

Medinov 2019

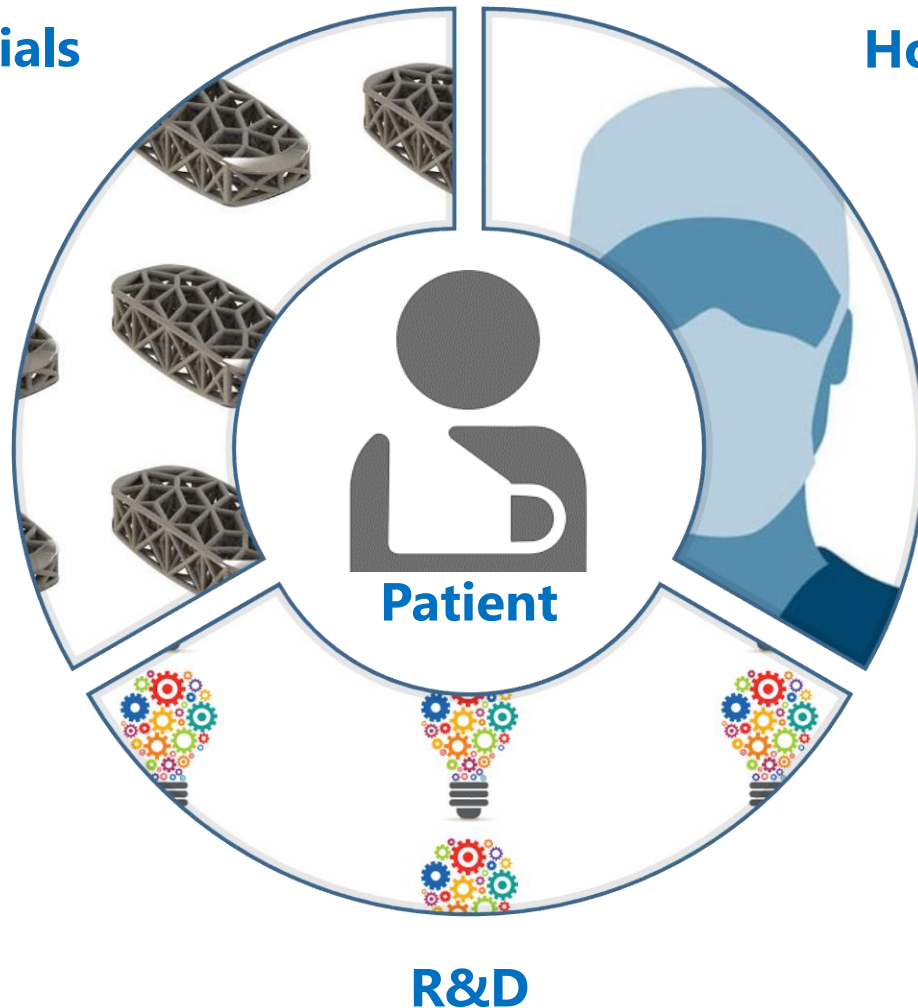
De l'impression 3D à la simulation chirurgicale



Additive manufacturing supporting Healthcare

Industrials

Hospitals



Patient

R&D

Medtech spécialisée en fabrication additive médicale



2017 February

10  Employees

13485 ISO

14 Years of Additive Manufacturing

12 Years of Orthopedics



200 K€
Levée de fonds
en 2017

2 Thèses
Spine material
Biomechanics
biology



500 m²
Airbus
techcenter

Sommaire

I. Introduction

- 1) Quelques chiffres
- 2) Quelles sont les techniques utilisées?

II. Etat de l'art de la simulation chirurgicale

- 1) Modèles synthétiques utilisés
- 2) Quels sont les problèmes majeurs liés à ces modèles?

III. La révolution de l'impression 3D en simulation chirurgicale

- 1) Comment cela fonctionne-t-il?
- 2) Quelles en sont les utilisations et les plus-values?
- 3) Comment obtenir des matériaux adéquats?

IV. Conclusion : modèles réalisés

- 1) Chirurgie cardiovasculaire
- 2) Chirurgie maxillo-faciale
- 3) Chirurgie orthopédique

I. Introduction

1) Quelques chiffres

8.7 trillions \$US: dépenses de santé prévues pour 2020

11.5 % de la population > 65 ans



Données provenant des USA
[1]

Intérêt et utilisation  de l'impression 3D dans le médical:

- Plus accessibles
- Remplacement des cadavres

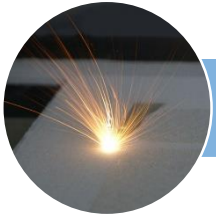
En 2018:

- Hausse de taux de croissance annuel de **21%**
- Un marché de **7.3 millions \$US**
- Augmentation de **3200%** des centres d'impression 3D dans hôpitaux

2) Quelles sont les techniques utilisées?



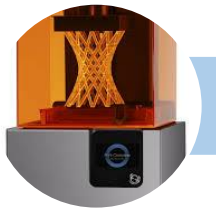
Fused deposition modeling (FDM)



Selective laser sintering (SLS)



PolyJet (PJ)



Stereolithography (SLA)



Choix de la machine en fonction des besoins, qualité de surface/ précision et prix

Table 1 Main characteristics of the rapid prototyping methods: stereolithography (SLA), polyJet (PJ), fused deposition modelling (FDM), selective laser sintering (SLS), binder jetting (BJ)

Material based type		Liquid	Liquid	Filament	Powder	
Method		Liquid solidification	Liquid solidification	Material melted and solidified by cooling	Material sintered by laser	Material solidified with liquid binder
Process		SLA	PJ	FDM	SLS	BJ
General building speed (slow/intermediate/fast)		Intermediate	Intermediate	Slow ³⁹	Fast ³⁹	Very fast ³⁹
Printing quality	Accuracy (low/intermediate/high)	High ^{2,39}	High ³⁷	Low ^{2,37}	Intermediate ²	Low ³⁹
	Resolution of a typical machine (µm)	5–25	15–30	100	125	100
Costs	Machine (\$/\$/\$/\$/\$)	\$\$	\$\$\$	\$	\$\$\$	\$\$\$
	Material (\$/\$/\$/\$/\$)	\$\$	\$\$\$	\$	\$\$	\$\$
	Overall cost for printing an object all costs included (low/intermediate/high)	Medium ²	High ³⁹	Low ^{2,37}	High ²	Very low ³⁹

Source: [2]

