

Impression 3D de polymères: Techniques et utilisations dans le domaine médical

Edith Martin, Ph.D.

Conférence Réseau Québec 3D

Plan de la présentation

- Introduction
 - TOPMED - Services, expertises et équipements
 - ... et la fabrication additive
- Description du fonctionnement des différentes technologies et applications dans le domaine médical
 - Impression 3D
 - Dépôt de fil fondu (FDM)
 - Frittage sélectif par laser (SLS)
 - Stéréolithographie (SLA)
 - PolyJet
- Étude de cas: fabrication d'une orthèse pédiatrique tibio-pédieuse
 - Reproduire les méthodes traditionnelles
 - Appliquer des modifications selon les contraintes appliquées
 - Repenser l'appareil
- Conclusions

TOPMED

Services, expertises et équipements

Développement
technologique

Évaluation
Conception
Fabrication

Soutien technique

Modernisation
Mise à niveau
technologique

Formation et
information

Perfectionnement
Formation sur mesure
Veille technologique

Analyse et optimisation de la
performance motrice et humaine

BIOMÉCANIQUE

Allée de
marche



Capteurs

ANTHROPOMÉTRIE



Creaform

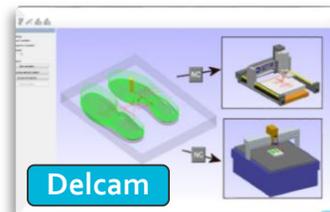


Structure

Procédés, matériaux et conception et
fabrication assistées par ordinateur (CFAO)

LOGICIELS

Solidworks



Delcam

FABRICATION

Fraisage



Moulage



TOPMED

... et la fabrication additive

Impression 3D: Transformation d'un modèle 3D en une forme réelle par assemblage de couches successives de matériaux

Évaluation
du patient



Prise de
mesures



Conception de
l'appareillage



Fabrication
de l'appareil



Impression 3D

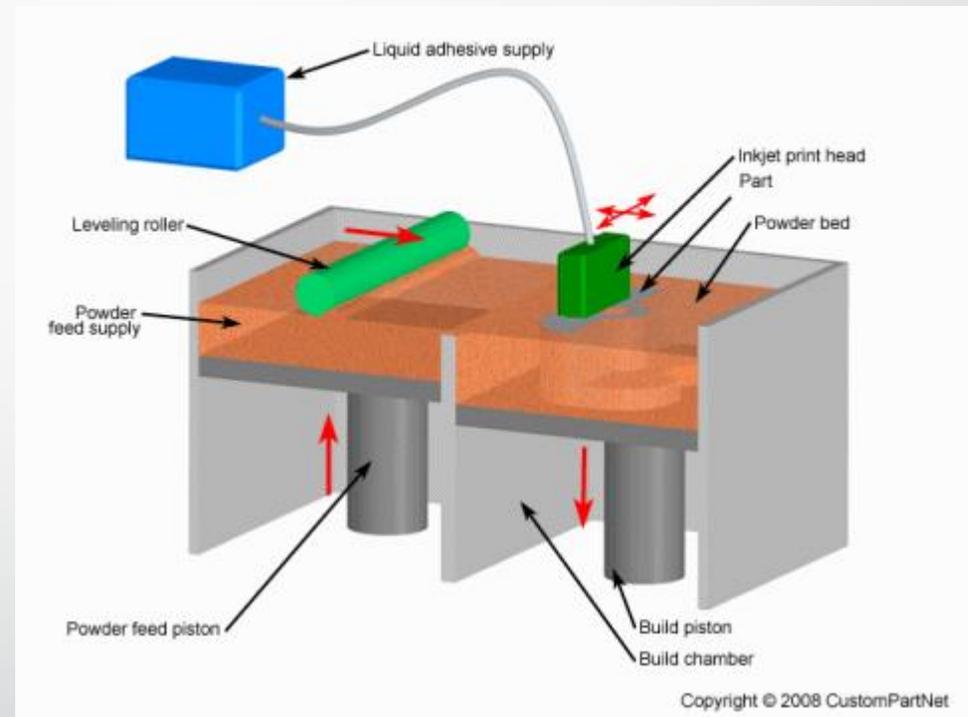
Fines couches de plâtre liées par la projection de minuscules gouttes de liant

Avantages

- Grande rapidité de fabrication
- Possibilité de pièces en couleur
- Possibilité de géométries complexes
- Pas de matériau de support nécessaire

