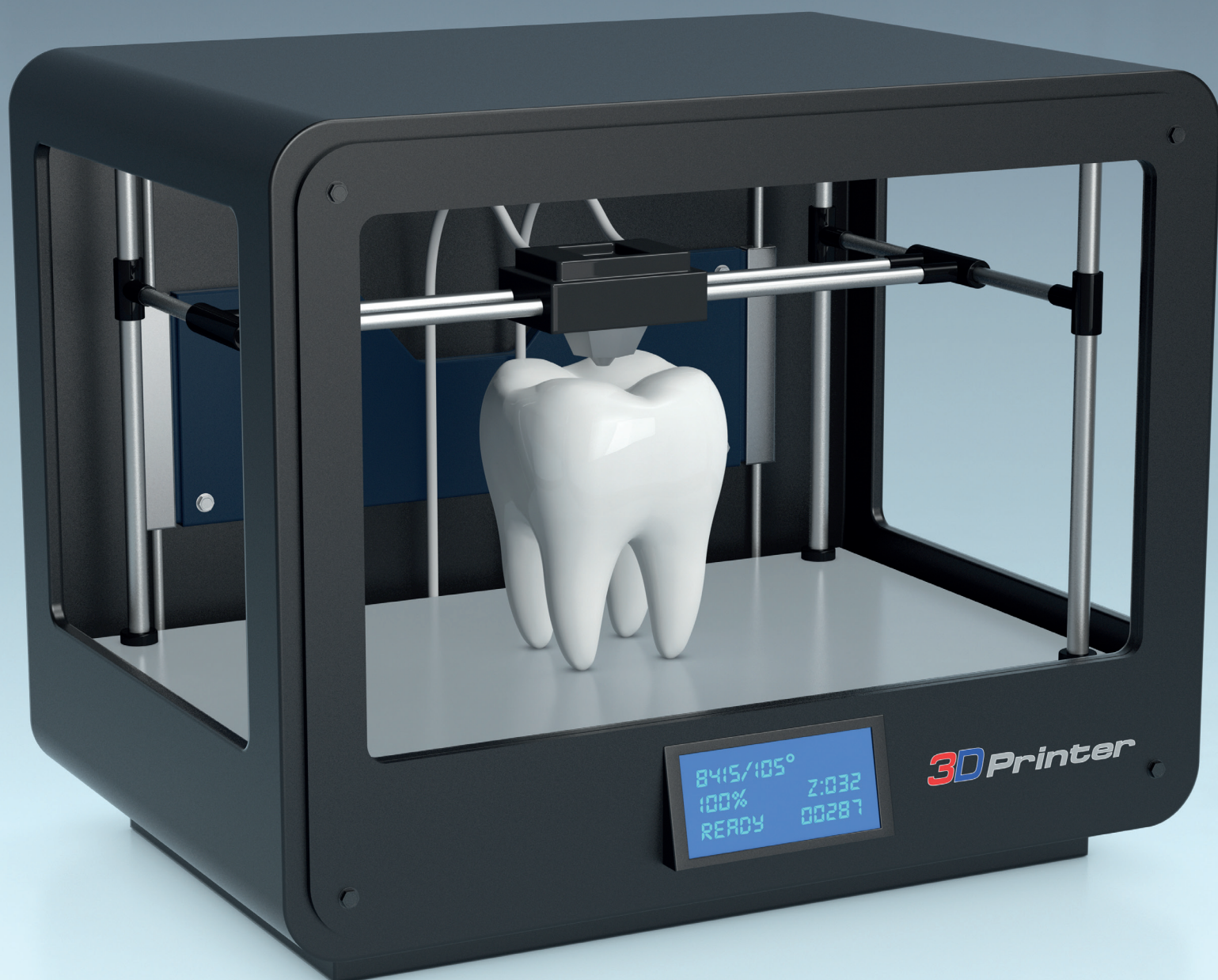


# La bio-impression : l'avenir de la dentisterie ?

Les objets connectés comme les tablettes ou les scanners intra-buccaux, la numérisation des techniques font partie de la « R-évolution numérique ». Tout comme l'impression 3D qui connaît sa variante pour la dentisterie : l'impression 3D « bonne matière ». Où en est-on ? Zoom sur une technologie d'avenir.



