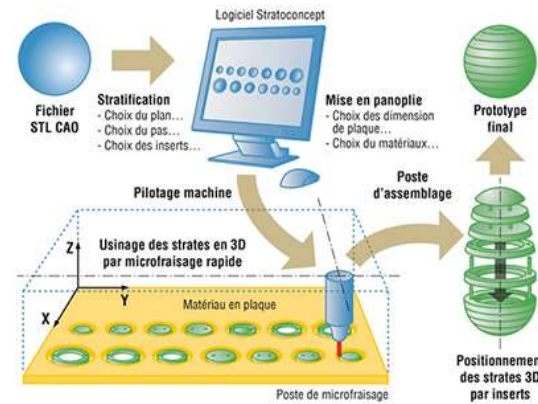
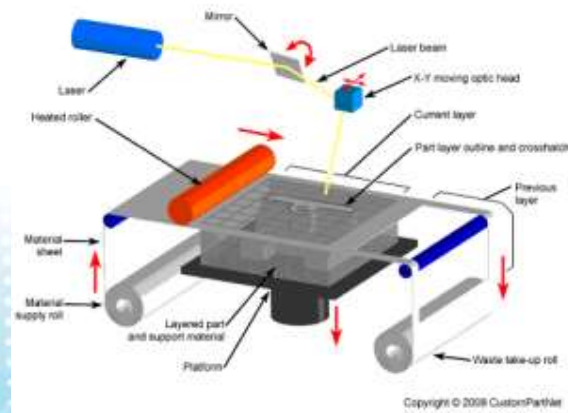
Stratification de couches (LOM)

(Laminated Object Manufacturing)

La Fabrication d'Objet par Laminage s'avère être une manière très rapide et peu coûteuse d'imprimer en 3D des objets parmi plusieurs variétés de matériaux. Les feuilles sont collées ensemble et coupées selon la géométrie du modèle 3D. La Fabrication d'Objets par Laminage est principalement utilisée pour le prototypage, et non pas pour la production.

Matériaux:

Grande variété de matériaux utilisables: Le papier, bois, plastiques, métal.



Stratoconception.com



Sculpteo



Optimisation topologique

- L'optimisation topologique est une méthode mathématique (et logicielle) qui permet de trouver la répartition de matière optimale dans un volume donné soumis à des contraintes.
- Etape située entre la modélisation (CAO) et l'impression 3D (FA)
- But: réduction matière et poids de 30 à 70 % tout en conservant la raideur
- Quelques logiciels : Inspire, Ntopology, Ansys.
- Certains logiciels de CAO disposent d'un module d'optimisation topologique (Inventor, Solid Works)



