



CENTRE COLLÉGIAL DE TRANSFERT  
DE TECHNOLOGIE EN ORTHÈSES PROTHÈSES  
ET ÉQUIPEMENTS MÉDICAUX

# L'IMPRESSION 3D: UNE TECHNOLOGIE D'INTÉRÊT POUR UNE PRATIQUE INNOVANTE

**EDITH MARTIN, PH.D., CHERCHEURE**

# BIOGRAPHIE



Édith Martin est diplômée de l'École Polytechnique de Montréal au doctorat en génie métallurgique ainsi qu'à la maîtrise recherche en génie biomédical.

Elle travaille au Collège Mérici depuis 2011 où elle a d'abord enseigné en Techniques d'orthèses et de prothèses orthopédiques le cours de « Propriétés des matériaux ».

En 2011, elle a aussi intégré les rangs de TOPMED, où elle a d'abord été consultante en recherche, aujourd'hui occupant le poste de chercheure.

Ses compétences en recherche scientifique et en gestion de projets dans plusieurs domaines (biomatériaux, biotechnologies environnementales, orthèses et prothèses) sont des atouts pour TOPMED dans la réalisation de projets d'innovation technologique.

# PLAN DE LA PRÉSENTATION

## 1) TOPMED

- a. Mission de TOPMED
- b. Services offerts
- c. Financement
- d. Expertises et équipements
- e. Projets en cours et réalisés

## 2) L'impression 3D

- a. Description du fonctionnement des différentes technologies
- b. Applications dans le domaine de l'OP
- c. Étude de cas: orthèse pédiatrique tibio-pédieuse
- d. Conclusions

# MISSION DE TOPMED

- \* Soutenir les entreprises et organismes québécois des secteurs **orthèses, prothèses** et équipements médicaux par:
  - ✓ l'innovation,
  - ✓ le développement
  - ✓ le transfert technologique
- \* Contribuer au rehaussement de la formation collégiale dans ces secteurs

# SERVICES OFFERTS

## \* Développement technologique

- Évaluation
- Conception
- Fabrication

Développement d'un nouveau produit

Amélioration d'un procédé de fabrication

## \* Soutien technique

- Modernisation
- Mise à niveau technologique

Conception et gestion de projets

Intégration et implantation de nouvelles technologies

## \* Formation et information

- Perfectionnement
- Formation sur mesure

Formation sur mesure pour entreprises

Formation de professeurs et étudiants

# FINANCEMENT

**Les collaborations avec TOPMED sont admissibles à certains programmes de crédits et de financement:**

**\* Crédit d'impôt**

- Crédit d'impôt pour services d'adaptation technologique
- Crédit d'impôt pour la recherche scientifique et le développement expérimental (RS&DE)

**\* Aide financière**

- Programmes de subventions provinciaux et fédéraux
- Aide pour la réalisation de projets de recherche, de valorisation et de transfert de technologie

# EXPERTISES ET ÉQUIPEMENTS

## Biomécanique – Analyse de la démarche

- \* Allée de marche
- \* Boitiers de capture vidéo HD (Roxio)
- \* Capteurs inertiels pour analyse de mouvement (Xsens)
- \* Capteurs de pression plantaire (Tekscan)



# EXPERTISES ET ÉQUIPEMENTS

## Scanneurs pour la prise de mesures anthropométriques

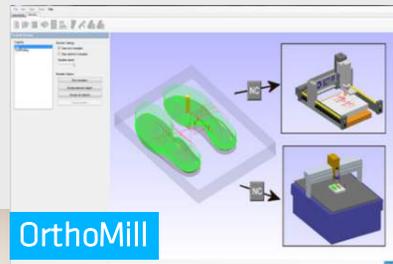
- \* Creaform
- \* Kinect v2
- \* Structure
- \* iQube



# EXPERTISES ET ÉQUIPEMENTS

## Logiciels et équipements pour CFAO

- \* Logiciels d'acquisition et de rectification (Msoft, iQube)
- \* Logiciels de conception Solidworks, OrthoModel et Rhinoceros
- \* Logiciel de CFAO Rodin 4D et OrthoMill
- \* Fraiseuses Rodin 4D et à commande numérique (CNC)



