



## NOUVELLES TECHNOLOGIES

PAR J.F. COBLENTZ

# Les technologies d'impression 3D additives révolutionnent le secteur dentaire

La fabrication additive a, d'ores et déjà, touché nombre de secteurs et d'industries, offrant des avantages essentiels en termes de productivité, coûts, personnalisation et délais de fabrication. C'est particulièrement le cas dans le secteur dentaire car elle permet de s'adapter plus facilement à chaque pathologie et à chaque patient. La société américaine de conseil QY Research projette que le chiffre d'affaire de l'impression 3D dentaire, aux USA, serait de \$930 millions pour l'année 2025. Ceci représenterait un taux de croissance annuel de 17%, chaque année entre 2020 et 2025. Cette croissance s'expliquera, d'un côté, par l'accroissement de la demande mais aussi, et surtout, par le développement constant des technologies 3D et, plus que tout, de leurs matériaux. On parle donc là de nouveaux débouchés.

L'impression 3D dentaire regroupe plusieurs procédés, que ce soit la fusion de filament (essentiellement en orthodontie), la stéréolithographie (résines) ou, plus récemment, le frittage direct de métal. Cela recouvre donc une très grande variété de matériaux : plastiques, résines, céramiques, métaux, etc., pour une large gamme d'applications.

L'impression 3D dentaire facilite la création de guides chirurgicaux, de couronnes, de réhabilitations complexes, de dentiers, chaque solution étant adaptée au patient avec grande précision. L'orthodontie n'est pas en reste, avec

des dispositifs fabriqués directement en numérique aussi divers que des gouttières, des appareils dédiés au bruxisme (Figure 1), à l'apnée du sommeil ou des plaques palatines.



Figure 1 : gouttière de bruxisme

Mais quelles sont les technologies à privilégier et pour quelles applications ? Comment les professionnels du dentaire réagissent-ils face à la montée de l'impression 3D et, par dessus tout, comment arrivent-ils à suivre les bouleversements des technologies et à se former ?

Le secteur dentaire est catégorisé en familles d'acteurs. Ils ont des besoins, ou des demandes, assez complémentaires pour la production de dispositifs médicaux sur mesure (gouttières, plaques, couronnes, bridges, remplacements osseux, etc.). Le praticien réalise les empreintes puis les envoie au laboratoire avec une prescription. Ce dernier

fabrique alors le dispositif. Le processus traditionnel prend quelques jours, sans compter les allers retours entre le cabinet et le laboratoire et sans garantie que son dispositif soit adapté dès le premier essai. Les procédés traditionnels sont donc longs, coûteux et peuvent manquer de précision. L'arrivée des technologies 3D vient chambouler cette organisation et les processus de travail (Figure 2).



Figure 2 : arcade bicolore

## Les technologies d'impression 3D dentaire et leurs matériaux

Quand on parle de fabrication additive dentaire, plusieurs technologies sont impliquées. Dépôt de matière fondue (bien connue maintenant en ODF), photopolymérisation ou fusion laser sur lit de poudre, solidification de poudre métal, leur choix dépendra majoritairement des applications qu'on souhaite en faire. Chaque procédé a bien entendu ses avantages et inconvénients. Les filaments plastiques fondus, par exemple, permettront de produire des pièces avec un coût de quelques dizaines de centimes et avec une absence de traitement après impression. En revanche, la rapidité, la précision et les aspects de biocompatibilité ne sont pas au rendez-vous. Généralement, cette technologie permettra de créer des modèles dentaires en orthodontie qui seront utilisés pour étudier un cas ou thermoformer des gouttières, que ce soit pour l'alignement, le blanchiment ou la contention. On commence toutefois à voir apparaître des solutions dentaires biocompatibles, imprimées en 3D avec du PEEK. Les avantages des prothèses partielles en PEEK sont nombreux. C'est un matériau solide et léger qui viendra améliorer le confort du patient. Le cadre de la prothèse est produit sans métal et sera entièrement neutre en termes de goût (Figure 3).