Cetim



Thales Alenia Space

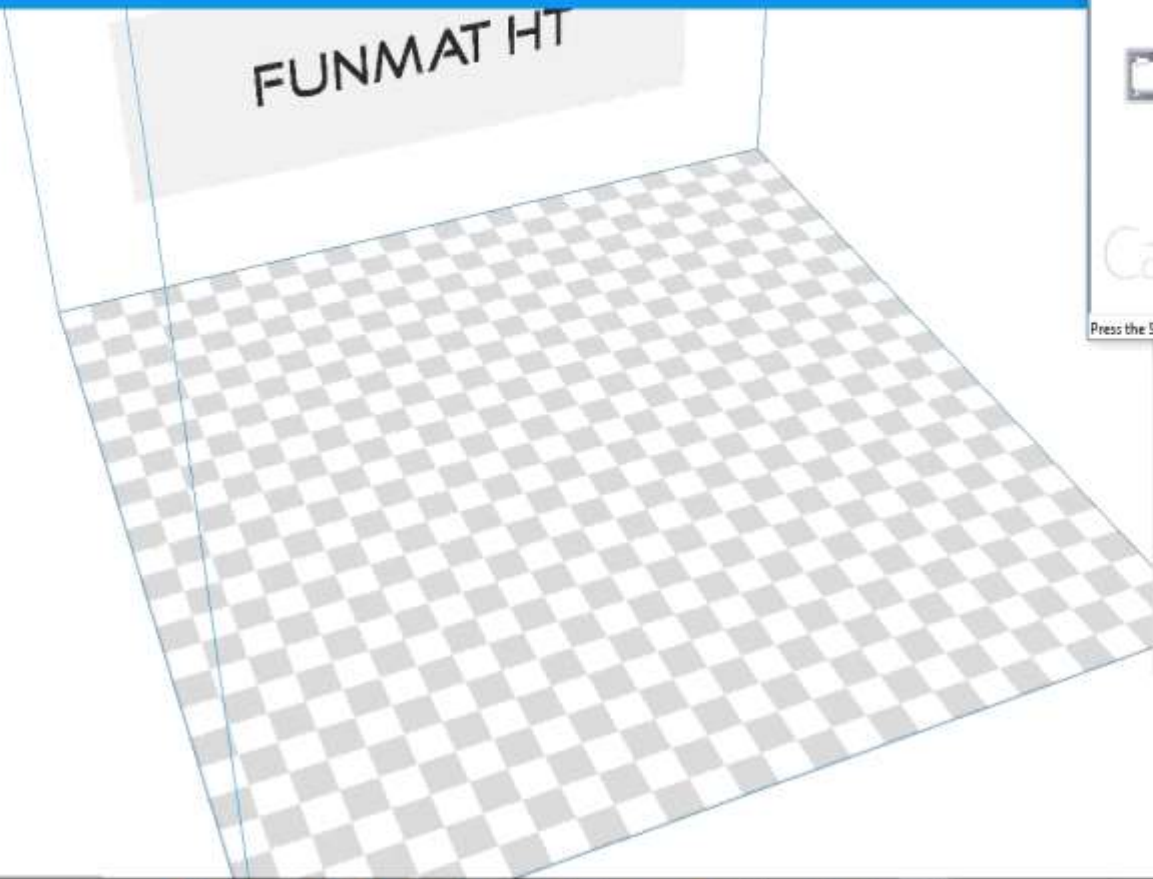
Tranchage/slicing

- **Quelques notions**
- Etape située entre la modélisation (CAO) et l'impression 3D (FA)
- Fourni à la machine les informations nécessaires à l'impression.
- Obtenu par un logiciel appelé « trancheur » ou « Slicer » qui découpe en tranches le modèle 3D numérique.
- La pièce est définie par un ensemble de données (épaisseur des couches, vitesse d'impression, taux de remplissage, ...)
- Le trancheur génère un G-Code, également utilisé pour piloter les machines-outils à commande numérique.
- Quelques logiciels : Cura, Repetier, Symplify3D, Netfabb, ReplicatorG, Slic3R ...



File Edit View Settings Help

Open File Save Print



CamStudio

File Region Options Tools Effects View Help

Record to AVI

CamStudio
Open Source

CamStudio.org

Press the Stop Button to stop recording

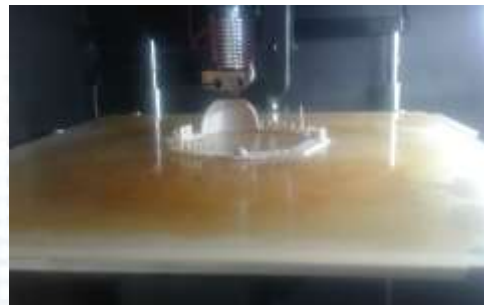
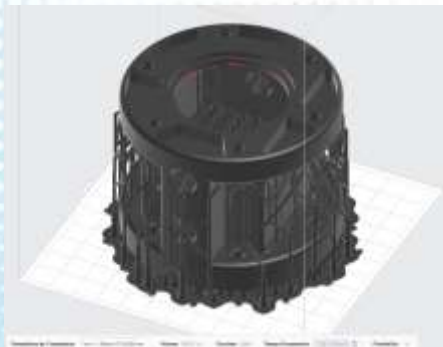
Step 1: Please LOAD STL file to start