# EXPERTISES ET ÉQUIPEMENTS

## Développement et évaluation d'équipements

- \* Équipements médicaux et de soutien à l'autonomie
- \* Procédés de fabrication
- \* Laboratoires d'évaluation et de recherche
- \* Laboratoires de fabrication



- \* Expertises:
  - Orthèses et prothèses
  - Mécanique et biomécanique
  - Matériaux



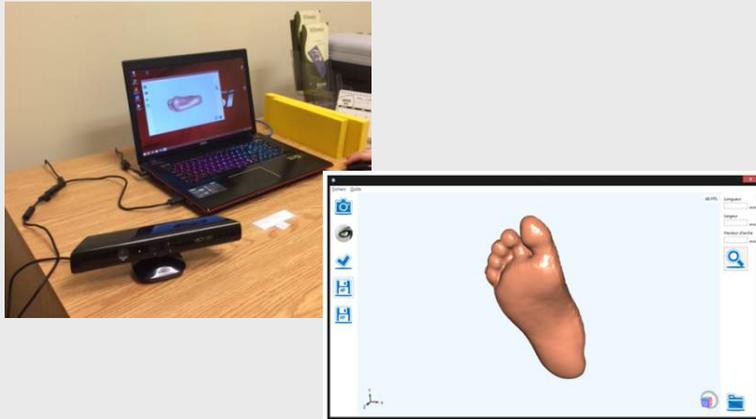
Moulage d'une emboîture fémorale

# PROJETS

## Système KiFS

Vtechlab - <http://www.vtechlab.com/#!kifs/clv>

- \* Système d'acquisition 3D pour la fabrication d'orthèses plantaires
- \* TOPMED, en collaboration avec le Centre de robotique et de vision industrielles (CRVI), a accompagné l'entreprise pour le développement et les essais du système



## Orthèse Turbomed

[turbomedorthotics.com](http://turbomedorthotics.com)

- \* Orthèse pour pied tombant portée à l'extérieur de la chaussure
- \* TOPMED a accompagné les inventeurs pour la conception, la fabrication de prototypes, le choix des matériaux et les essais mécaniques



# PROJETS

- Développement d'une plate-forme intégrée d'analyse de la démarche
- Analyse comparative de résistance du système Bed-aid M
- Étude du recyclage de plâtre dans les laboratoires d'orthèses et prothèses
- Développement d'une barre d'aisance
- Développement d'une chaise d'aisance multifonctionnelle



# PROJETS

➤ Développement d'une nouvelle orthèse d'étirement progressif



➤ Développement d'une semelle intelligente pour la mesure de la pression plantaire