Figure 3 : dent imprimée en PEEK

Pour le moment, le PEEK, ou ses très nombreux dérivés, ont un handicap : les imprimantes qui savent l'utiliser sont chères, nettement plus que celles utilisant l'ABS ou le PLA. Autre procédé de fabrication additive utilisé dans le secteur dentaire, et sûrement le principal : la photopolymérisation (les résines). Que ce soit la stéréolithographie ou le DLP, cette technologie offre une précision beaucoup plus élevée, avec des niveaux de détails importants et surtout, donnent accès à des matériaux biocompatibles. Des impressions plus précises et une biocompatibilité, cela permet de créer des appareils plus ajustés. La finition est beaucoup moins complexe, ce qui réduit le temps de fabrication et d'ajustement. Et il est très facile de changer de matériau et d'imprimer pour différentes applications (Figure 4).



Figure 4 : deux arcades en main

Ceci est très bénéfique pour l'industrie dentaire. Côté applications, cette technologie offre davantage de possibilités en raison de sa très grande précision ; on parlera alors de guides chirurgicaux, des couronnes et bridges provisoires, d'éléments calcinables (stellites), de gouttières de contention, d'apnée,... et, depuis peu, de bridges et couronnes définitives (en céramique et, depuis peu, en Zirconie!). Il y a même des imprimantes qui impriment directement avec les dégradés de teintes pour éviter (ou réduire) le maquillage.

Enfin, la fabrication additive métal monte très vite en puissance dans la production dentaire, principalement pour produire des implants, des stellites ou des chapes en nickel-chrome, des plaques palatines (Figure 5), des disjoncteurs ...



Figure 5 : plaque complète

Tout ceci requiert une production soutenue pour amortir des investissements pouvant atteindre plusieurs centaines de milliers d'euros et impose des compétences associant informatique, industriel et dentaire, ce que peu de prothésistes ont pris le risque de faire, pour le moment. Les machines d'impression métal 3D, également, nécessiteront parfois un travail de post-traitement plus important, réduisant alors la productivité. En échangeant avec un prothésiste dentaire, il nous a expliqué qu'une couronne réalisée par usinage nécessite 15 minutes de travail, en impression 3D céramique, 12 à 18 minutes tandis que par impression 3D métal, il faut compter 5 heures d'impression (en 2021 !). Le bilan est que, en termes de coût par unité fabriquée, la fabrication additive est, de beaucoup, la solution la plus intéressante (dans un rapport de 1 à 10 environ).

## Un processus dématérialisé

C'est entériné, les technologies 3D apportent davantage de précision et réduisent les délais de fabrication (qui peuvent passer, en effet, de quelques jours à quelques heures, permettant, dans certaines conditions, de ne faire venir le patient qu'une fois). Mais quelles sont les nouvelles étapes à suivre lors de la création de dispositifs dentaires imprimés en 3D ?

L'empreinte physique doit être remplacée par une empreinte numérique 3D réalisée par le praticien avec une caméra qui va reconstruire en 3D et en temps réel les surfaces des dents et des gencives. La précision obtenue est supérieure à celle obtenue par les méthodes traditionnelles et le risque d'erreur tombe à zéro (ou presque, selon les caméras). Ce fichier 3D est envoyé par internet au laboratoire dentaire,

donc mis à disposition de l'artisan en quelques secondes. Le laboratoire lit l'empreinte numérique et modélise, dans un logiciel, la morphologie de la pièce à produire, en tenant compte des paramètres des dents et des gencives, les interférences avec les autres dents numérisées, voire la forme du sourire du patient avec certains appareils. En cas de doute, un rapide échange par écran partagé avec le praticien permet de valider la pièce. Le fichier 3D est alors envoyé en production sur une imprimante 3D. Il ne reste plus qu'à emballer (éventuellement thermoformer) et retourner le travail au cabinet. Toutes les configurations de flux numériques sont possibles. Le processus peut ne prendre que quelques heures, voire quelques minutes, ce qui permet, dans certains cas (laboratoire interne au cabinet), de ne faire venir le patient qu'une seule fois. A la clé, une logistique et des délais de production réduits, un dispositif personnalisé et bien plus adapté à la morphologie du patient. Toute l'organisation des cabinets est donc à repenser, pour le meilleur.