« Nous avons fait récemment un état des lieux à propos de la 3D bonne matière, avec **Bertrand Busson**, prothésiste dentaire au sein de la société **wiShape**. Pour l'instant, imprimer de la céramique en dentisterie ressemble à un doux rêve, même si cela est en cours de développement par la société **3D Ceram Prodways** à l'université de Nancy. Cependant, si celui-ci devait se réaliser, il y aurait à l'avenir moins de perte qu'avec l'usinage. Cela permettrait d'ailleurs d'imprimer des pièces dans le respect le plus strict de l'économie tissulaire », explique le **Dr Arnaud Soenen**, chirurgien-dentiste à Bordeaux.

Lorsque l'on parle d'« impression 3D bonne matière », il faut en premier lieu comprendre qu'il s'agit d'un modèle additif. Cette technologie permet d'ajouter de la matière couche par couche ; (Fig.1 et 2) à l'inverse de l'usinage qui travaille selon un modèle soustractif. Et, en termes d'application, alors que l'usinage est plus orienté pour faire de la série (connectique implantaire ou encore implants), l'impression 3D va être plus orientée sur le prototype et la pièce personnalisée ; (Fig.3 à 5).

A l'heure actuelle, l'objectif est de tendre vers l'impression 3D « bonne matière ». En d'autres termes, « un chirurgien-dentiste va souhaiter par exemple se procurer un produit et il va obtenir celui-ci en supprimant les intermédiaires. Et c'est ce vers quoi l'on veut tendre en dentisterie aujourd'hui », précise le Dr Arnaud Soenen. Plus précisément, « l'impression 3D va permettre la réalisation de modèles de travail tels que des modèles de couronnes, des facettes d'essayage et la production de gouttières en orthodontie » ; (Fig.6, 7).

## GUIDES CHIRURGICAUX OU COURONNES CALCINABLES

En dentisterie, les applications pour l'impression 3D peuvent correspondre à des guides chirurgicaux ou des couronnes calcinables. Celles-ci seront imprimées le plus souvent en résine ; (Fig.8 et 9). Pour autant, certaines étapes de fonderie (métallurgie ou des étapes de pressées de céramique) sont à prendre en compte. Aujourd'hui de nouveaux procédés de fabrication faisant appel à l'impression et à l'usinage émergent, notamment en implantologie pour l'impression des armatures reprises par usinage au niveau des connectiques implantaires ; (Fig. 10 à 12). Selon **Thomas Fortin**, chirurgien-dentiste à Bourgoin-Jallieu et maître de conférence, il y a un engouement majeur aujourd'hui pour tout ce qui est *bio-printing* (c'est-à-dire l'impression de céramique). En revanche, la communauté scientifique pense que « la science sera moins invasive et plus efficace ».

## LES LIMITES DE L'IMPRESSION DIRECTE DE CÉRAMIQUE

« L'une des limites aujourd'hui de l'impression 3D concerne le problème du liant et/ou du frittage », explique le praticien Arnaud Soenen. En effet, la réalisation d'impression directe de céramique se heurte à cette limite. En pratique, le problème réside dans le fait que la céramique n'est pas « monocomposante car en effet celle-ci fait du résidu ». Pour autant, il est déjà possible d'imprimer de la céramique à l'heure actuelle. Mais il y a aussi une limite de coût puisque les imprimantes valent à l'heure actuelle entre 350 000 à 1 million d'euros. Selon le praticien, les perspectives à envisager dans le futur pour la 3D bonne



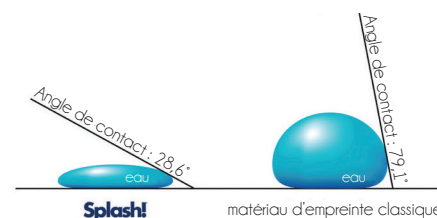
# Splash!