Inconvénients

- Pièces très fragiles
 - Prototypes de validation visuelle seulement



Impression 3D Applications

Planification de chirurgies



Modèles anatomiques



Sources:
<http://www.design-engineering.com/cad-cam/identity-of-canadian-wwi-soldier-discovered-using-3d-printing-27024>
<http://cenblog.org/newsripts/2010/11/3-d-printers-help-identify-missing-soldiers/>
http://www.platformtechnologies.org/_instrument/zprinter-650/
<http://www.3ders.org/articles/20130305-using-3d-printed-heart-models-to-prepare-for-heart-surgery-for-babies.html>

Dépôt de fil fondu (FDM)

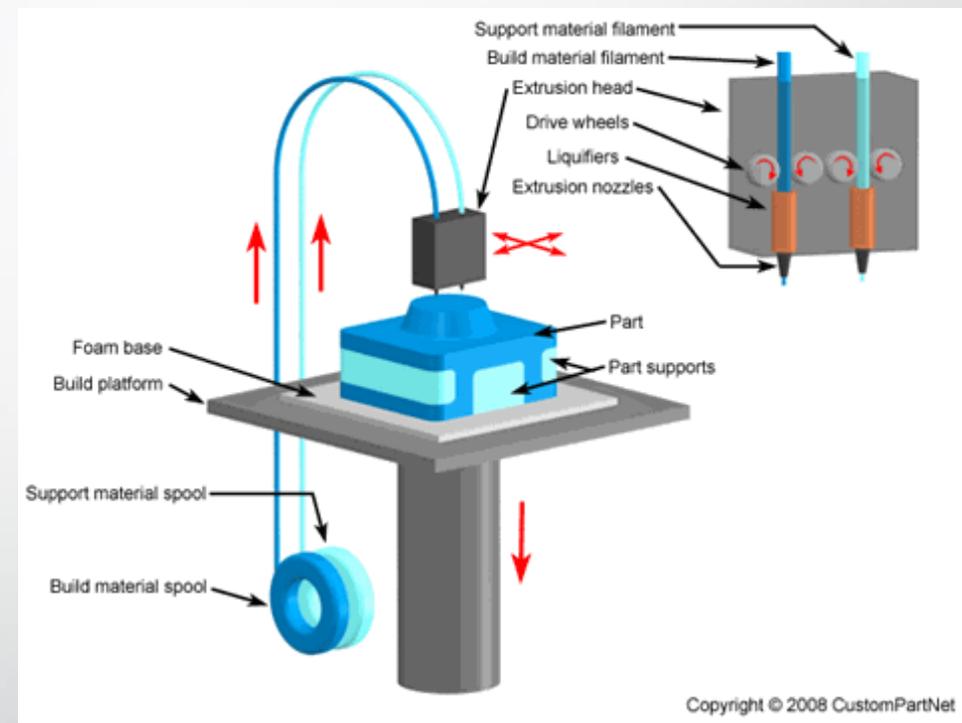
Fil de polymère chauffé expulsé par une buse (nozzle), déposé sur la passe précédente ou le matériau de support

Avantages

- Technologie et matériaux peu coûteux
- Plusieurs types de polymères disponibles (PC, PLA, ABS, PET, nylon)
- Certains matériaux sont stérilisables et biocompatibles
- Utilisation de plusieurs matériaux de façon simultanée (ex.: nylon-carbone)

Inconvénients

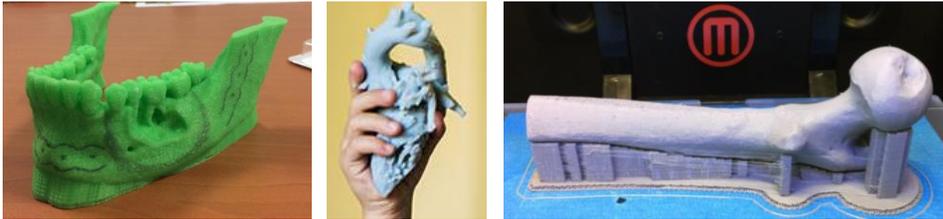
- Finition rugueuse (passes visibles)
- Pièces relativement résistantes mais anisotropiques
- Faible précision comparativement aux autres techniques
- Fabrication relativement lente



Dépôt de fil fondu (FDM)