Les praticiens et les prothésistes devront s'équiper en outils 3D et/ou en imprimantes mais aussi maîtriser un logiciel de CAO spécialisé ou non, un obstacle pour beaucoup de professionnels aujourd'hui. Les piliers essentiels à ces nouvelles méthodes de travail sont les caméras intra-orales 3D, le logiciel de CAO et l'impression 3D. Généralement, on observe un point de résistance au niveau du logiciel, les débuts sont toujours délicats. C'est le principal obstacle à la diffusion de ces techniques. Une nouvelle fois, l'informatique bouscule les habitudes et, par dessus tout, les formations professionnelles qui restent en retard, et en particulier dans le domaine des orthèses.

## Quel avenir pour l'impression 3D dentaire ?

Si les technologies 3D présentent des avantages non négligeables pour le secteur, leur adoption peut toutefois effrayer certains praticiens car elle impose une nouvelle logique de travail, donc d'organisation, des formations aux logiciels et aux matériels. Mais le cap du doute est passé et la confiance à accorder à ces procédés innovants est largement entérinée. Aujourd'hui, plus de 50% des laboratoires français se sont équipés de scanners 3D et d'usineuses et, déjà, 20% d'imprimantes 3D.

En orthodontie, on atteint 80% de taux d'équipement en 3D numérique. Ces laboratoires ont enregistré une croissance de leur rentabilité 2019 de 30%, preuve que le numérique apporte de véritables gains pour les professionnels du dentaire. La formation joue un rôle crucial. C'est pourquoi

de nombreuses entreprises de production investissent dans ce domaine afin de mieux comprendre la technologie et ses applications cliniques. On pense ici à des laboratoires d'orthodontie qui ont créé un véritable écosystème numérique pour simplifier flux et prises de décision. Enfin, d'autres technologies peuvent être impliquées et donner des résultats auxquels on ne penserait pas immédiatement ! Exemple, la proposition BruXense (Figure 6), avec des gouttières bardées de capteurs pour étudier en direct le port de l'appareil et mesurer les résultats. Autre exemple, la production directement avec des dégradés de teintes Vita que proposent DWS (figures 7, 8 et 9), Ivoclar ou Bego

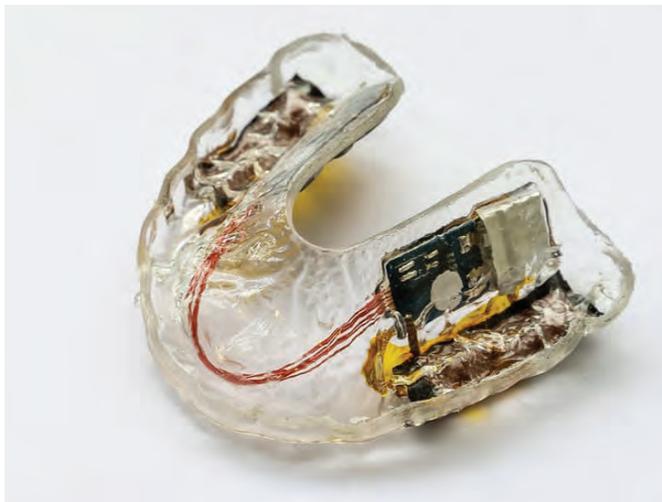


Figure 6 : bruxense



Figure 7 : couronnes



Figure 7 bis : bridge 3 dents



Figure 8 : dégradés



Figure 9 : impression de dents

L'avenir est encourageant pour le secteur de l'impression additive 3D dentaire. De plus en plus de passionnés voient la technologie comme un bon moyen d'améliorer l'efficacité et la sécurité de leurs gestes. En 2018, le rapport de SmarTech Publishing affichait une prévision de croissance annuelle de l'impression 3D dentaire de 35%, atteignant les \$9,5 milliards en 2027 (au niveau mondial) – le rapport prenant en compte le matériel et les consommables d'impression (matériaux et accessoires) en 3D. L'usinage, dans cette même étude, serait alors en assez forte régression. Le chiffre d'affaire de la production par impression 3D est censé doubler celui de l'usinage, en valeur, dès 2022.

Encore bien des bouleversements sont à venir, du point de vue technologique, s'entend...

## Et la loi dans tout cela ?

Du strict point de vue production, la réglementation sur les dispositifs médicaux a évolué ces dernières semaines, transcription de textes européens qui devaient être mis en place depuis bien longtemps.

Ceci fera l'objet d'un projet article. ■