Un matériau d'empreinte VPS sur lequel vous pouvez compter.

Splash!® est un matériau d'empreinte dédié aux cliniciens qui recherchent un matériau d'empreinte VPS fiable et précis. Splash! présente d'excellentes propriétés d'élasticité, une résistance maximale à la déchirure et un bon goût de fruits rouges que vos patients adoreront.

Disponible en deux temps de prise, en cinq viscosités différentes. Splash! est le matériau superhydrophile incontournable pour toutes vos techniques d'empreinte.

Un excellent rapport qualité-prix pour une haute fiabilité.



Une hydrophilie augmentée (angle de contact : 28,6°) permet des empreintes plus précises.



Fig.1

Fig.1 : Première mâchoire imprimée en 3D (courtoisie Bertrand Busson).

Produit vendu par :



06.14.68.21.72  
contact@adentdentialsolutions.com

www.adentdentialsolutions.com

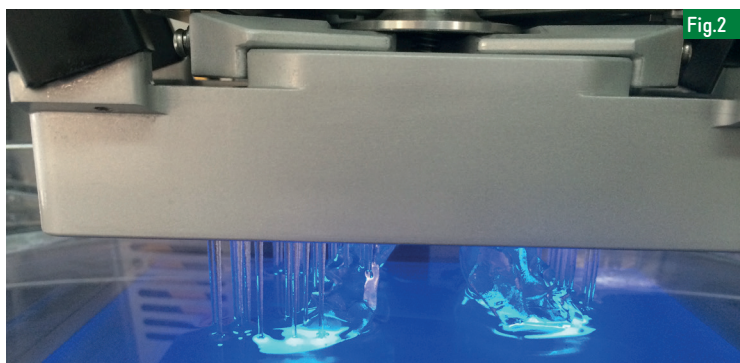


Fig.2

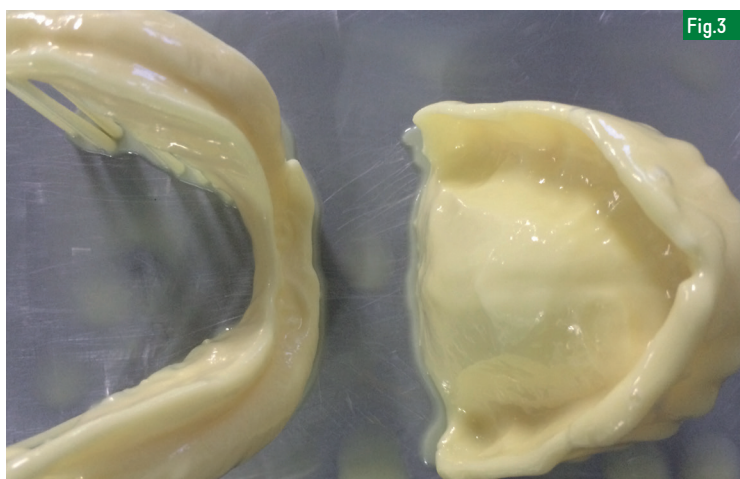


Fig.3

Fig.2 : Impression par technique SLA. Fig.3 : Portes-empreinte individuels imprimés. Fig.4 : Modélisation guides implantaires avant impression. Fig.5 : Modélisation guide chirurgical avant impression. Fig.6 : Modèles orthodontiques imprimés. Fig.7 : Modèle de travail stéréolithographique.

