

# 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

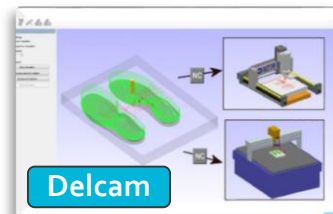
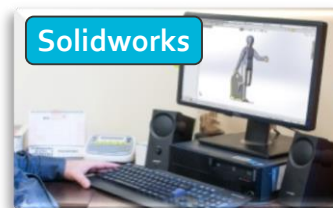


Structure

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

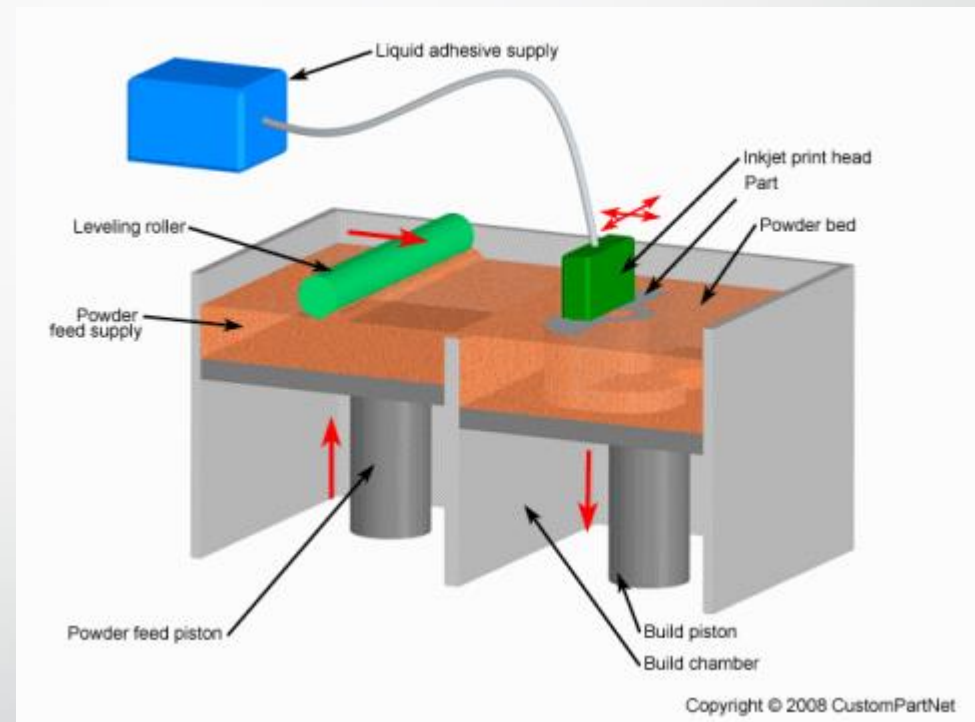
Fines couches de plâtre liées par la projection de minuscules gouttes de liant

## 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.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)

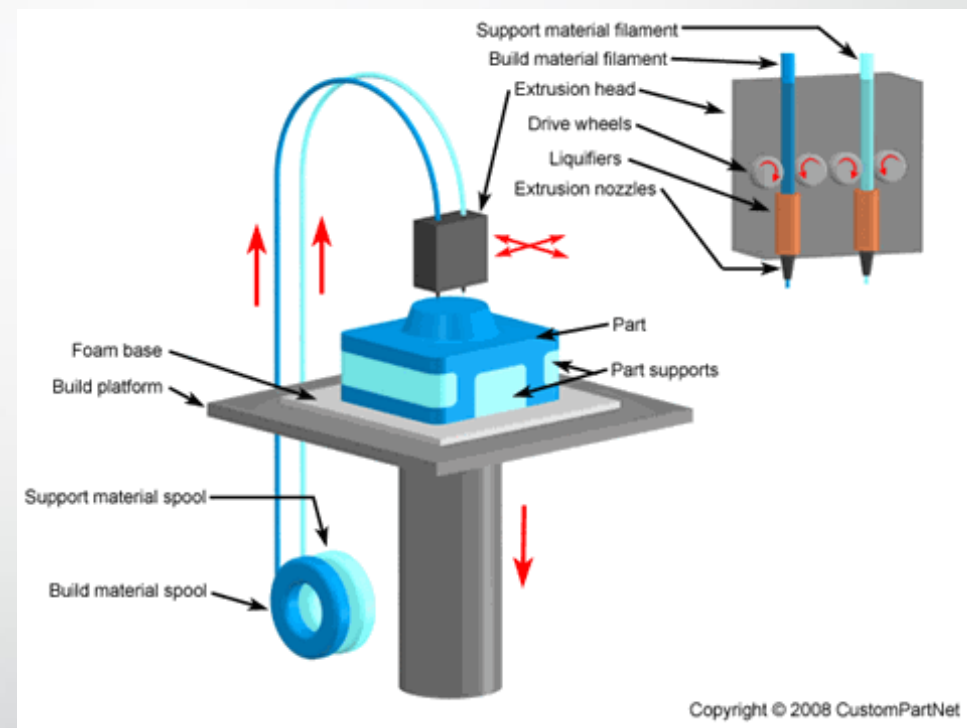
Fil de polymère chauffé expulsé par une buse (nozzle), déposé sur la passe précédente ou le matériau de support