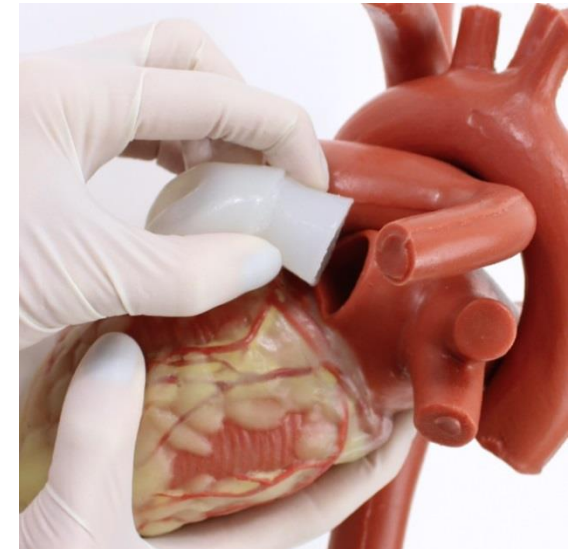
II. Etat de l'art de la simulation chirurgicale

1) Modèles synthétiques utilisés

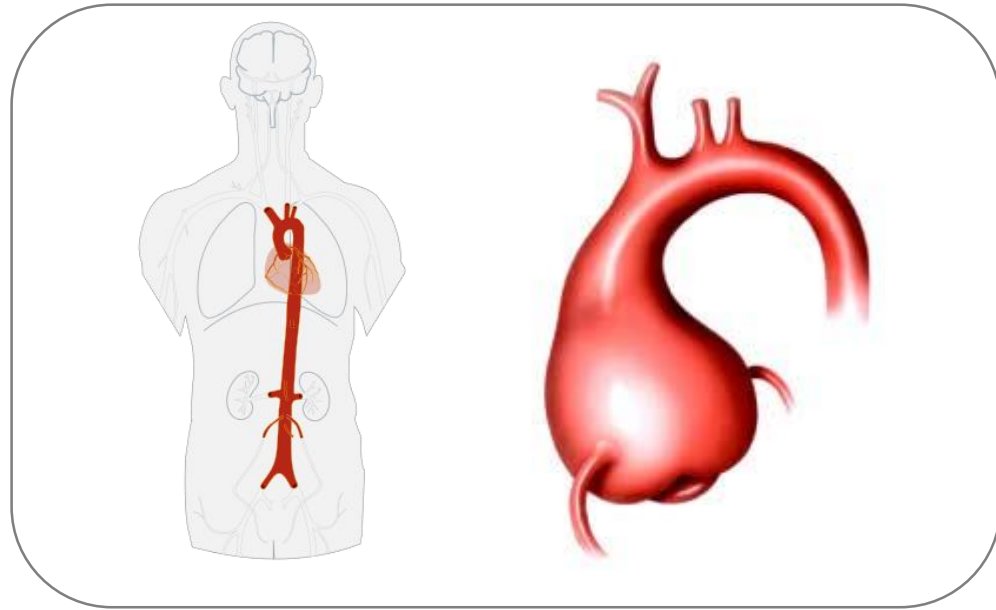
Fermeture percutanée de l'appendice auriculaire gauche



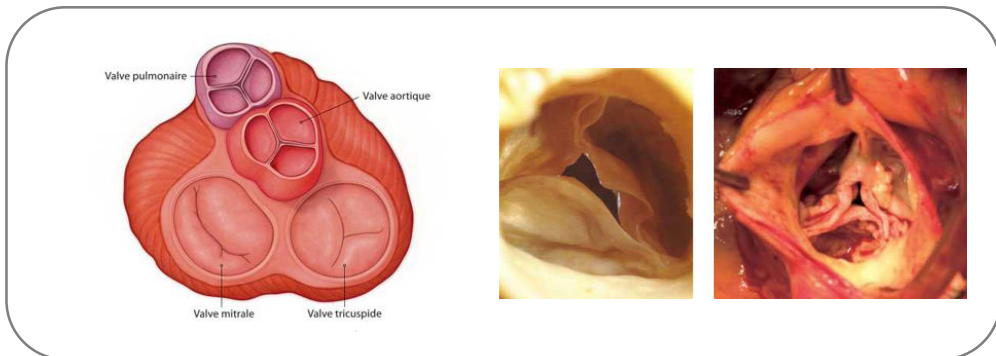
Source : [3]