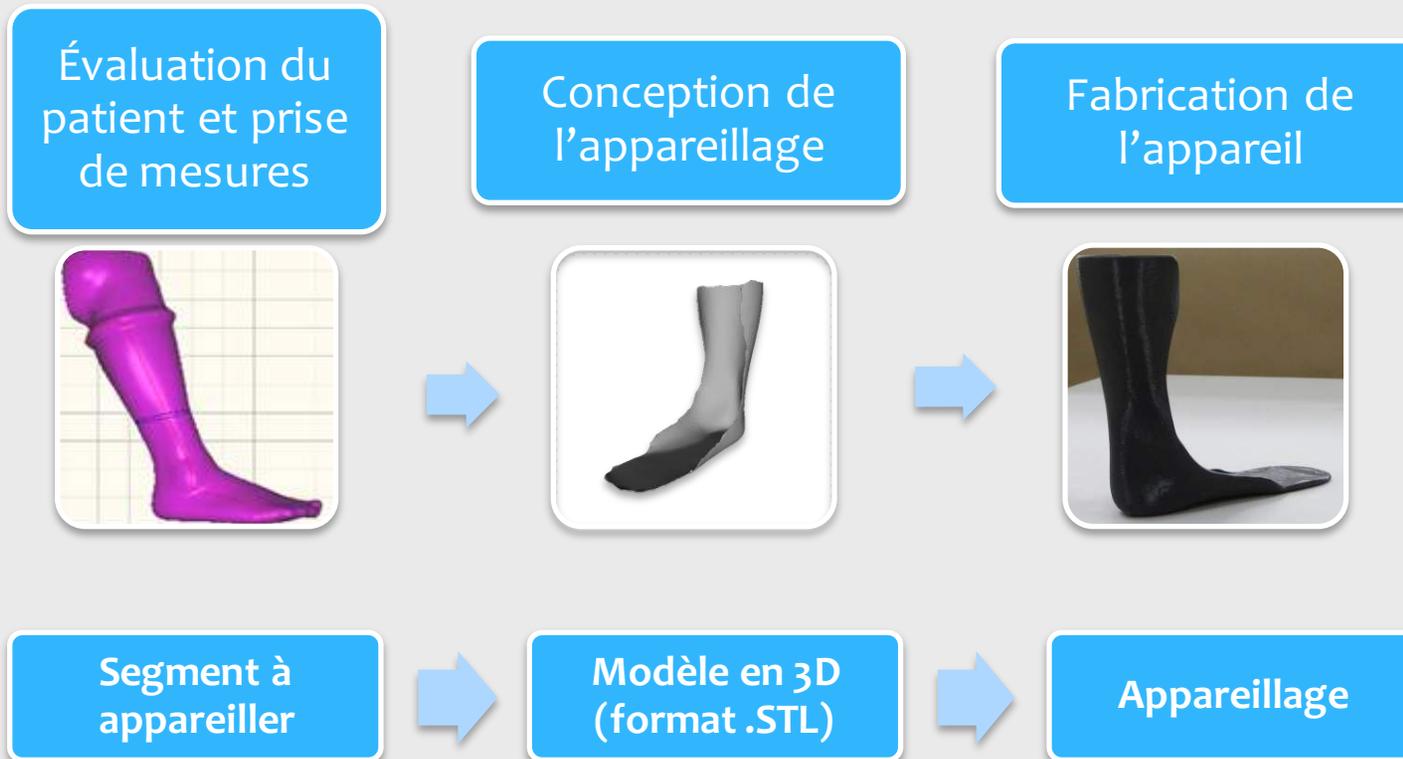
➤ Développement d'un protocole d'essais pour implants orthopédiques personnalisés

➤ Centre d'excellence en développement de solutions de soutien à domicile

➤ Numérisation de la prise de mesures pour la confection de vêtements compressifs

# IMPRESSION 3D OU FABRICATION ADDITIVE

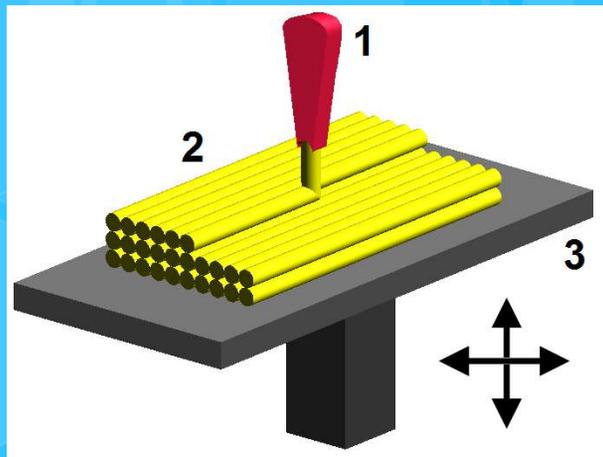
Transformation d'un modèle 3D en une forme réelle par assemblage de couches successives de matériaux



# TECHNOLOGIE DÉPÔT DE FIL FONDU

## Fused deposition modeling (FDM)

- \* Fil de polymère chauffé expulsé par une buse (1) déposé sur la passe précédente ou le matériau de support (2)