## 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

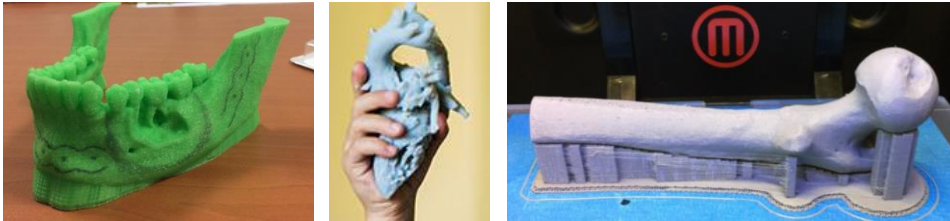
- Finition rugueuse (passes visibles)
- Pièces relativement résistantes mais anisotropiques
- Faible précision comparativement aux autres techniques
- Fabrication relativement lente



# 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.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.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://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)

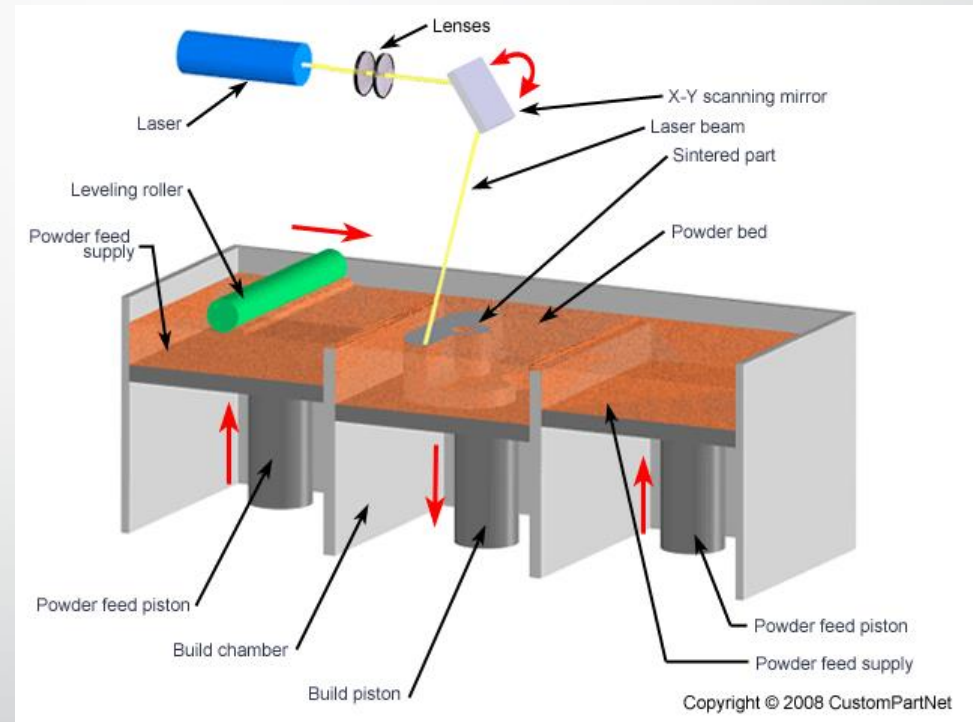
Fusion par laser de couches successives de poudre thermoplastique ou composite plastique-métal

