

Dossier

---

# L'impression 3D au service de la santé

*Réalisé par Coraline CHERBIT*

*Le 27/08/2014*

---

## SOMMAIRE

---

1. L'impression 3D : une technologie en plein essor dans le champ médical.....	3
1. Quelques rudiments sur l'impression 3D pour la santé .....	3
2. Quels sont les apports de cette technologie pour le médical ?.....	3
2. Des applications multiples pour la santé.....	4
1. Réalisation de maquettes pour préparer des interventions chirurgicales.....	4
2. Fabrication de dispositifs médicaux et prothèses .....	5
Dispositifs médicaux implantables .....	5
Dispositifs médicaux non-implantables.....	5
3. Impression de tissus et d'organes.....	5
Sources.....	6

L'impression 3D connaît un véritable essor dans le champ de la santé. Cette technologie semble prometteuse, tant pour le patient que pour le professionnel de santé. Différents objets peuvent être réalisés avec la fabrication additive : des maquettes d'éléments du corps humain pour préparer les interventions chirurgicales, des prothèses -implantables ou non-, et même des échantillons de tissus et d'organes.

## **I. L'IMPRESSION 3D : UNE TECHNOLOGIE EN PLEIN ESSOR DANS LE CHAMP MEDICAL**

---

### 1. Quelques rudiments sur l'impression 3D pour la santé

L'imagerie médicale (scanner, échographie, IRM, tomographie) permet de prendre des clichés du patient, qui peuvent ensuite être retouchés numériquement pour constituer des images en trois dimensions. L'imprimante 3D ainsi programmée aligne ensuite des couches de divers matériaux pour reconstituer l'objet.

Les matériaux utilisés dans ces imprimantes 3D sont choisis pour leur biocompatibilité et leurs propriétés fonctionnelles (résistance mécanique, porosité, etc.)

Ils peuvent être de différentes natures :

- Métaux (alliages en titane par exemple),
- Plastiques (PEKK notamment),
- Céramiques de synthèse,
- Résines.

La reproduction de tissus mous, pour le cas d'une tumeur, est difficile : les techniciens radiologues et ceux chargés de la maquette doivent distinguer les contours réels des tissus mous sur l'imagerie en amont de la fabrication, puis utiliser des matériaux adéquats pour une bonne reproduction de l'élément.

Concernant la bio-impression (impressions de tissus vivants), les chercheurs utilisent une sorte de pâte contenant des cellules.

### 2. Quels sont les apports de cette technologie pour le médical ?

La fabrication additive apporte un certain nombre d'avantages par rapport à des méthodes plus classiques de fabrication :

- Les opérations sont plus rapides et plus précises lorsque le chirurgien s'est entraîné sur des organes imprimés en 3D, ce qui permet au patient de récupérer plus rapidement.
- Les impressions de prothèses ou autres implants sont davantage personnalisées qu'une fabrication standard, et peuvent être réalisées sur le site même de l'opération du moment que le service de chirurgie dispose d'une imprimante 3D.

- Dans le cas de l'impression d'organes, la fabrication additive offrirait de fortes perspectives car cela éviterait les rejets de greffe par le corps humain puisque le tissu serait directement prélevé sur le patient, cela pallierait le manque d'organes à transplanter.

En revanche, le coût de l'impression 3D est important pour le moment et le temps de réalisation peut être long pour des impressions complexes. Aussi, des limites technologiques existent encore, sur le bio-printing notamment.

## II. DES APPLICATIONS MULTIPLES POUR LA SANTE

---

L'impression 3D permet plusieurs applications possibles dans le champ de la santé :

- la réalisation de maquettes d'organes ou os à taille réelle pour l'entraînement des chirurgiens avant l'opération,
- l'élaboration de dispositifs médicaux, implants, prothèses, exosquelettes personnalisés,
- et enfin ce qui fait l'objet de nombreuses recherches actuellement, à savoir l'impression de tissus et organes biologiques.

### 1. Réalisation de maquettes pour préparer des interventions chirurgicales

Ces maquettes d'organes ou d'éléments du corps humain sont utilisées par les étudiants et les chirurgiens pour s'exercer à des gestes nouveaux ou difficiles.

L'élaboration d'une maquette d'un cœur d'un nouveau-né<sup>1</sup> atteint de malformations cardiaques a permis à un chirurgien américain de s'entraîner à cette opération complexe avant l'intervention.

La reproduction d'une tumeur<sup>2</sup> (neuroblastome) a permis à des chirurgiens espagnols de s'entraîner sur cette opération difficile du fait de sa localisation (proche de vaisseaux sanguins et artères).