Zureks - commons.wikimedia.org/wiki/File:FDM\_by\_Zureks.png



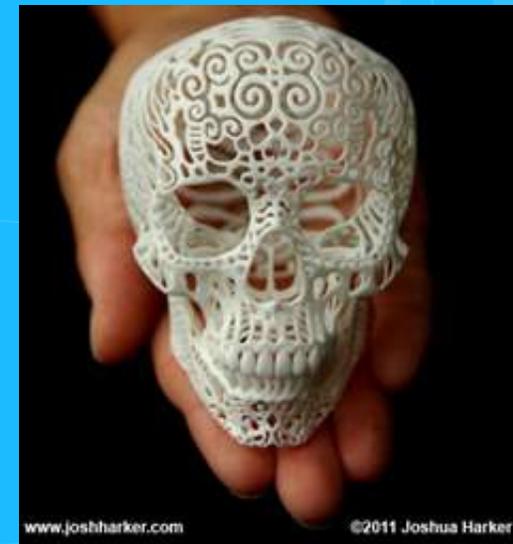
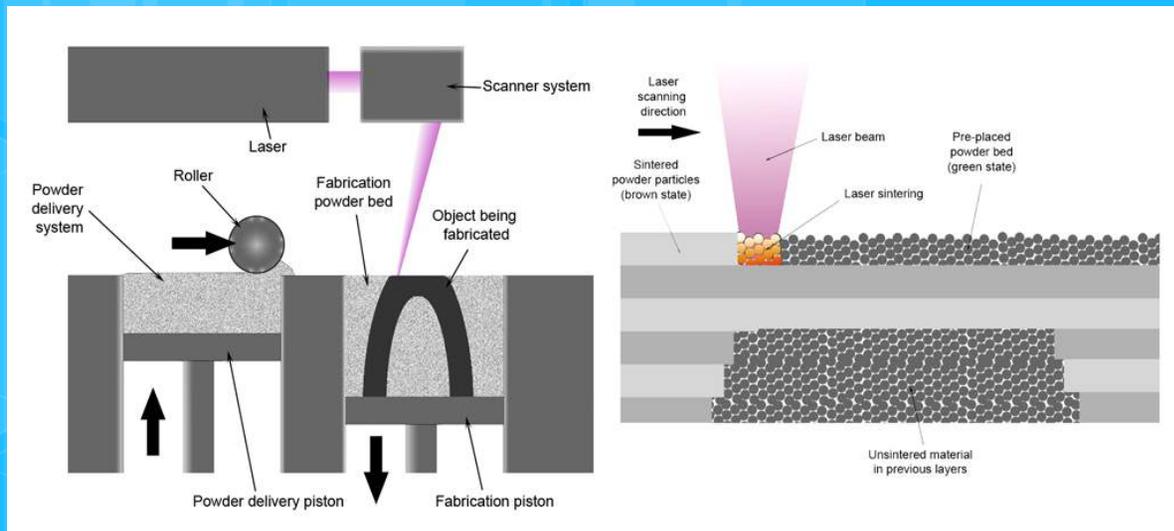
Mike Lee - www.flickr.com/photos/curiouslee/2576425013/in/photostream/

# TECHNOLOGIE

## FRITTAGE SÉLECTIF PAR LASER

### Selective laser sintering (SLS)

- \* Fusion par laser de couches successives de poudre thermoplastique



Materialgeeza - commons.wikimedia.org/wiki/File:Selective\_laser\_melting\_system\_schematic.jpg

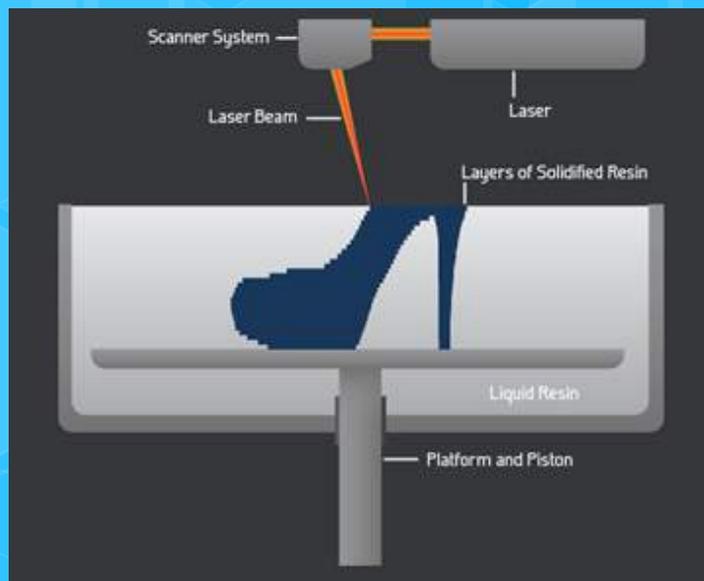
TOPMED

Copyright © 2015 TOPMED, Tous droits réservés.