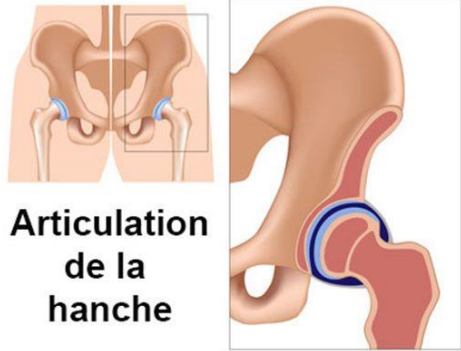
Aortes



Valves aortiques



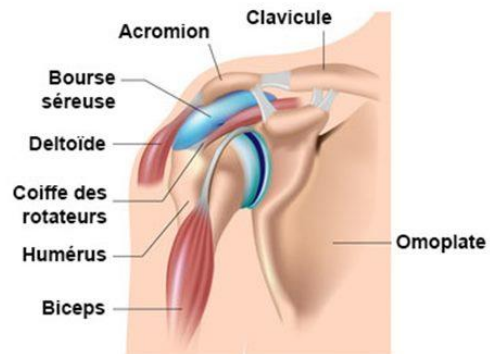
Hanche



Articulation de la hanche



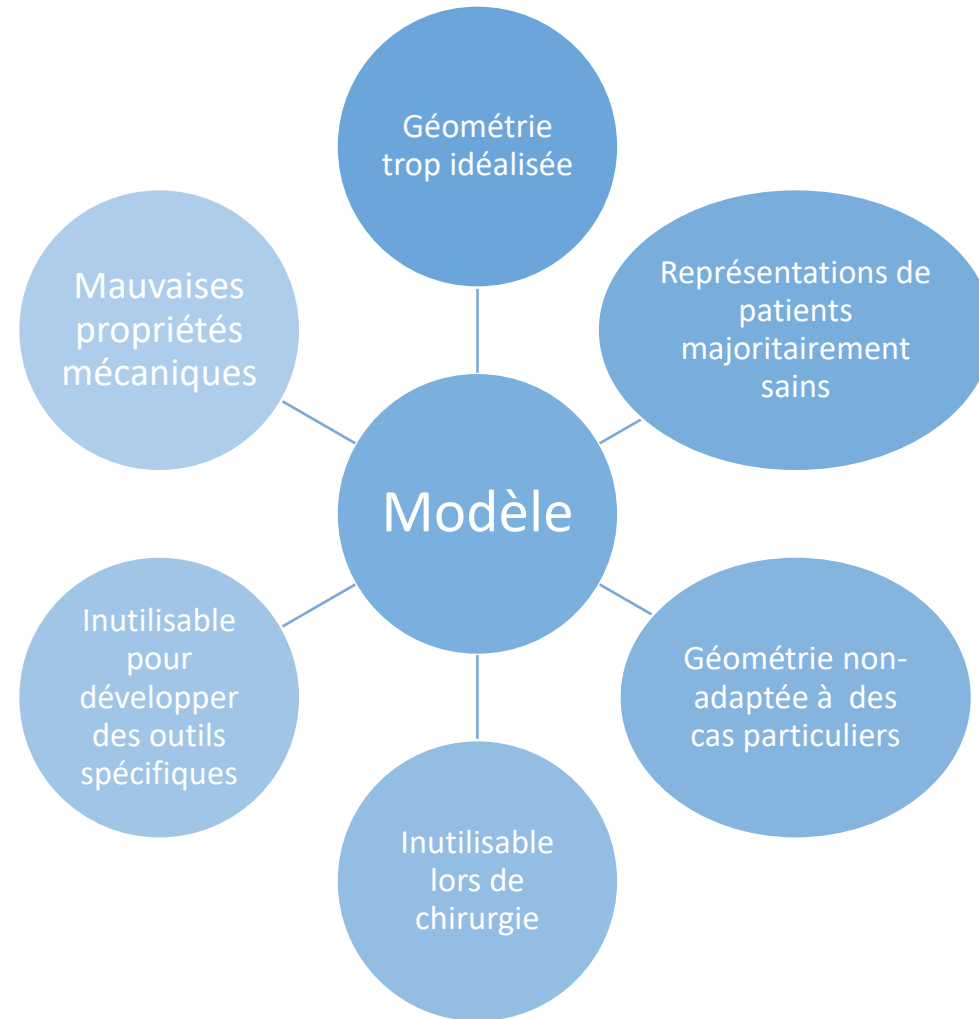
Epaule



Articulation de l'épaule

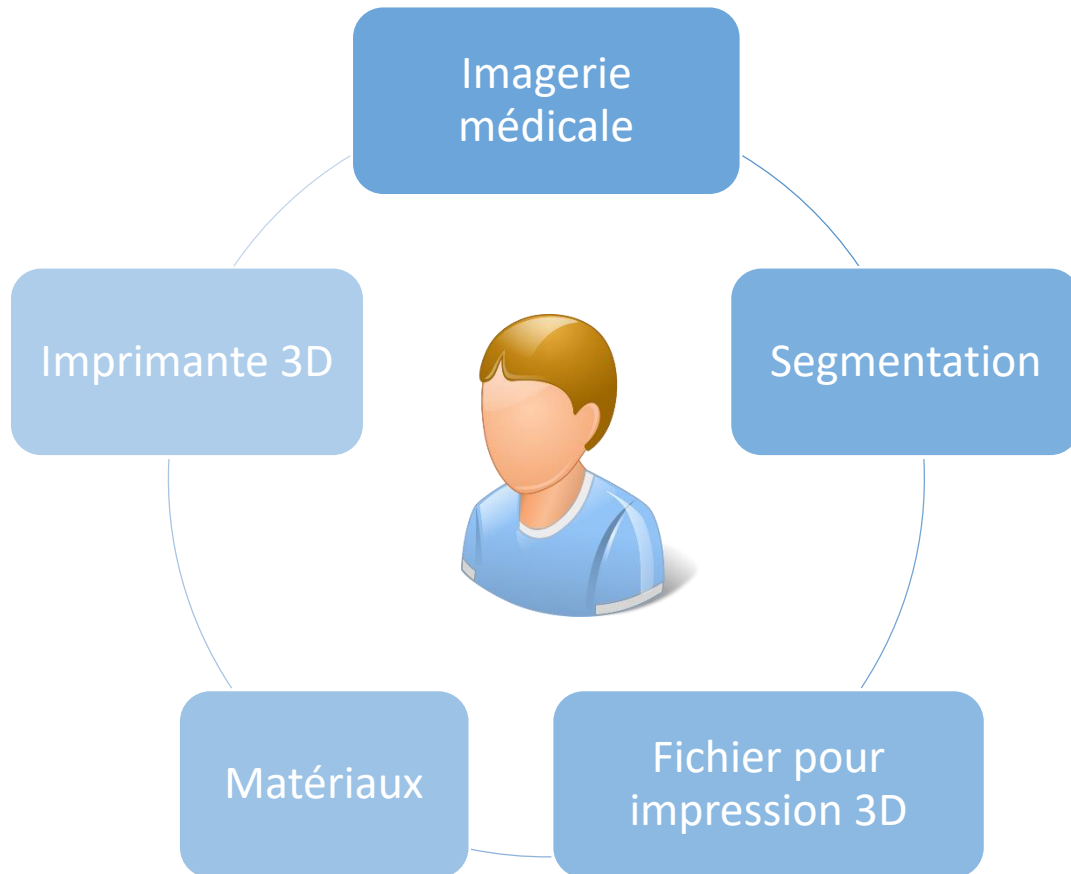


2) Quels sont les problèmes majeurs liés à ces modèles?