Applications

Modèles anatomiques et planification de chirurgies



Exosquelettes, prothèses, orthèses



Développement d'équipements médicaux



Prothèses dentaires et anaplastologiques



Sources:
<http://www.delcam.ca/>
http://www.oandp.com/articles/2014-07_01.asp
http://www.dentalaegis.com/idt/2013/08/three-dimensional-printing-of-dentures-using-fused-deposition-modeling?page_id=417

<http://www.stratasys.com/>
<http://enablingthefuture.org/>
http://www.cnrs.fr/inc/communication/direct_labos/cirimat3d.htm
<http://3dprintingforbeginners.com/desktop-3d-printing-in-medicine/>
<http://www.wiki.filimprimante3d.fr/protheses-peau-et-impression-3d/>

Frittage sélectif par laser (SLS)

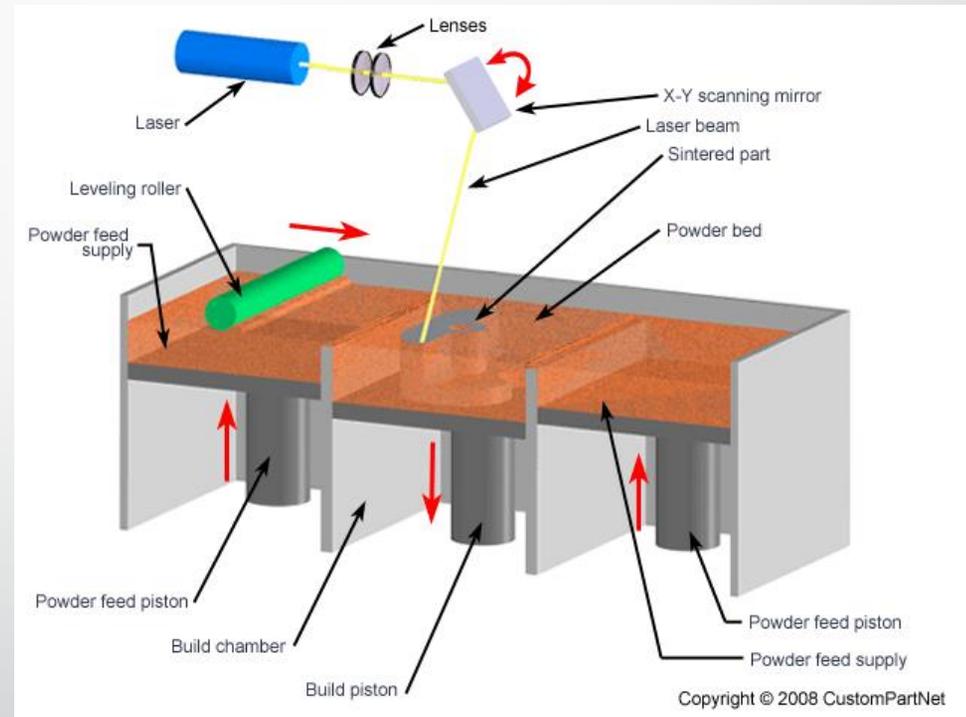
Fusion par laser de couches successives de poudre thermoplastique ou composite plastique-métal

Avantages

- Plusieurs types de polymères (PS, nylon, PAEK) et aussi des composites plastique-métaux ou plastique-carbone
- Pas de matériau support
- Certains matériaux biocompatibles
- Possibilité de géométries complexes
- Très bonne résistance mécanique
- Bonne précision

Inconvénients

- Pièces anisotropes
- Surface poudreuse et granuleuse
 - Traitement de surface



Frittage sélectif par laser (SLS)

Applications

Prothèses, orthèses (immobilisation)



Développement d'équipements médicaux et simulation de chirurgies



Sources:
<http://www.evilldesign.com/cortex>
<https://3dprint.com/5596/3d-printed-bespoke-back-brace/>
<http://www.fh-co.com/>

<http://www.eos.info/medical>
<http://www.3dsystems.com/solutions/healthcare>
<http://3dprintingindustry.com/2013/02/22/the-first-3d-printed-polymer-implant-to-receive-fda-approval/>

TOPMED

Stéréolithographie (SLA)