# TECHNOLOGIE STÉRÉOLITHOGRAPHIE

## Stereolithography (SLA)

- \* Durcissement par laser de couches successives de polymère liquide



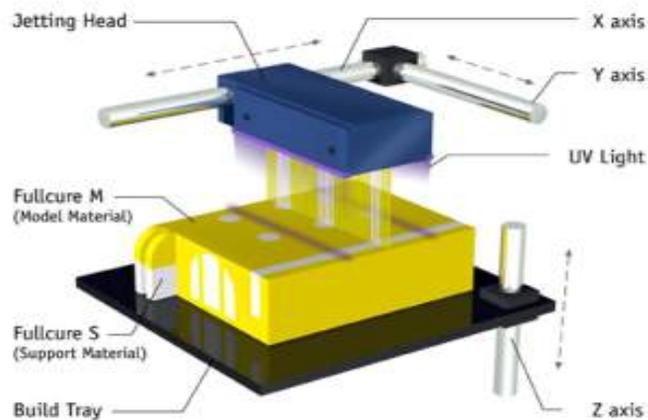
[proto3000.com/stereolithography-sla-rapid-prototyping-process.php](http://proto3000.com/stereolithography-sla-rapid-prototyping-process.php)



3DBenchy - [www.flickr.com/photos/creative\\_tools/17345089792](http://www.flickr.com/photos/creative_tools/17345089792)

# TECHNOLOGIE POLYJET

Déposition de couche très mince de photopolymère durcie par UV



The Objet PolyJet Process

3D additive fabrication  
[www.3daddfab.com/technology/](http://www.3daddfab.com/technology/)

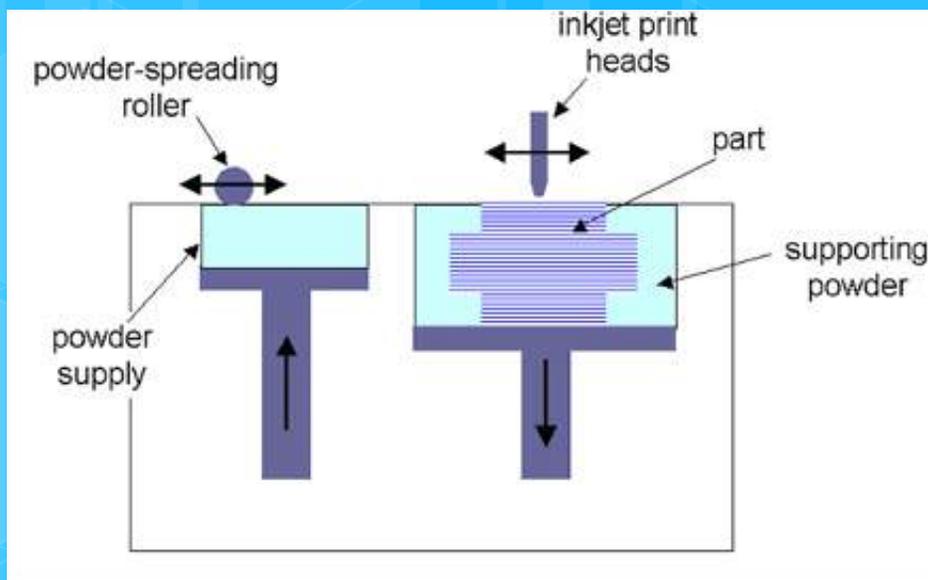


[usglobalimages.stratasys.com/Image%20Gallery/3d\\_printed\\_hair  
brush\\_prototype.jpg?v=635460327849450417](http://usglobalimages.stratasys.com/Image%20Gallery/3d_printed_hair_brush_prototype.jpg?v=635460327849450417)  
Copyright © 2015 TOPMED, Tous droits réservés.

# TECHNOLOGIE

## IMPRESSION À JET D'ENCRE

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



Rapid prototyping center - [www.rpc.msoe.edu/machines\\_zcorp.php](http://www.rpc.msoe.edu/machines_zcorp.php)



Design Engineering

<http://www.design-engineering.com/cad-cam/identity-of-canadian-wwi-soldier-discovered-using-3d-printing-27024/>

Copyright © 2015 TOPMED, Tous droits réservés.