II. La révolution de l'impression 3D en simulation chirurgicale

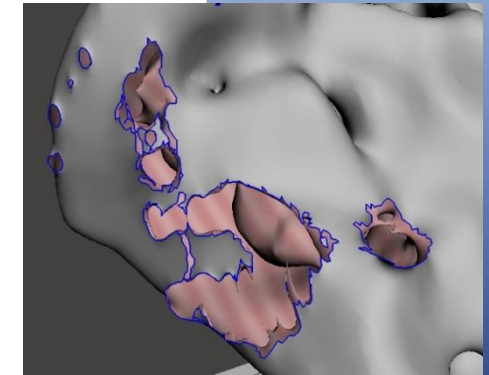
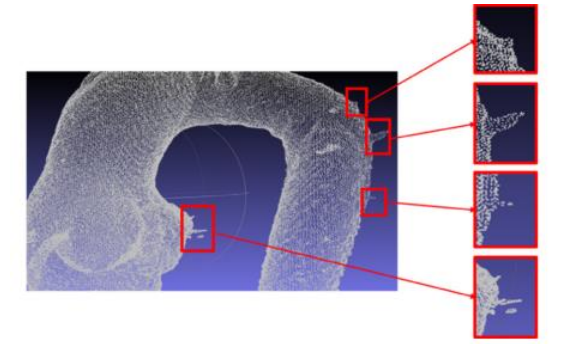
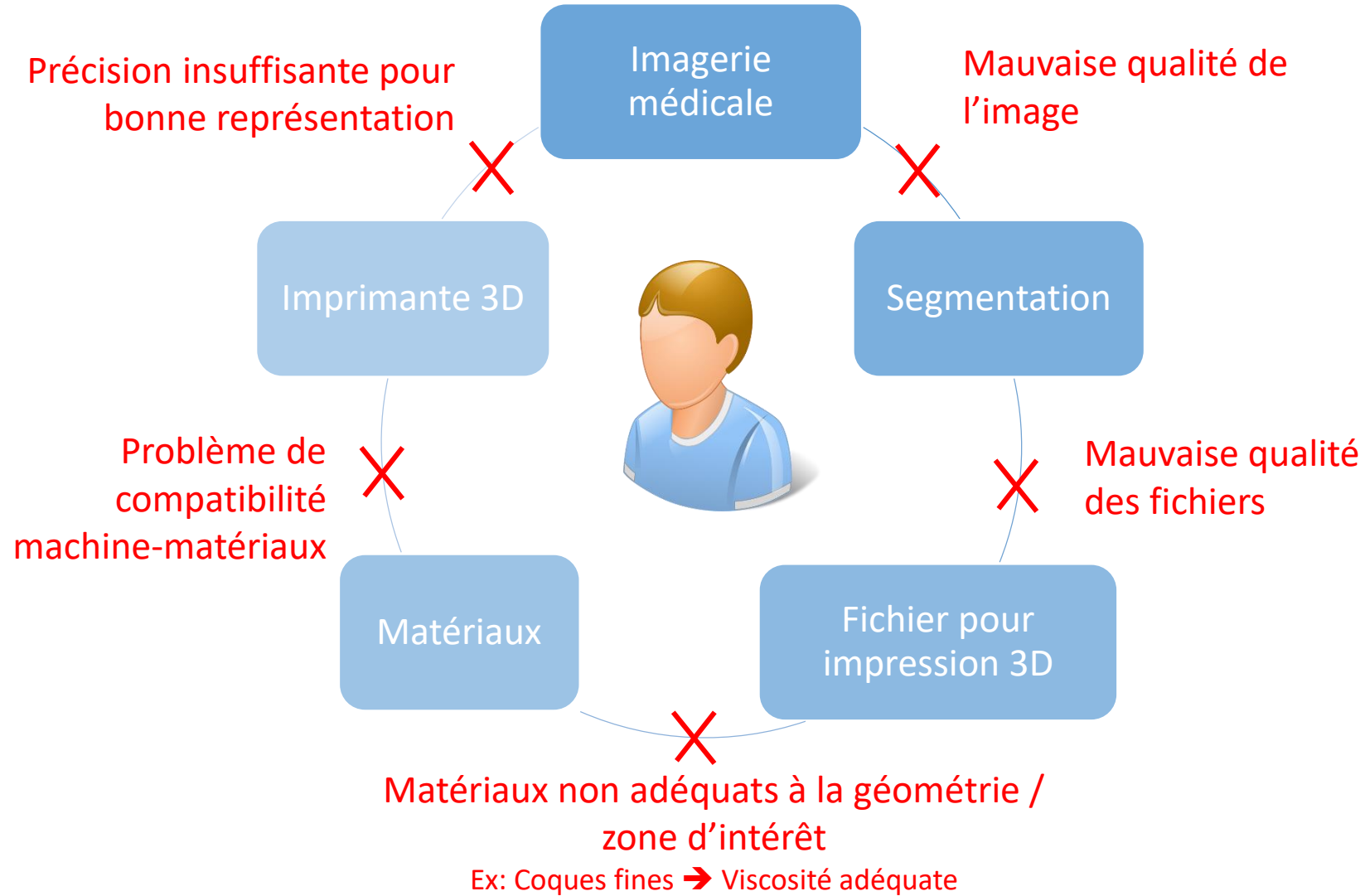
1) Comment cela fonctionne-t-il?