Un kit d'anatomie par impression 3D<sup>3</sup> a été élaboré pour la formation médicale des étudiants, pour remplacer les cadavres coûteux et difficiles à obtenir.

Une autre application de l'impression 3D est la préparation d'implants faciaux : à Dijon, le service de chirurgie maxillo-faciale du CHU a acquis une imprimante 3D qui permet la reproduction du crâne des patients avec des plastiques reproduisant la densité osseuse. Des plaques de titane ont été ajustées sur cette reproduction<sup>4</sup>, pour être ensuite implantées sur le vrai crâne du patient.

## 2. Fabrication de dispositifs médicaux et prothèses

La fabrication additive permet des impressions sur mesure à partir des caractéristiques anatomiques du patient obtenues par imagerie médicale.

### **Dispositifs médicaux implantables**

Le premier implant d'une prothèse conçue par la fabrication additive<sup>5</sup> a eu lieu en 2012 ; il s'agissait d'une mandibule de mâchoire en titane.

En début d'année, la Food & Drug Administration a autorisé la mise sur le marché d'un implant crânien élaboré par impression 3D. Cela a permis le remplacement à 75% du crâne d'un patient américain<sup>6</sup>.

Dernièrement, le premier implant vertébral réalisé en impression 3D<sup>7</sup> a été posé par un médecin lyonnais. L'implant avait été élaboré par la société Medicea basée à Lyon également.

Une autre start-up de la région Rhône-Alpes s'est distinguée lors du Concours Mondial de l'Innovation organisé par Anne Lauvergeon : One Ortho. Cette entreprise stéphanoise développe des implants sur mesure. Son projet : « mettre en place une chaîne numérique permettant de concevoir et de fabriquer, via l'impression 3D des implants d'articulation et des instruments chirurgicaux sur mesure »<sup>8</sup>.

### **Dispositifs médicaux non-implantables**

Pour éviter les troubles musculo-squelettiques, BMW expérimente l'utilisation de l'impression 3D pour fabriquer des prothèses ergonomiques pour ses ouvriers<sup>9</sup> (coques en polyuréthane pour protéger le pouce), dans son usine de Munich. Cela pourrait éviter aux salariés effectuant des gestes répétitifs de contracter des maladies professionnelles.

Ekso Bionics a annoncé le premier exosquelette hybride<sup>10</sup> ayant des pièces imprimées en 3D, qui permet à des personnes paralysées de remarcher.

## 3. Impression de tissus et d'organes

Les dispositifs médicaux présentés ci-dessus sont constitués de matière inerte : qu'en est-il de l'impression de matière vivante cellulaire, qui intègre une quatrième dimension, temporelle ?

La bio-impression ou bio-printing fait l'objet de nombreuses recherches.

Le laboratoire INSERM « Bio-ingénierie tissulaire » de Bordeaux est un des pionniers en Europe sur l'impression de tissus *in vitro* et *in vivo* avec une technologie laser<sup>11</sup>. Le principe est le même que les impressions 3D de matière inerte, à savoir l'assemblage couche par couche de matériau, vivant cette fois-ci. Depuis 2005, l'équipe de recherche est parvenue à imprimer des cellules de la couche superficielle de la peau et phanères (ongles, poils, cheveux). Actuellement, les chercheurs travaillent sur l'impression de tissus de cornée et de la peau, ainsi que de cellules imprimées directement dans l'os de souris vivantes.

Ces bio-impressions ont des applications dans le domaine pharmaceutique, cosmétique et la médecine régénérative.

Fabien Guillemot, chercheur de ce laboratoire à l'INSERM confirme<sup>12</sup> qu'il faudra encore quelques années avant de pouvoir imprimer des organes: « Concernant les applications cliniques, imprimer des organes tels que le cœur ou le rein reste aujourd'hui du domaine du rêve en raison de leur complexité. Par contre, on peut raisonnablement envisager les premiers essais cliniques d'ici moins de dix ans pour des tissus plus simples tels que la cornée, la peau ou l'os. »

Une start-up californienne, Organovo, a dévoilé en janvier 2014 le premier micro-tissu fonctionnel, un bout de foie qui produit de l'albumine, protéine impliquée dans plusieurs fonctions physiologiques. Elle s'est associée avec une université australienne pour mettre au point un rein fonctionnel entièrement fabriqué par impression 3D<sup>13</sup>.