# COMPARAISON DES TECHNOLOGIES D'IMPRESSION 3D

Précis	SLA	SLS	FDM	Jet d'encre	Moins précis
Résistance élevée	FDM	SLS	SLA	Jet d'encre	Résistance plus faible
Surface lisse	SLA	SLS	FDM	Jet d'encre	Surface rugueuse
Prix abordable	Jet d'encre	FDM	SLA	SLS	Prix élevé
Rapidité	Jet d'encre	SLS	SLA	FDM	Fabrication lente

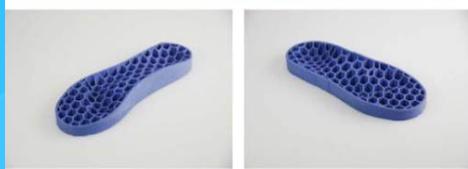
SLA : Stéréolithographie  
SLS : Frittage par laser sélectif  
FDM : Dépôt de fil fondu

# APPLICATIONS EN OP

## Exemples de types d'appareillages

- \* Orthèses plantaires
- \* Orthèses tibio-pédieuse
- \* Orthèses d'immobilisation / Exosquelette / Corset
- \* Prothèses tibiale, de main, de bras
- \* Esthétiques : couverture de prothèses, anaplastologie

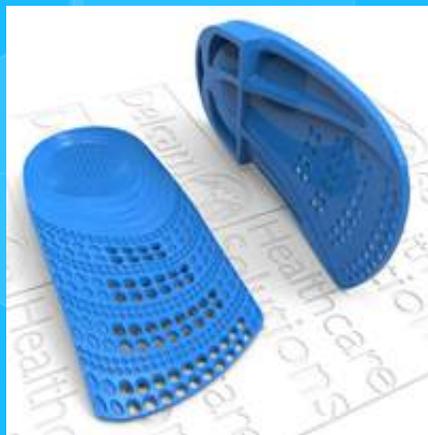
# ORTHÈSES PLANTAIRES



<http://cargocollective.com/kathleenodonnell/design/Pressure-Reducing-Orthotic>



<http://www.sols.com/>



<http://www.delcam.ca/>



<http://www.3dorthotics.com.au/>



<http://www.3ders.org/articles/20121022-glasgow-unveiled-world-most-advanced-3d-model-of-the-human-foot.html>



<http://www.podfo.com/#&panel1-1>

TOPMED

Copyright © 2015 TOPMED, Tous droits réservés.

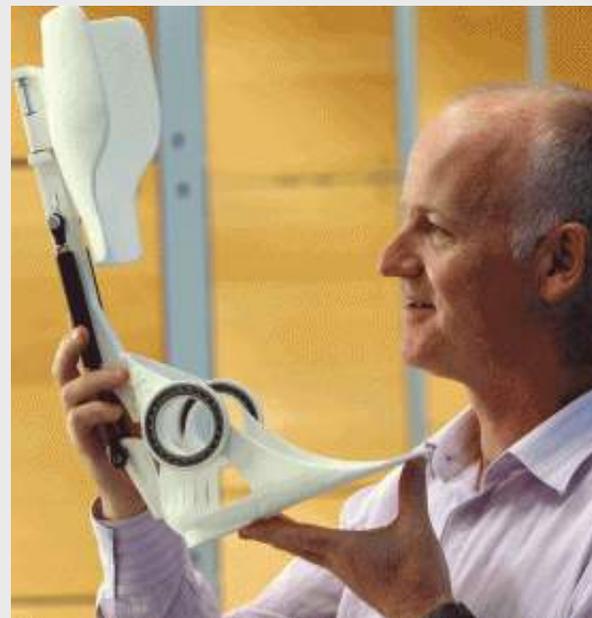
# ORTHÈSES TIBIO-PÉDIEUSES



<http://www.thingiverse.com/thing:446538>



[http://www.mhoxdesign.com/generative\\_orthoses-en.html](http://www.mhoxdesign.com/generative_orthoses-en.html)