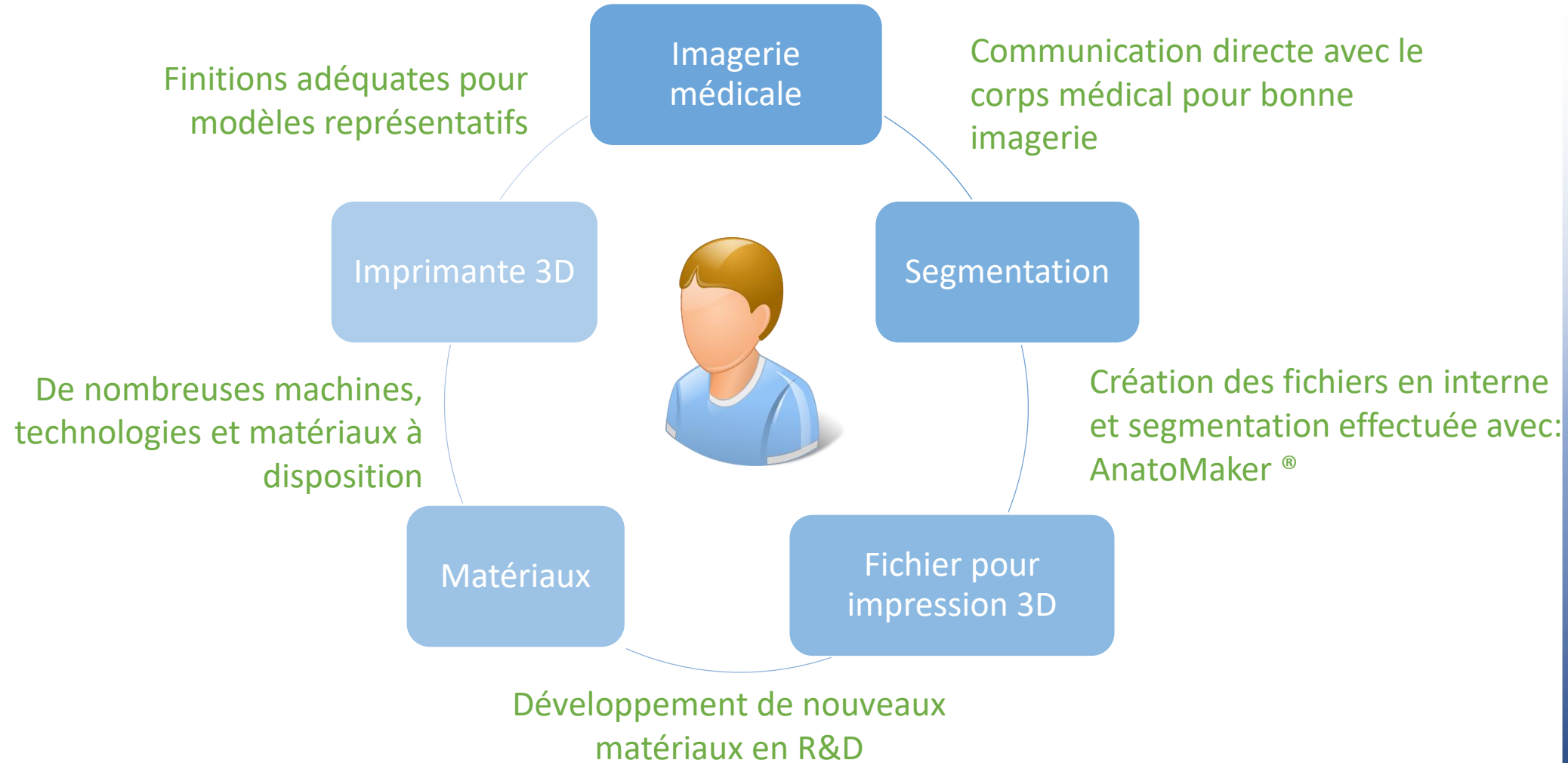
Cycle complet à maîtriser

Dissocier les étapes
= accumulation d'erreurs
= risques majeurs pour le patient

Problèmes rencontrés:



Solutions apportées par 3D Medlab:



Besoins futurs:

Images pour une meilleure distinction entre les tissus

Imagerie médicale

Segmentation

Logiciels qui segmentent automatiquement sans retouches manuelles



Imprimante 3D

Plus rapide, plus besoin de nettoyage ni de finition

Fichier pour impression 3D

Pièce s'imprime toute seule sans étapes intermédiaires (positionnement, etc.)

Matériaux

challenge

Plus grande variété de matériaux souples et biocompatibles

2) Quelles en sont les utilisations et les plus-values?

a) Utilisations:



Formation du personnel médical

Pratique de certaines manipulations chirurgicales



Formation du patient

Explication de la maladie et du traitement



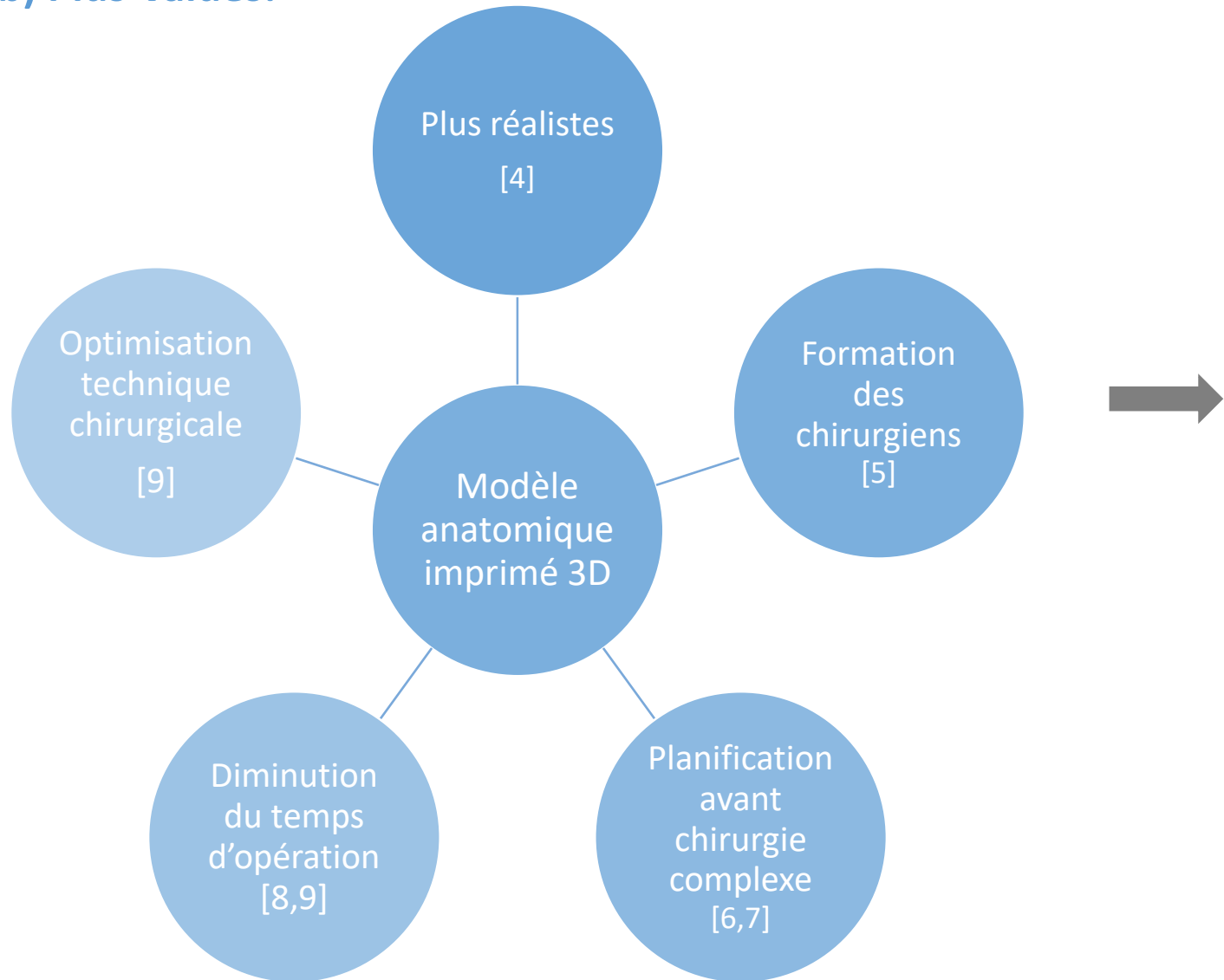
Préparation à la chirurgie

Pratique de la chirurgie avant l'opération



Aide à la chirurgie

- Création et vérification d'outils spécialisés
- Modèles pour aider le chirurgien à l'opération (choix des tailles, positionnement de l'outil, etc.)