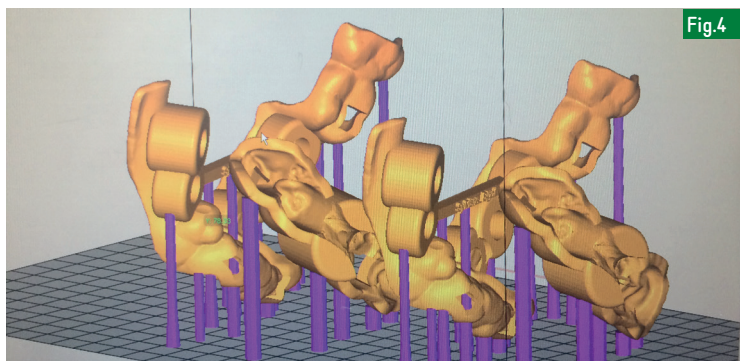


Fig.4

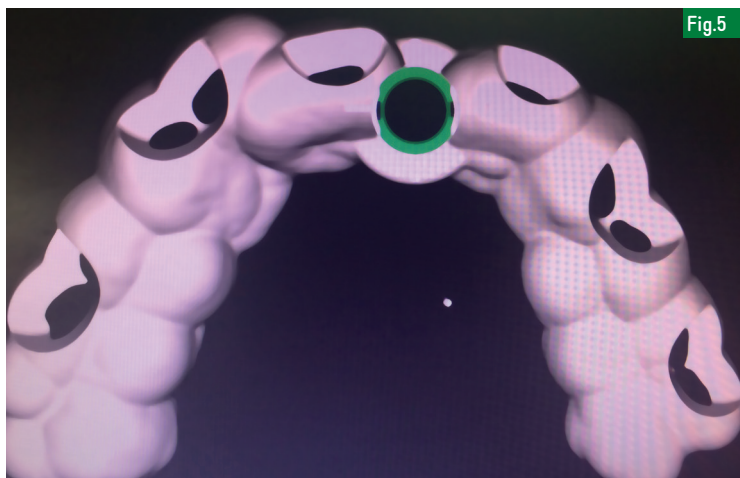


Fig.5

matière seraient la mise en place d'imprimantes « 3D bonne matière » céramique qui supplanteraient les usinesuses de table présentes au sein des cabinets et des laboratoires.

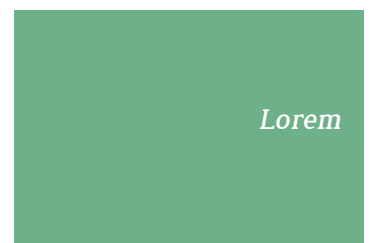
L'impression 3D permet aujourd'hui la réalisation de modèles de travail, de modèles de couronnes de *Bridges*, de reproductions de mâchoire *via XRay*, de facettes d'essai ainsi que la production de gouttières orthodontiques, de guide chirurgicaux et de couronnes transitoires ; (Fig.13 et 14). Dans le futur, les professionnels rêveraient d'avoir des imprimantes dotées de cartouches spécifiques à chaque type de matière et tendre ainsi vers l'impression 3D de façon généralisée.

### GREFFON ALLOGÉNIQUE PAR TUNNELISATION

#### Apport de l'imprimante 3D

En France ainsi que dans d'autres pays du globe, la science ne sait pas imprimer à l'heure actuelle de l'os en 3D, ce qui serait un apport majeur pour l'implantologie. Toutefois, les technologies 3D pourraient modifier les techniques de greffes, aujourd'hui bien décrites. Elles le pourraient de deux manières, en permettant de sculpter des formes complexes ; (Fig.15) pour combler des défauts

osseux mais également en améliorant les capacités de revascularisation des greffons, tout d'abord par la modification des techniques chirurgicales. Avant l'intervention, une impression tridimensionnelle de la zone à greffer est réalisée à partir de l'imagerie tridimensionnelle. On obtient alors un modèle stéréolithographique qui est la réplique exacte de l'os et des dents du patient. Le jour de l'intervention, c'est d'ailleurs sur ce modèle stéréolithographique stérile que le greffon sera mis en forme ; (Fig.16) avant d'être inséré sur le site receveur par tunnelisation ; (Fig.17) pour maintenir la vascularisation.