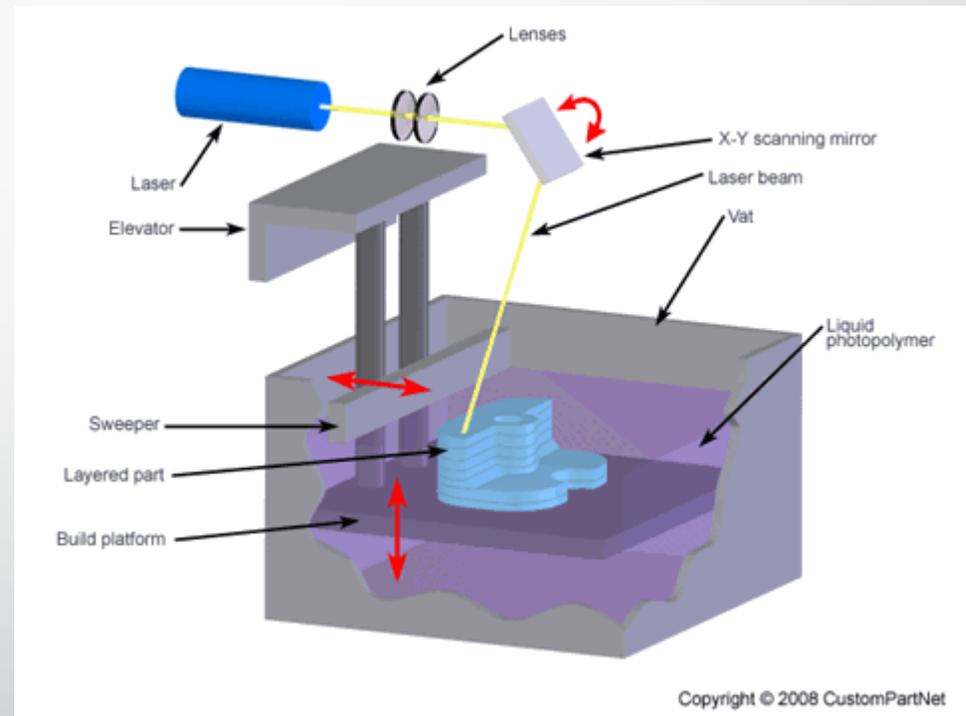
Durcissement par laser de couches successives de polymère photosensible

Avantages

- Surface lisse
- Possibilité de géométries complexes
- Bonne précision
- Pas de matériau support
- Peut servir à la réalisation de moules

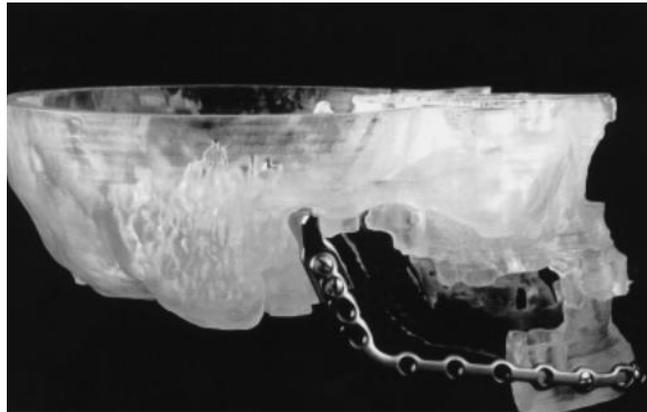
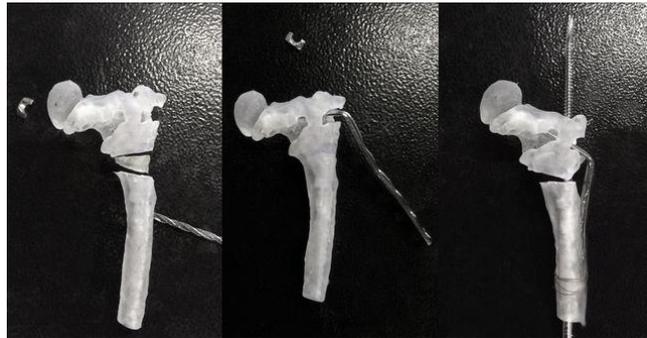
Inconvénients

- Mauvaise durabilité (peu de résistance au vieillissement puisque sensible aux UV)
- Résistance mécanique limitée
- Post-traitement pour finaliser la polymérisation



Stéréolithographie (SLA) Applications

Planification de chirurgies



Modèles anatomiques



Prothèses auditives



Moulage



Sources:

<http://www.3dsystems.com/solutions/healthcare>

http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/protesis/preoperative_stereolithographic.pdf