LOAD STL

INTAMSYS

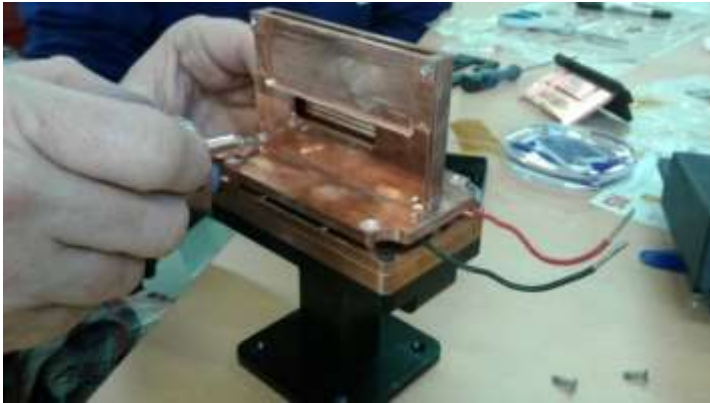
Windows taskbar with search bar and various application icons.

Exemples de réalisation



Capotage thermique

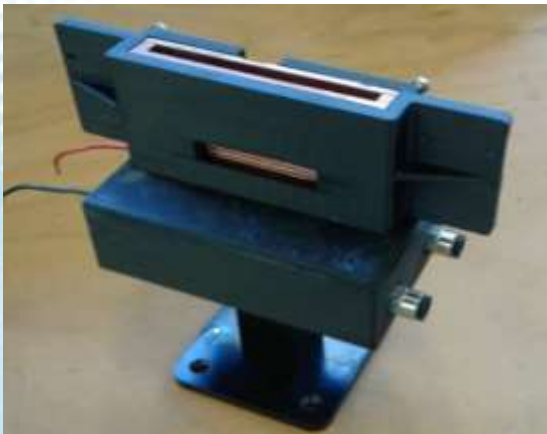
Support de microprocesseurs



Dispositif de régulation thermique pour microprocesseur en cours d'assemblage



Pièces du capot thermique après impression



Dispositif équipé de sa protection thermique



Intérieur du capot en Nid d'abeille

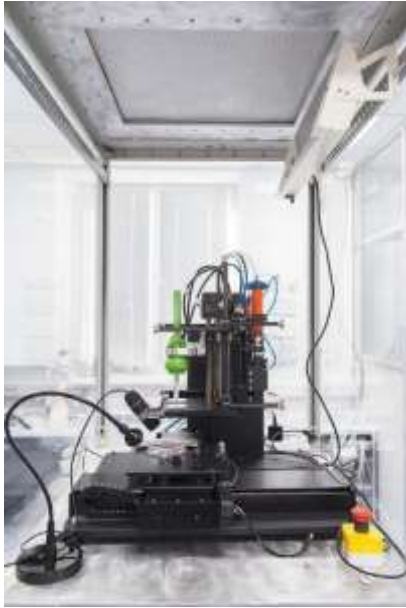
Dans un futur proche...



Bio printing



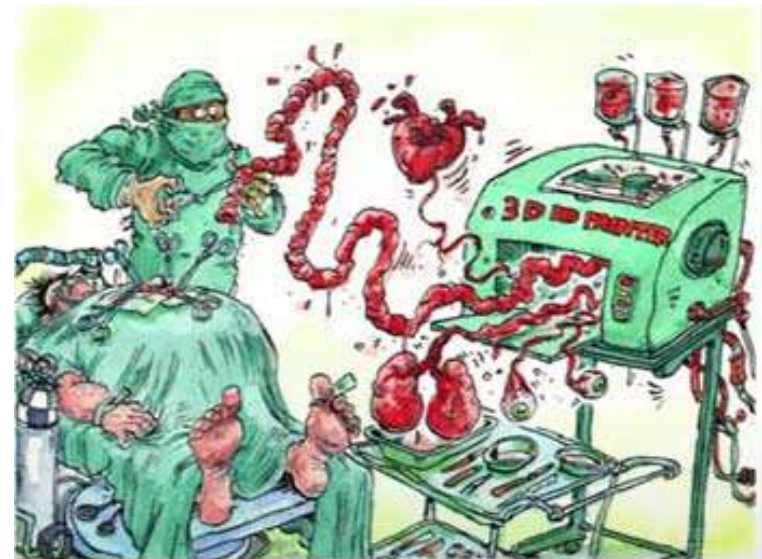
Bio printing



3D Bioprinting Solutions



Objectifs moyen terme :
Muscles cardiaques
Poumons
Vaisseaux sanguins,
Reins...