### III. SOURCES

---

<sup>1</sup> « Le cœur d'un bébé opéré grâce à une impression 3D », *Sciences et Avenir*, 27 février 2014, URL : <http://www.sciencesetavenir.fr/sante/20140227.OBS7957/le-c-ur-d-un-bebe-opere-grace-a-une-impression-3d.html>

<sup>2</sup> « Des impressions 3D pour la préparation d'interventions chirurgicales », *Bulletins électroniques*, 18 juillet 2014, URL : <http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/76411.htm>

<sup>3</sup> « Des membres imprimés en 3D pourraient remplacer les cadavres dans la formation médicale », *Industrie et technologies*, 24 juillet 2014, URL : <http://www.industrie-techno.com/des-membres-imprimes-en-3d-pourraient-remplacer-les-cadavres-dans-la-formation-medicale.31450>

<sup>4</sup> « L'impression 3D au service de la reconstruction faciale », *Techniques de l'ingénieur*, 11 juillet 2014, URL : [http://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/high-tech-thematique\\_193/l-impression-3d-au-service-de-la-reconstruction-faciale-article\\_231412/](http://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/high-tech-thematique_193/l-impression-3d-au-service-de-la-reconstruction-faciale-article_231412/)

<sup>5</sup> « Première greffe d'une mâchoire intégrale imprimée en 3D », *Industrie et technologies*, 14 février 2012, URL : <http://www.industrie-techno.com/premiere-grefe-d-une-machoire-integrale-imprimee-en-3d.12717>

<sup>6</sup> « Imprimé en 3D, un implant remplace 75 % du crâne d'un Américain », *Futura-Sciences*, 12 mars 2013, URL : <http://www.futura-sciences.com/magazines/sante/infos/actu/d/medecine-imprime-3d-implant-remplace-75-crane-americain-45142/>

<sup>7</sup> « Un premier implant vertébral imprimé en 3D... et français ! », *3d natives*, 14 juillet 2014, URL : <http://www.3dnatives.com/implant-vertebral-imprime-3d/>

<sup>8</sup> « One Ortho. Christophe Alepée veut séduire Anne Lauvergeon », *Le Journal des Entreprises*, Juin 2014, URL : <http://www.lejournaldesentreprises.com/editions/69/industrie/biotechnologies-sante/one-ortho-christophe-alepee-veut-seduire-anne-lauvergeon-06-06-2014-226509.php>

<sup>9</sup> « Un pouce imprimé en 3D pour les ouvriers de BMW à Munich », *L'Usine Digitale*, 10 juillet 2014, URL : <http://www.usine-digitale.fr/article/un-pouce-imprime-en-3d-pour-les-ouvriers-de-bmw-a-munich.N274001>

<sup>10</sup> « 3D Systems Prints First Hybrid Robotic Exoskeleton Enabling Amanda Boxel To Walk Tall », *3d systems*, 18 février 2014, URL : <http://www.3dsystems.com/press-releases/3d-systems-prints-first-hybrid-robotic-exoskeleton-enabling-amanda-boxel-walk-tall>

<sup>11</sup> « Inserm - Impression 3D Laser du vivant : une approche innovante à Bordeaux », *La Gazette du laboratoire*, 10 juillet 2014, URL : <http://www.gazettelabo.fr/breves/breves.php?id=3790>

<sup>12</sup> « Les promesses de l'impression 3D pour la recherche médicale », *Le Figaro Santé*, 13 mai 2013, URL : <http://sante.lefigaro.fr/actualite/2013/05/07/20484-promesses-limpression-3d-pour-recherche-medicale>

<sup>13</sup> « Un rein fonctionnel bientôt imprimé en 3D ? », *Sciences et Avenir*, 27 mai 2014, URL : <http://www.sciencesetavenir.fr/sante/20140527.OBS8614/un-rein-fonctionnel-bientot-imprime-en-3d.html>

#### **Autres sources utilisées pour le dossier :**

« 7 3-D Printing Breakthroughs That Matter for Medtech », *QMED*, 2014, URL : <http://www.qmed.com/mpmn/gallery/7-3-d-printing-breakthroughs-matter-medtech>

« L'impression 3D en médecine : la chirurgie d'abord », *Le Figaro Santé*, 9 mai 2014, URL : <http://sante.lefigaro.fr/actualite/2014/05/09/22329-limpression-3d-medecine-chirurgie-dabord>

« Quand l'impression 3D se met au service de la santé », *Sciences et avenir*, 29 mars 2014, URL : <http://www.sciencesetavenir.fr/sante/20140328.OBS1696/video-quand-limpression-3d-se-met-au-service-de-la-sante.html>