<http://formlabs.com/stories/3d-printed-medical-models/>

<http://www.sme.org/MEMagazine/Article.aspx?id=8589936888>

<https://www.axisproto.com/rapid-tooling.php>

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-282X2007000300015

TOPMED

Polyjet

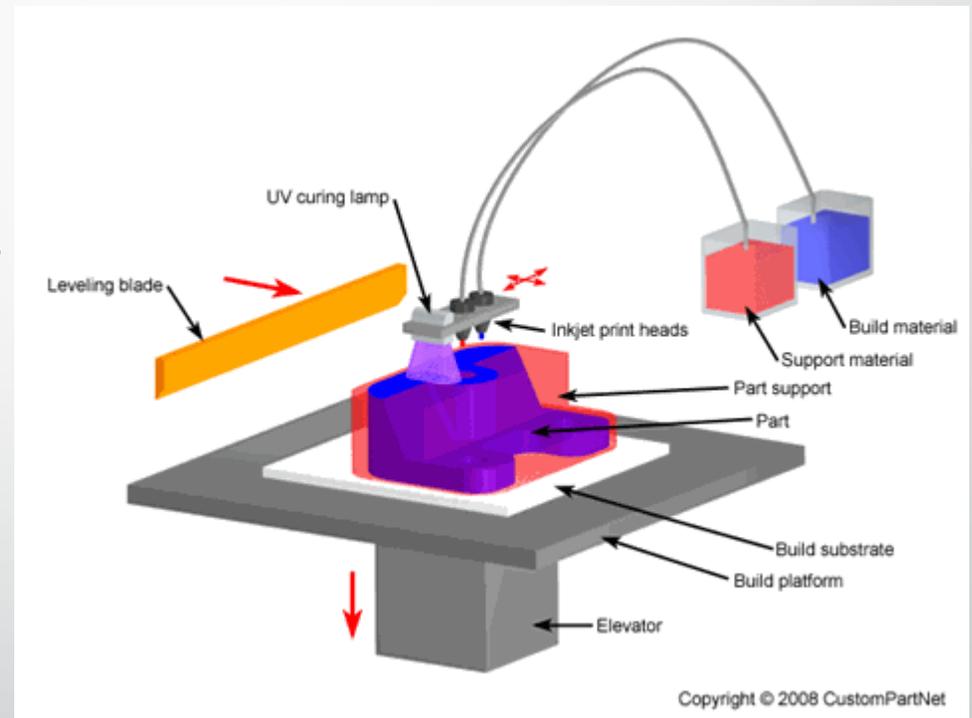
Déposition de couches très minces de photopolymère durcies par UV

Avantages

- Très bonne précision
- Surface lisse
- Peut servir à la réalisation de moules
- Matériaux colorés et transparents
- Certains matériaux sont biocompatibles
- Possibilité d'avoir une combinaison de propriétés par l'utilisation de multimatériaux

Inconvénients

- Mauvaise durabilité (peu de résistance au vieillissement puisque sensible aux UV)
- Résistance mécanique limitée



Polyjet Applications

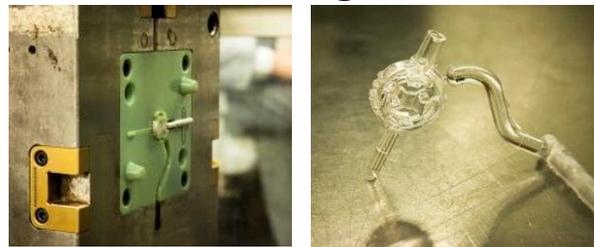
Prothèses, orthèses



Modèles anatomiques



Moulages



Sources:

<http://www.stratasys.com/fr/materiaux/polyjet/dental-material>
<http://www.stratasys.co.jp/fr/secteurs/medical/demonstration-models>
<http://www.tasman3dprinters.co.nz/materials/polyjet-materials>
<https://inkjetforumindia.wordpress.com/category/3d-printing/page/2/>

<http://www.lupeon.com/en/gallery/human-knee-3d-printing>
http://www.smg3d.co.uk/hearing_aids
<http://cargocollective.com/sengeh/Improving-prosthetic-comfort-for-amputees>

TOPMED

Choix et comparaison des technologies

- Quel sera l'usage de la pièce (Validation d'idées et de design? Prototype fonctionnel? Production de courte série?)
- Quelle sera la taille des pièces?
- Quelles doivent être les propriétés mécaniques?
- Quels matériaux?
- Quelle doit être la finition de surface?
- Quelle doit être la durabilité?