Impression 4D

(matière programmée/ informée)

Domaine de recherche émergeant visant à modifier les propriétés d'un objet imprimé (géométriques, mécaniques, optiques, etc...) en fonction du temps ou d'un stimuli.

Applications potentielles nombreuses (Auto-assemblage, robotique, en biologie, etc.)



Salle de Fabrication Additive V1

A7, LGC, CIRIMAT (2017-2019)



- 1 Imprimante SLA
- 2 Imprimantes FDM
- 1 Imprimante double extrudeur FDM
- 1 Imprimante Haute Température (450°C) FDM
- Matériel de post-traitement (Dremel, pinces, outils divers...)

Plateforme Fabrication Additive « INPrint »

A7, LGC, CIRIMAT (2019 à aujourd'hui)

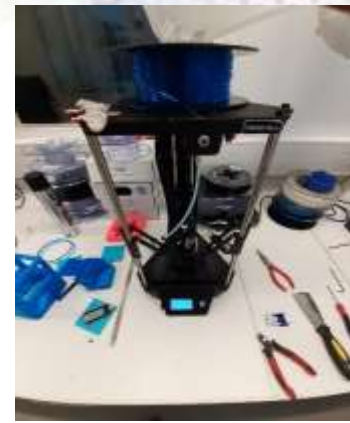


Box SLA



Box FDM

Parc Machines



- 4 Imprimantes SLA
- 4 Imprimantes FDM
- 1 Imprimante Métal (frittage de poudre)
- 3 ordinateurs
- Matériel de post-traitement (Fours UV, dispositif de nettoyage, bac à ultrasons, verrerie, Dremel, outils divers...)

INTAMSYS Funmat HT (FDM)



PRINTER SPECIFICATIONS

PRODUCTS	FUNMAT HT
Printing Technology	FFF
Extruder	Single
Extruder Diameter	Swappable 0.2, 0.4, 0.6 and 0.8 mm nozzles
Layer Resolution	50-200µ/0.05-0.2mm
Position Accuracy	XY0.025mm, Z:0.0025mm
Print Speed	30-200mm/s
Filament Diameter	1.75mm
Build Platform	Glass
Supported Filament	PLA,PLA+ABS, PC,Nylon,Carbon Fiber,Flex,Woodfill, Metafill,HIPS,PETG,PVA,PEEK
Language	Chinese & English
User Interface Features	Full-color Touch Screen
Connectivity	SD card, USB
Camera	Yes
Power Failure Recovery	Yes
Filament Absent Warning	Yes
Build Plate Leveling	Assisted Leveling
Build Volume	10.3"x10.3"x10.3"(260*260*260mm)
Dimensions	530*490*645mm
Weight	46kg
Heated-Plate Temperature(MAX)	160°C/320°F
Extruder Temperature(MAX)	450°C/842°F
Heated Chamber(MAX)	90°C/194°F
Software	INTAM-Suite(our free 3D printing slicing software); Compatible Software: Simplify3D & Cura
Input Supported File Type	.Stl, .Obj
Output Supported File Type	Gcode
Operating Environment	Temperature: 15°C to 32°C (60°F To 90°F) Humidity: 30% To 70%
Storage Environment	Temperature: 0°C to 54°C (32°F To 129.2°F) Humidity: 10% To 85%
Material Storage Environment	Temperature: 13°C to 24°C (55°F To 75°F) Humidity: 20% To 50%
Voltage Input	200~240VAC 47~63Hz
Power	1200W



Diffuseur d'air imprimé en PEEK
Design F. Da Costa



Isolation thermique en « nid d'abeille »
Design F.Da Costa

DWS 3500 PD (SLA)