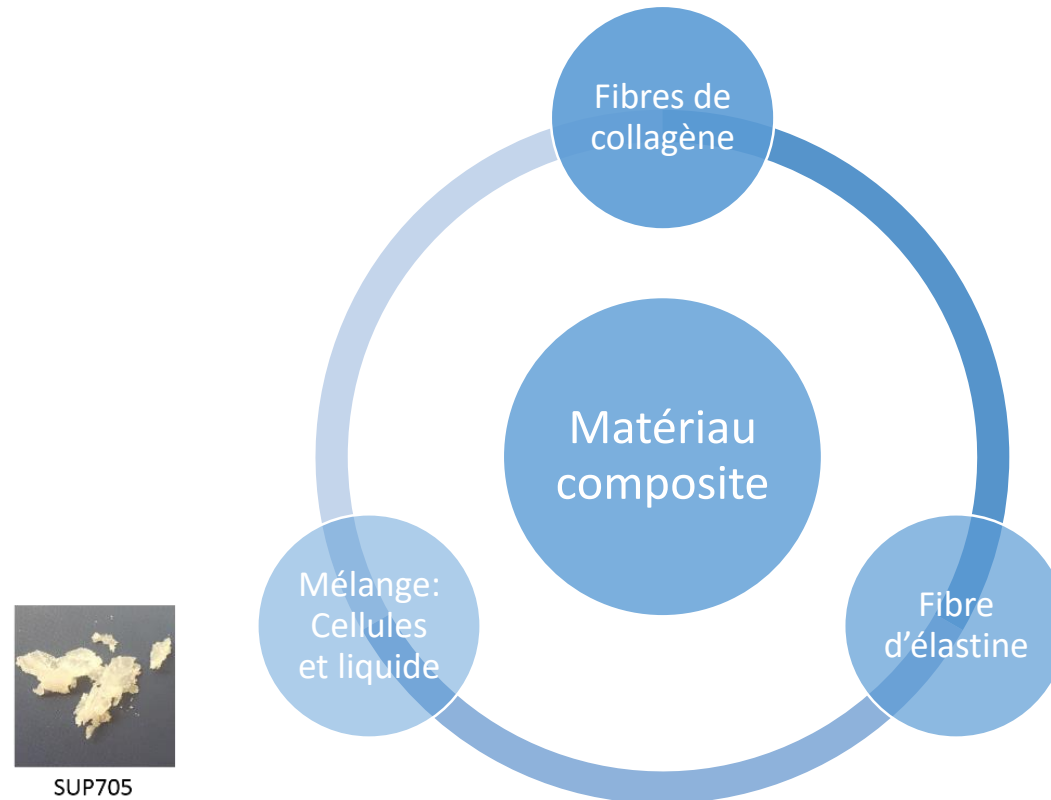
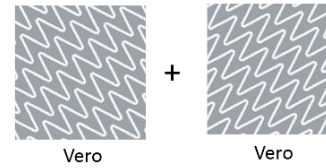
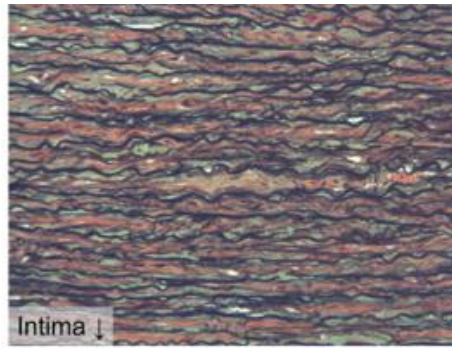
b) Plus-values:

Meilleur traitement
Moins de risques pour le patient
Baisse des coûts hospitaliers

3) Comment obtenir des matériaux adéquats?

a) Solution 1: Matériau composite pour copier la structure du tissu biologique

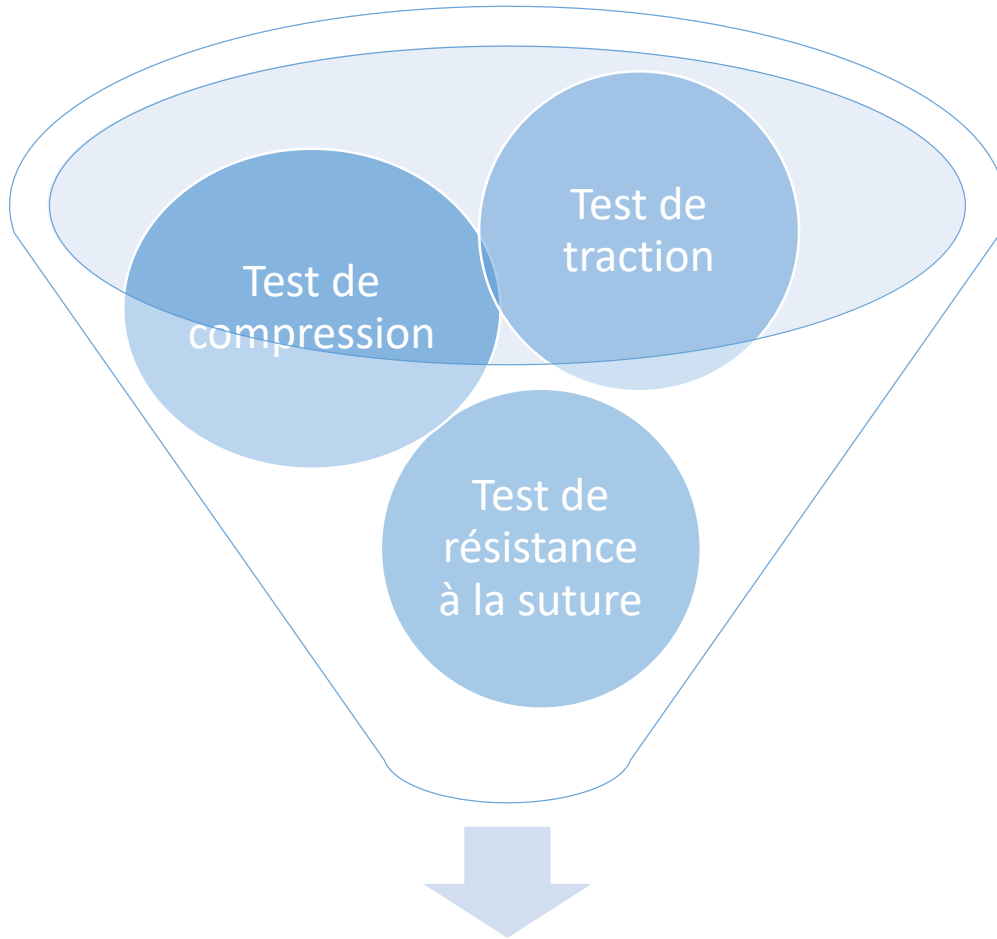
Tissu aortique sain [10]