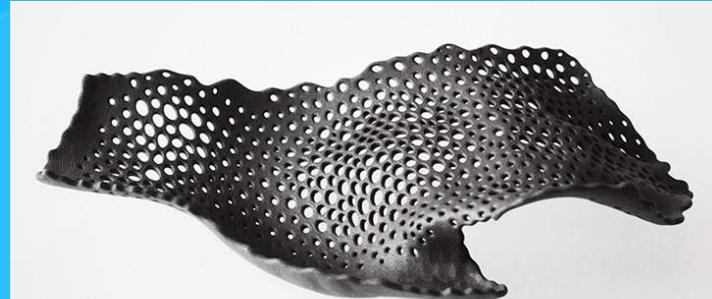
<http://www.acnr.co.uk/2015/01/researchers-develop-3d-printed-foot-orthotics/>

# EXOSQUELETTE / CORSET / IMMOBILISATION



Exosquelette  
pour enfant

<http://andiamo.io/>



[http://www.mhoxdesign.com/generative\\_orthoses-en.html](http://www.mhoxdesign.com/generative_orthoses-en.html)



<http://unyq.com/>



<http://www.evilldesign.com/cortex>



Copyright © 2015 TOPMED, tous droits réservés.

# PROTHÈSES



[http://www.oandp.com/articles/2014-07\\_01.asp](http://www.oandp.com/articles/2014-07_01.asp)



Prothèse robotisée

<http://www.openbionics.com/>



<http://enablingthefuture.org/>

Copyright © 2015 TOPMED, Tous droits réservés.

# ESTHÉTIQUES



Anaplastologie

<http://www.frippdesign.co.uk/>

Couvre-prothèses  
esthétiques



# FABRICATION D'UNE AFO – MÉTHODE TRADITIONNELLE

## Avantages

- \* Peu coûteuse
  - \* Environ 55\$ en matériaux
  - \* Environ 100\$ en main d'œuvre
- \* Rapidité du processus
  - \* Environ 4h en clinique et fabrication (excluant les « temps morts »)

## Inconvénients

- \* Nécessite beaucoup de fournitures et matériaux
- \* Génère beaucoup de déchets
- \* Difficile avec les enfants qui bougent et les patients spastiques
- \* Rentabilité en lien direct avec l'expérience et la rapidité de l'orthésiste

# FABRICATION D'UNE AFO – FABRICATION ADDITIVE

## Avantages

- \* Rapidité d'acquisition de la prise de mesures
- \* Moins de matériel et déchets
  - \* Pas de plâtre et autres fournitures
  - \* Matériaux nécessaires seulement
  - \* Plus besoin de positif
  - \* Pas de nettoyage = plus de clinique pour les cliniciens
- \* Fabrication automatisée
  - \* Entre 2 et 6 heures d'impression de façon autonome (selon la technique)

## Inconvénients

- \* Coûteuse
  - \* Entre 200\$ et 500\$ de fabrication (en sous-traitance)
  - \* Possibilité d'acquérir les équipements, minimum 40000\$ d'investissement
- \* **Le choix de la technique de fabrication et des matériaux doit faire l'objet d'une bonne réflexion**
- \* Les outils pour faciliter la conception en OP n'ont pas encore été développés pour la majorité des appareillages
- \* Grosse courbe d'apprentissage pour les cliniciens

# CONCLUSIONS

## LA FABRICATION ADDITIVE

### Avantages

- \* Rapide et précis
- \* Possibilité d'intégrer des couleurs
- \* Géométrie complexe possible
- \* Diminution de déchets puisque le travail est numérique et par addition de matière
- \* Appareillage sur mesure
- \* Fabrication personnalisé à l'entreprise (sous-traitance ou acquisition d'équipements)

### Inconvénients

- \* Finition à travailler
- \* Relativement coûteux
- \* Propriétés des matériaux limitées et parfois imprévisibles
- \* Demande une adaptation aux technologies informatiques (CFAO)

# LA RÉALITÉ DE L'IMPRESSION 3D

Évaluation du patient et prise de mesures

- Scan
- Traitement des données



Conception de l'appareillage

- Génération de l'appareillage (d'une surface 2D en modèle 3D)
- Optimisation du design par analyses mécaniques (simulation)



Modification des modèles de simulation



Fabrication de l'appareil

- Fabrication par impression 3D
- Essais mécaniques pour valider les analyses mécaniques et la fonctionnalité de l'appareillage



Nouvel impression par fabrication additive



Segment à appareiller

Modèle en 3D (format .STL)

Appareillage

# MERCI DE VOTRE ATTENTION!

## QUESTIONS?



<http://www.openbionics.com/> et Disney