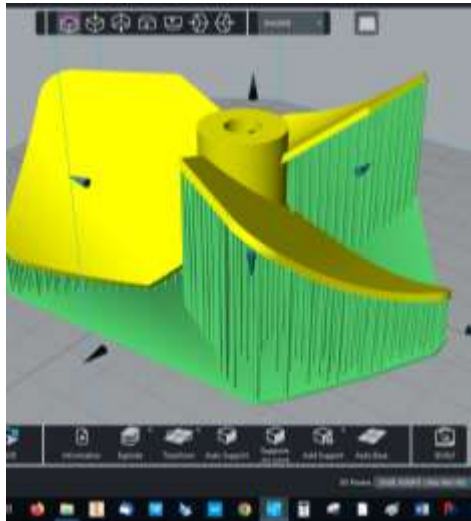
Fiche technique

Epaisseur De Couche	10 A 100µm
Poids	40kg
Dimensions Machine	400 X 606 X 680mm
Secteur D'activité	Dentaire
Technologie D'impression	SLA
Logiciel	Nauto Plus
Volume D'impression	160 X 160 X 180mm
Connectivité	USB, Connexion Internet
Matériaux	DS3000 Fusia GL4000 Precisa Résines Calcifiables Résines Dentaires Temporis Therma Vitra
Consommation Électrique	160W
Source Laser	Solid State BlueEdge



Pièces post impression réalisées au LGC
Design F. Da Costa

Etapes de réalisation



Programmation « pré impression »
Logiciel de tranchage « Nauta »



Résine
photosensible



Bac transparent



Mobile d'agitation
après impression



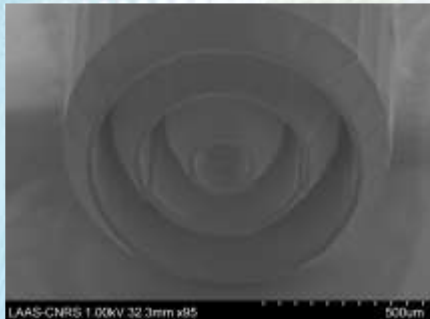
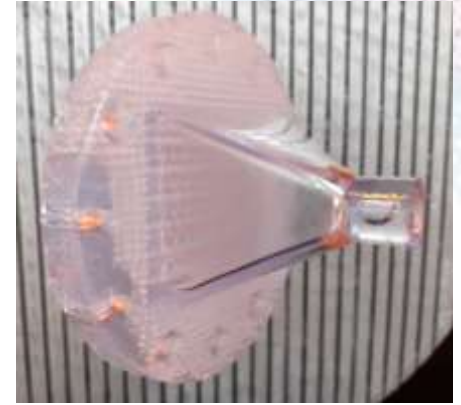
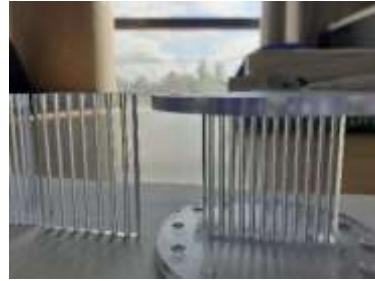
Agitateur séparé de ses supports
et du plateau de construction

- 1 Modélisation CAO 3D / Récupération d'un fichier .STL
- 2 Choix du matériau / Technologie d'impression (souple, rigide, transparent, résistance chimique/T°C, rugosité / FDM ou SLA)
- 3 Devis / Commande matériaux
- 4 Paramétrage impression (slicing, disposition, choix des supports), calcul parfois très long (Nb pièces, complexité géométrique)
- 5 Chargement du fichier d'impression (G-Code)
- 6 Alimentation de la machine en matériau
- 7 Impression
- 8 Temps de repos (égouttage ou refroidissement)
- 9 Extraction de la pièce et de ses supports de son plateau de construction
- 10 Enlèvement des supports accrochés à la pièce
- 11 Nettoyage pièce dans bains d'Isopropanol + bac ultrasons ou traitement thermique (FDM HT)
- 12 Cuisson four UV
- 13 Nettoyage machine et accessoires
- 14 Filtrage tamisage de la résine
- 15 Stockage résine au frais

Four UV



Exemples de réalisation



Merci de votre attention