SUP705



TGPF930



Contrôle de la **dureté**, la **résistance à la déformation** et **l'anisotropie** [10]

Importance d'une telle étude:

Adapter les propriétés
mécaniques en fonction des
pathologies des patients

b) Solution 2: Synthèses de nouveaux matériaux

Matériau pour disque intervertébral

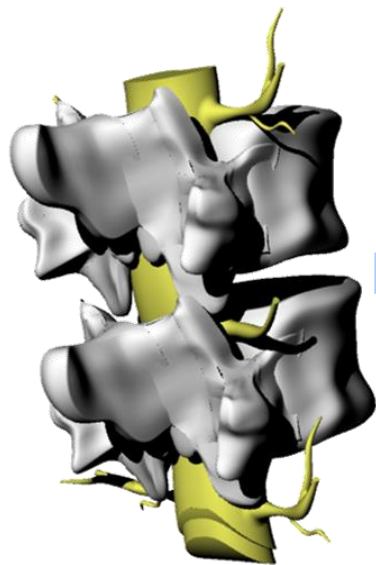
Création de nouveaux matériaux:

- photopolymérisables (donc imprimable)
- aux propriétés mécaniques variables

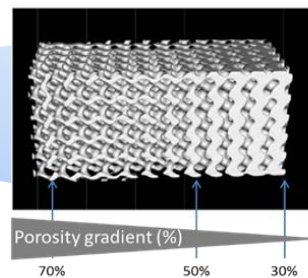


Imprimante:

Haute résolution
pour géométrie
complexe



Disque intervertébral:
Prothèse biodégradable
Propriétés mécaniques



Création de l'hydrogel:
Propriétés évolutives

IV. Conclusion: modèles réalisés

1) Chirurgie cardiovasculaire

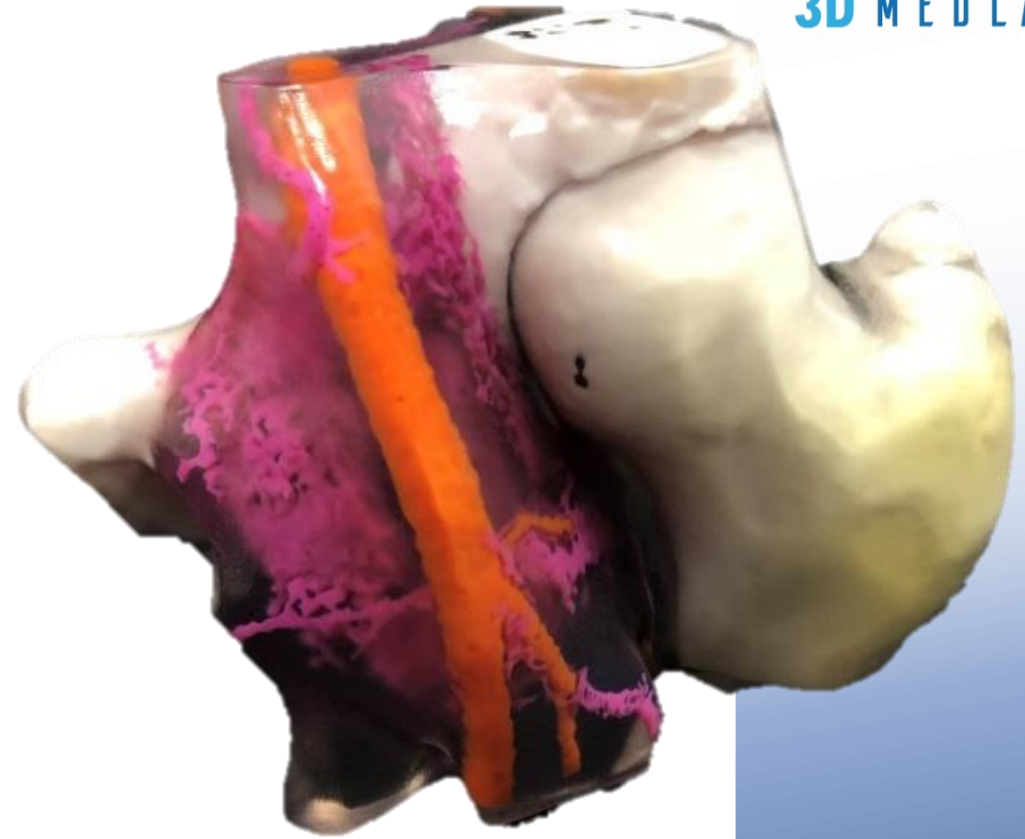
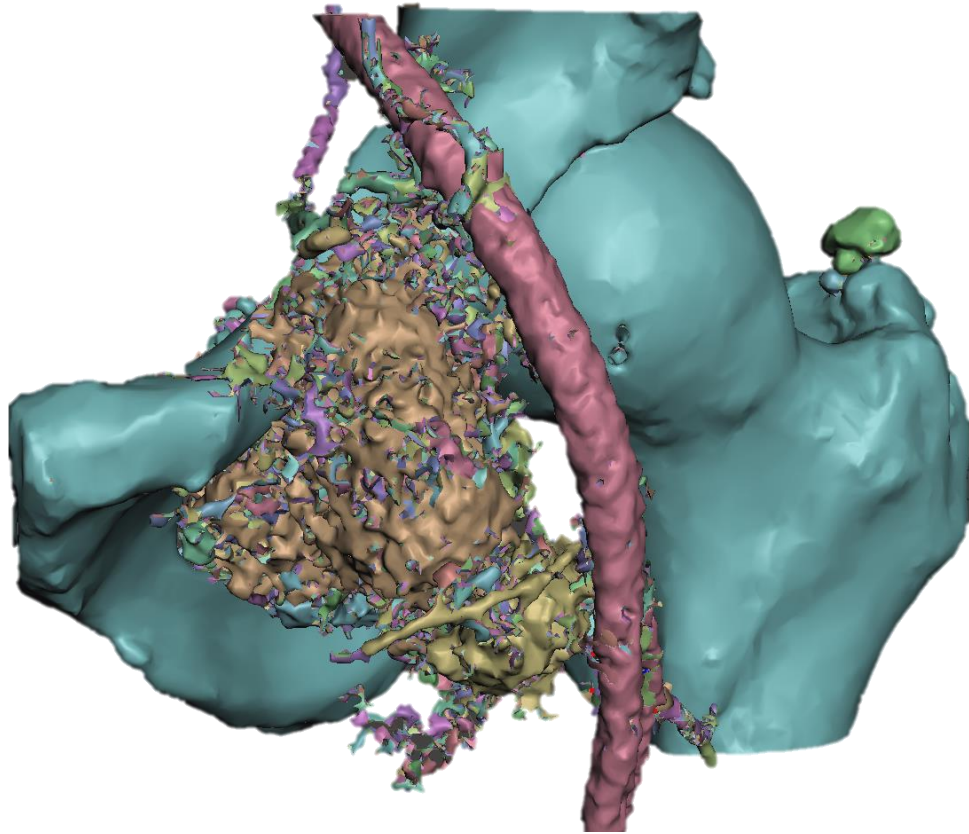
CONFIDENTIEL