Lorem

La stéréolithographie ou SLA (*Stereolithograph apparatus*) est un processus basé sur le principe de « photo-polymérisation » ayant pour but de « créer des modèles en résines acrylates ou époxy et en ABS, de toute taille et de géométrie complexe », avec une grande précision.

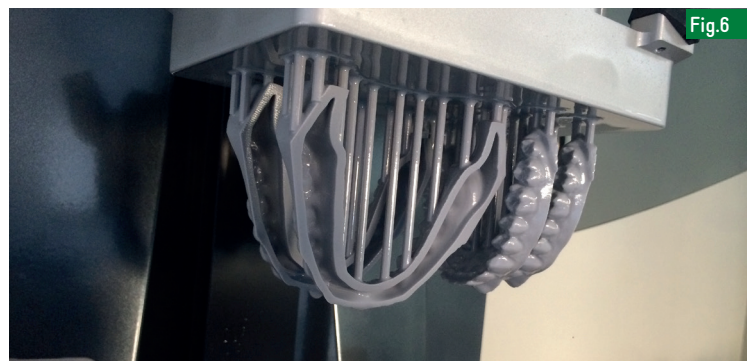


Fig.6



Fig.7



Fig.8



Fig.9

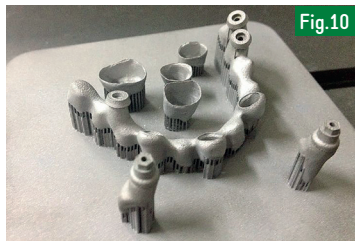


Fig.10

Fig.8 : Chapes résine imprimées.  
Fig.9 : Châssis pour PAMP imprimés en résine calcinable. Fig.10 : Armature et connectique implantaire imprimées par frittage Laser (source Z tech groupe Biotech courtoisie C.Sireix). Fig.11 : Armature implantaire Co Cr imprimée et usinée (source Z tech groupe Biotech courtoisie C. Sireix).

Leur fabrication est rendue possible grâce à un fichier numérique 3D obtenu via un logiciel de CAO tel que *Solid-Works*, *Sculpt* ou *Maya* par exemple. Ce fichier, souvent au format STL, est transmis à la machine. Grâce à cela, un second logiciel réalise alors une découpe du modèle en plusieurs couches d'impression d'épaisseur fixe.

Dans les faits, selon Thomas Fortin, chirurgien-dentiste à Bourgoin-Jallieu et

maître de conférence, « *actuellement il est possible de fraiser l'os avec une machine-outil. En pratique nous prenons un cube d'os hyophilisé également appelé allogreffe puis nous modelons la greffe à partir d'une image 3D. Ensuite, avec un scanner, nous prenons la mesure de la surface d'un défaut osseux et cela permet ainsi de combler ce qu'il manque. En effet, à partir de cette image de synthèse 3D, il est possible de reconstituer le volume osseux manquant* ».



Fig.11

Cad Cam Co-Cr Laser and Milled

À terme, ce que l'on souhaiterait c'est avoir de l'impression 3D pour faire de l'os car l'on aimerait inclure dans la matrice osseuse des précurseurs de la vascularisation, c'est-à-dire des cellules qui permettent de relancer le flux sanguin non seulement aux limites externes du greffon mais également au centre de celui-ci. Car, sans cela, l'ischémie au centre limite la néoformation osseuse. Actuellement il est possible d'améliorer la revascularisation du greffon par deux méthodes : soit par la chirurgie, la tunnelisation soit par la modification du greffon par l'apport de précurseurs de la vascularisation. C'est l'une des ambitions scientifiques actuelles : « *utiliser la technique de l'impression 3D pour fabriquer des matrices osseuses et inclure des précurseurs de la vascularisation ; ce que l'on ne sait pas faire a priori aujourd'hui. Plus précisément, à partir du moment où l'on met une cellule sur un matériau quel qu'il soit ses propriétés peuvent évoluer d'une part et il est extrêmement difficile d'autre part, voire impossible aujourd'hui de maintenir en vie cette cellule pendant toutes les phases d'élaboration du tissu osseux (stérilisation, packaging, envoi aux praticiens et aux chirurgiens, mise en place sur le site chirurgical)* », précise Thomas Fortin. Clairement, c'est la grande limite à l'impression de tissus biologiques vivants aujourd'hui.