Précis	PJet	SLA	SLS	FDM	3D	Moins précis
Résistance élevée *	PJet	SLS	FDM	SLA	3D	Résistance plus faible
Surface lisse	PJet	SLA	SLS	3D	FDM	Surface rugueuse
Prix abordable	FDM	3D	PJet	SLA	SLS	Prix élevé

Étude de cas

Orthèse pédiatrique tibio-pédieuse

Reproduire les méthodes traditionnelles de fabrication d'orthèses aux étapes de conception et de fabrication

Évaluation du patient
Prise de mesures
Scan et traitement des données



Segment à appareiller

Conception de l'appareillage
Génération de l'appareillage (surface 2D en modèle 3D)



Modèle en 3D (format .STL)

Fabrication de l'appareil
Fabrication par impression 3D



Appareillage

Étude de cas

Orthèse pédiatrique tibio-pédieuse

Introduire des fonctionnalités et modifications selon les contraintes appliquées

Conception de l'appareillage

Intégration de fonctionnalités
Optimisation du design par
analyses mécaniques



Modification des modèles de simulation



Fabrication de l'appareil

Essais mécaniques et biomécaniques
pour valider les analyses et la
fonctionnalité de l'appareillage



Nouvel impression par fabrication additive



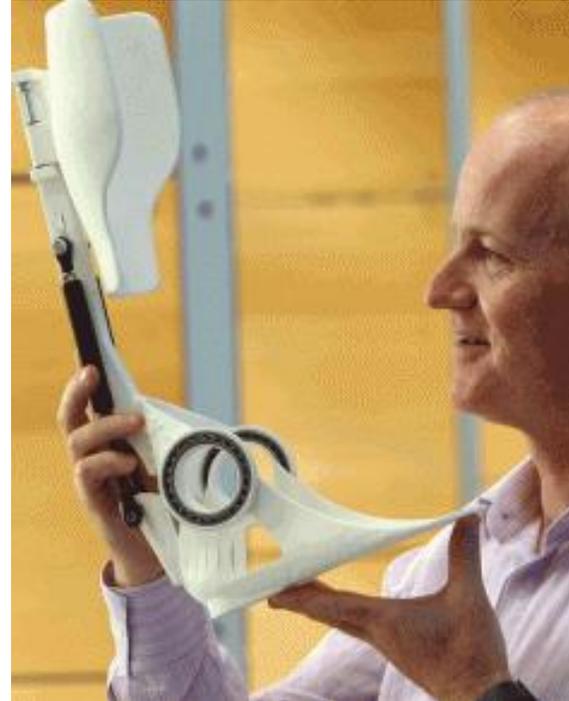
Étude de cas

Orthèse pédiatrique tibio-pédieuse

Repenser le design et les fonctionnalités de l'appareil!



http://www.mhoxdesign.com/generative_orthoses-en.html



<http://www.acnr.co.uk/2015/01/researchers-develop-3d-printed-foot-orthotics/>

Conclusions

Pourquoi choisir l'impression 3D?

Avantages

- Complexité des pièces
 - Les procédés de fabrication et l'utilisation de matériaux supports offrent une grande liberté au niveau du design
- Personnalisation des pièces
 - Très prisé pour le domaine médical (dentaire, orthèse, prothèse, tissus)
- Flexibilité et réactivité lors du développement de nouveaux produits
 - Un produit peut être validé et mis en marché beaucoup plus rapidement à plus faible coût

Points à améliorer

- Choix de matériaux limité pour l'instant, dont certains sont très chers
 - Développements en cours
- Propriétés mécaniques limitées pour certaines applications
- Aspect de surface, stabilité des procédés et précision à améliorer
 - Développements en cours

Conclusions

- **Bien identifier** la technologie et la taille de l'appareil en fonction de nos besoins car le choix est grand!
- **Repenser le design** en fonction des opportunités offertes par le procédé de fabrication qu'est l'impression 3D!
 - **Développements à faire sur les modèles de conception et de simulation numérique**
- **Et pour la suite?**
 - **Nouveaux matériaux polymères et composites (multimatières)**
 - **Nouvelles utilisations → Impression 4D!**



Merci de votre attention!
Questions?