## 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



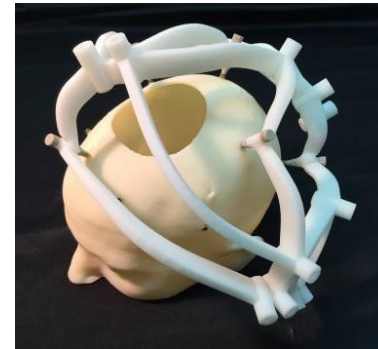
# Frittage sélectif par laser (SLS)

## 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)

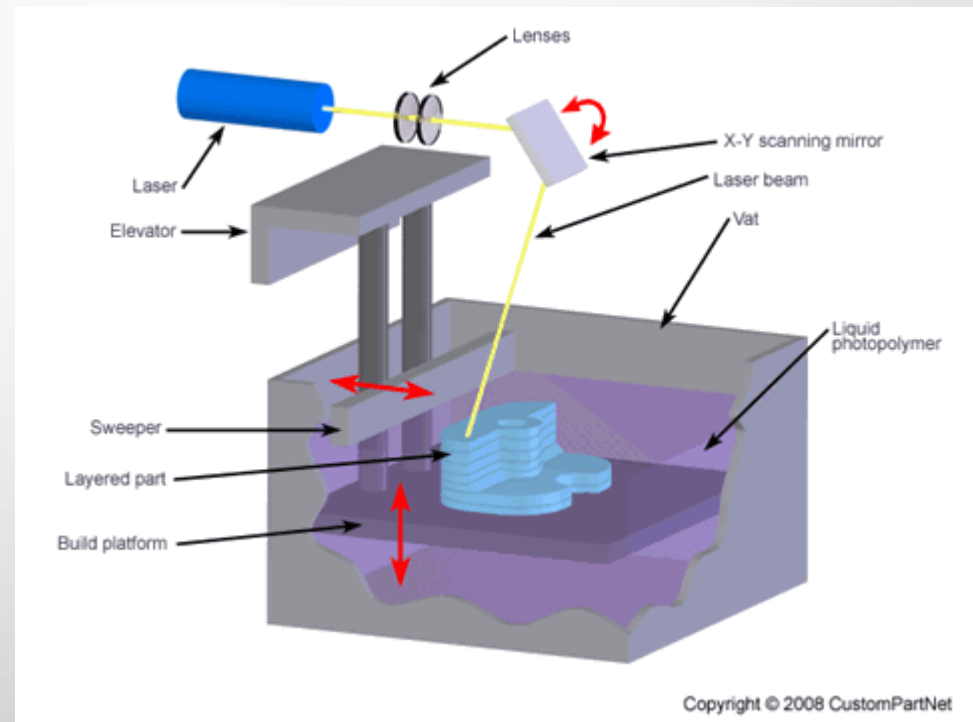
Durcissement par laser de couches successives de polymère photosensible