- Formation du personnel médical
- Formation du patient
- Préparation à la chirurgie
- Aide à la chirurgie

2) Chirurgie orthopédique

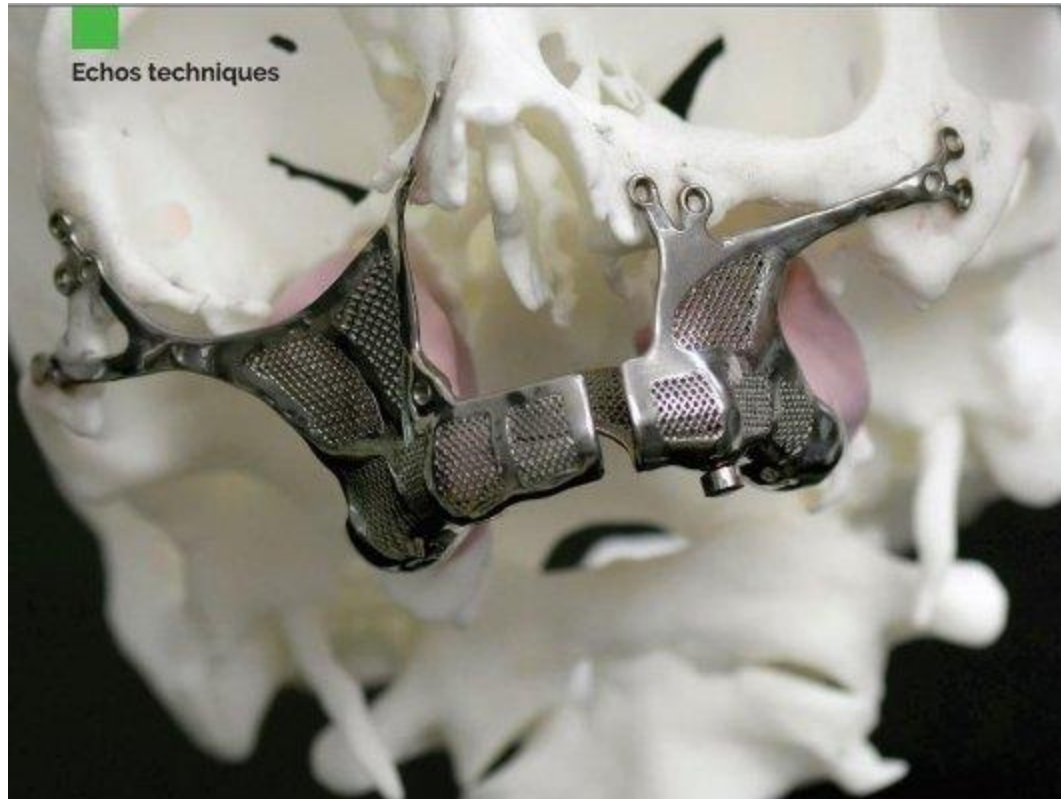
CONFIDENTIEL

- **Formation du personnel médical**
- **Formation du patient**
- **Préparation à la chirurgie**
- **Aide à la chirurgie**



- **Formation du personnel médical**
- **Formation du patient**
- **Préparation à la chirurgie**
- **Aide à la chirurgie**

3) Chirurgie maxillo-faciale



- Préparation à la chirurgie
- Aide à la chirurgie



- Formation du personnel médical
- Préparation à la chirurgie

1. SME. (2018). *2018 Medical Additive Manufacturing Report*
2. Garcia, J., Yang, Z., Mongrain, R., Leask, R. L., & Lachapelle, K. (2017). 3D printing materials and their use in medical education: a review of current technology and trends for the future. *BMJ Simulation and Technology Enhanced Learning*.
3. Lin, A., & Knight, B. (2015). Left atrial appendage closure. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 58(2), 195-201. doi:10.1016/j.pcad.2015.07.009
4. Pedersen, T. H., Gysin, J., Wegmann, A., Osswald, M., Ott, S. R., Theiler, L. and Greif, R. (2017), A randomised, controlled trial evaluating a low cost, 3D-printed bronchoscopy simulator. *Anaesthesia*, 72: 1005-1009. doi:10.1111/anae.13951
5. Zhoupeng, W. U., Yuan, D., Zhao, J., Yukui, M. A., Huang, B., Yang, Y., ... & Xiaojiong, D. U. (2018). The application of three-dimensional printing abdominal aortic aneurysm improve the teaching effect for the residents in vascular surgery department. *Chinese Journal of Medical Education Research*, 17(6), 611-615.
6. Anderson, P. A. (2019). 3D Printing for Education and Surgical Planning in Orthopedic Surgery. In *3D Printing in Orthopaedic Surgery* (pp. 55-63). Elsevier.
7. Corona, P. S., Vicente, M., Tetsworth, K., & Glatt, V. (2018). Preliminary results using patient-specific 3d printed models to improve preoperative planning for correction of post-traumatic tibial deformities with circular frames. *Injury*, 49, S51-S59.
8. Tack, P., Victor, J., Gemmel, P., & Annemans, L. (2016). 3D-printing techniques in a medical setting: a systematic literature review. *Biomedical engineering online*, 15(1), 115.
9. Cohen, A., Laviv, A., Berman, P., Nashef, R., & Abu-Tair, J. (2009). Mandibular reconstruction using stereolithographic 3-dimensional printing modeling technology. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 108(5), 661-666.
10. Garcia, J., AlOmran, M., Emmott, A., Mongrain, R., Lachapelle, K., & Leask, R. L. (2018). Tunable 3D printed multi-material composites to enhance tissue fidelity for surgical simulation. *Journal of Surgical Simulation*, 5, 87-98.



ZAC des Florides
13700 Marignane | France

24 rue Jean Baldassini
69607 Lyon | France