Aujourd'hui, la recherche en est à ses balbutiements. Ce qui est certain c'est que devant les limites du *bio-printing*, « *il y a un regain d'intérêt pour la chimie pour la mise au point de substituts osseux qui seraient des améliorations notoires à l'hydroxyapatite* », commente Thomas Fortin. A l'avenir, il serait possible d'utiliser de l'impression 3D pour recréer des matrices osseuses synthétiques sans constituants vivants grâce à la chimie et à l'impression 3D ainsi que les couronnes 3D dentaires.



Fig.12

Fig.12 : Chapes pour couronnes implantoportées imprimées et connectiques rectifiées par usinage (source Z tech, groupe Biotech courtoisie C.Sireix).

## À SAVOIR

### LES GRANDES DATES DE L'IMPRESSON 3D

- 1984 : Premier brevet français
- 1986 : Première machine d'impression ayant sans doute imprimé cette mâchoire offerte au Pr François Duret dans les années 1980 ; (Fig.14)
- 1987 : SLS « Frittage Laser sélectif » plastique Nylon
- 1988 : FDM « Fused Deposition Modeling » ABS PLA Polycarbonate PET
- 1993 : VP « Vector Printing » Cire
- 1993 : 3DP BJ « 3D printing » poudre et colle
- 1995 : Apparition de la fusion Laser métal Germany
- 1996 : Le canon à électron. En 1997 EBM « Electron Beam Melting »
- 1999 : Apparition du Polyjet et du MJM en impression
- 2002 : Système SFS DLP résine
- 2006 : Application en Laser additive directe pas utilisé en dentaire : IREPA Laser, EasyCLAD Systems, BeAM Machines, Optomec, Rapid Manufacturing
- 2007 : MLT Moving Light Technologie FR Résine UV



Fig.13 : Châssis pour PAPM imprimés par frittage Laser.



Fig.14 : Gouttières imprimées.



Fig.15 : Greffon de forme complexe.

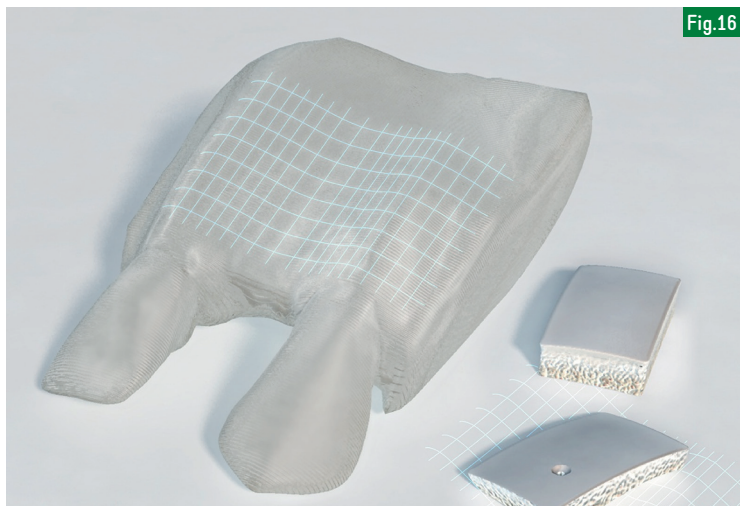


Fig.16 : Le greffon est façonné à la main sur la reproduction en stéréolithographie du patient ou sur le modèle en 3D du patient avant d'être mis en bouche par tunnelisation.