## Avantages

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

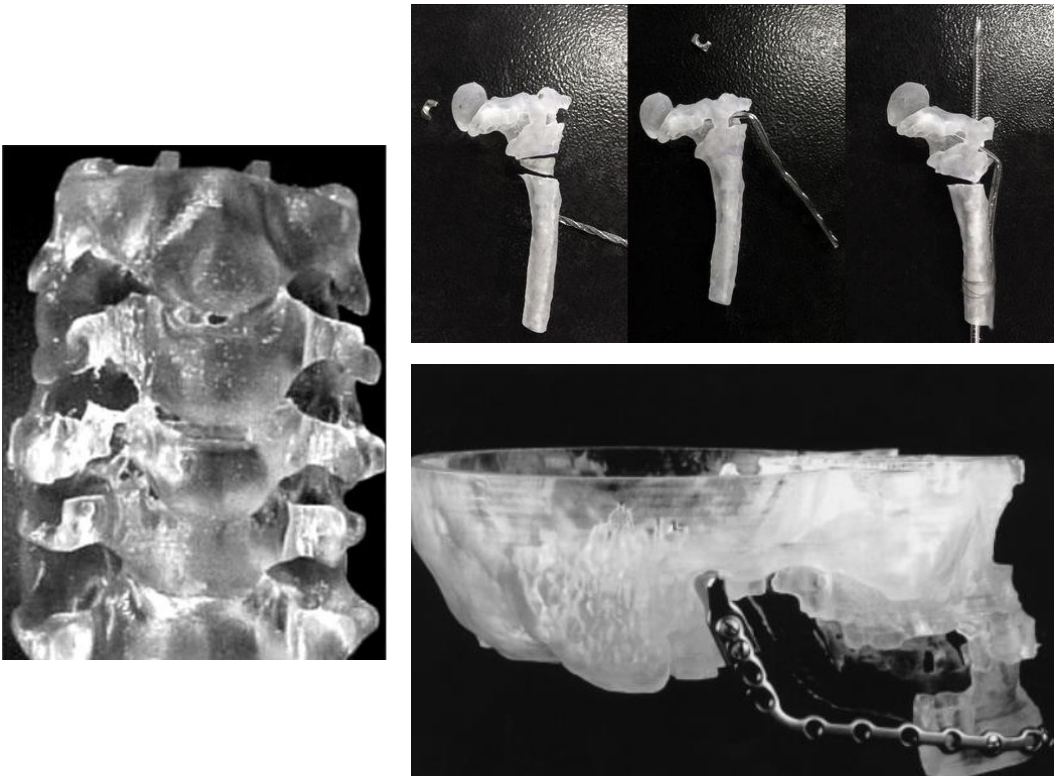
## Inconvénients

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

TOPMED

# Polyjet

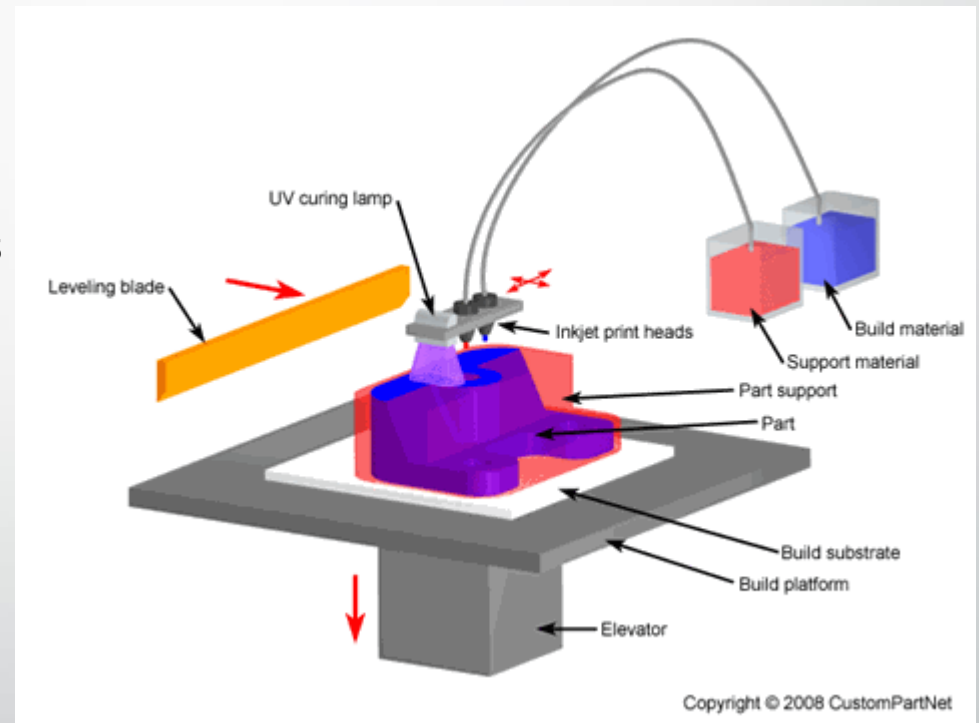
Déposition de couches très minces de photopolymère durcies par UV

## 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

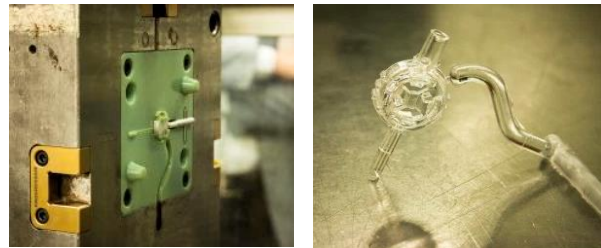
## Prothèses, orthèses



## 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://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.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?