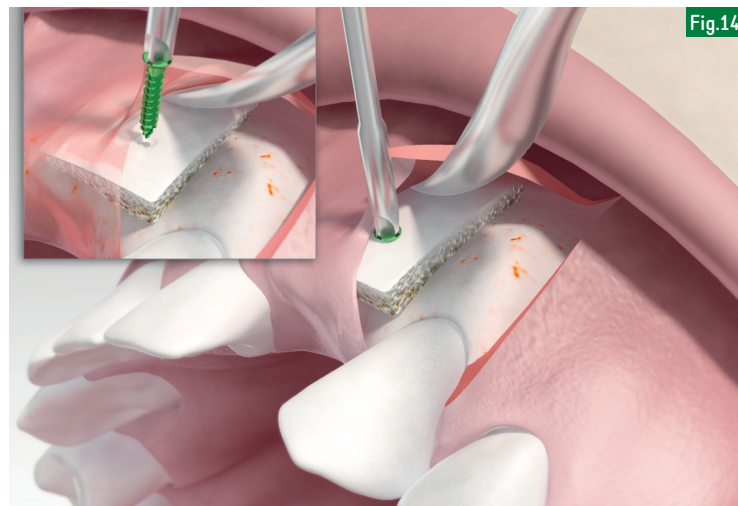


Fig.17 : Technique de tunnelisation.

D'une manière générale le développement des technologies numériques pourrait profondément impacter le statut des professionnels de la santé. En effet, si à l'avenir on peut produire des pièces

sur mesure, des logiciels seront également capables de proposer des options thérapeutiques, par exemple la position des implants en fonction du type d'édentement, se baser sur des recommandations, utiliser la technique du *Big Data* faisant ainsi évoluer notre fonction vers un statut « d'officiers de santé ». Certains philosophes s'empareraient notamment de ce type de débat, soulignant que

l'e-santé ou de manière plus générale ce que l'on nomme la vie algorithmique remettrait en cause, d'une certaine manière, la façon de pratiquer et d'exercer.

Pour Thomas Fortin « il faudrait clairement trouver un juste milieu. Cela pose une question plus large : avons-nous envie de vivre dans une société où la performance est toujours mise en avant ? ».

La réponse appartient à l'avenir. En 2025-2030, l'Intelligence Artificielle devrait exploser. Des géants comme *Google* ont investi en France et, plus précisément, sur le plateau de Saclay pour pouvoir permettre son développement. ■

## À SAVOIR

### LA BIO-IMPRESSION EN DENTISTERIE : COMMENT ÇA MARCHE ?

La bio-impression s'applique à tous les domaines d'application de la médecine. Il peut s'agir de la peau, de greffes de foie ou encore de rein. L'idée étant de pouvoir recréer des organes grâce à cette ingénierie tissulaire de haut vol.

Le principe est simple : des gouttelettes d'encre biologique formées de couches successives vont se superposer les unes aux autres. Elles permettent ainsi de former un tissu en trois dimensions. Plus

précisément, pour cela il existe trois types de technologies :

- L'impression au jet d'encre : « La tête d'impression projette des microgouttelettes d'un liquide contenant des cellules. L'éjection est provoquée par un procédé thermique ou piézoélectrique ».
- La bioextrusion : « les constituants des tissus sont poussés mécaniquement à travers une microseringue ».
- La bio-impression par laser :

« Les motifs de la cellule sont obtenus par balayage laser à raison de 10 000 impulsions par seconde, chaque impulsion générant une microgouttelette. Il s'agit à l'heure actuelle de la technique la plus récente : celle-ci permet de réaliser des dessins complexes et une bonne viabilité des cellules qui ne subissent pas de contrainte mécanique ».

« L'impression par transfert assisté par laser » est aujourd'hui

La méthode qui fonctionne le mieux, précise Arnaud Soenen, chirurgien-dentiste à Bordeaux.

« Si l'on devait se projeter dans le temps et pousser cette évolution à sa phase finale cela permettrait de créer un homme bionique immortel ». À ce sujet, « il faut d'ailleurs saluer les travaux de Fabien Marino Guillermo » de l'Inserm (Institut national de la recherche de la santé) qui fait notamment référence à l'impression 3D cellulaire ».

