

Prothèses dentaires imprimées pour la première fois

Un effort collaboratif sur la technique et l'économie
Par André Gaul, T.P.A.D. et Hung Hsuan Lin, D.D.

Le sujet des prothèses imprimées en 3D fait jaser depuis un certain temps. Les publicités dans la littérature dentaire et les médias sociaux en témoignent certainement. Mais compte tenu de la quantité de questions que nous recevons chez DenPlus Inc à leur sujet, il est évident qu'ils restent quelque peu énigmatiques pour beaucoup. Les questions les plus fréquentes sont pourquoi, comment se comparent-elles aux prothèses en acrylique traditionnelles et valent-elles l'investissement initial, qui, en toute honnêteté, peut être assez élevé une fois que tous les éléments requis sont pris en compte. Ce dernier point est particulièrement pertinent auprès des cliniques ou laboratoires petites et moyennes qui fabriquent principalement ou exclusivement des prothèses amovibles. Une autre préoccupation est la vitesse à laquelle les technologies deviennent obsolètes. En effet, les équipements à la pointe de la technologie aujourd'hui peuvent devenir le presse-papier de demain avant qu'elles ne soient rentabilisées, ce qui incite beaucoup à simplement fermer les yeux sur les avantages potentiels.

Cependant, au cours des dernières années, les imprimantes 3D moins dispendieuses et les plates-formes de conception CAO alternatives ont donné naissance à des solutions beaucoup plus abordables qui n'étaient pas disponibles auparavant. Les options de résine 3D pour les prothèses dentaires demeuraient néanmoins, limitées au Canada en raison de l'exigence d'homologation des dispositifs médicaux de CLASSE II, un processus coûteux et compliqué que peu de fabricants de résine sont prêts à entreprendre. Lentement mais sûrement, de nouvelles résines émergent à l'horizon. Keystone Industries, entre autres, travaille sur sa propre formulation de résine 3D pour base prothétique, dont la sortie est prévue dans un proche avenir, sous la gamme KeyPrint.

En 2019, peu de temps après la sortie de leur résine KeySplint Soft pour plaques occlusales imprimées, DenPlus Inc a enquêté pour savoir si celles-ci étaient à la hauteur de leur médiatisation. Cette fois-ci, ce sont les prothèses imprimées qui sont dans notre mire. Afin d'essayer de répondre à certaines des questions entourant celles-ci, nous avons décidé de faire une analyse approfondie. En mai de l'année dernière, j'ai invité un ami denturologue, M. Hung Hsuan Lin, qui n'avait aucune expérience préalable dans la conception de prothèses numériques ou l'impression 3D, à participer. Avec l'un de ses patients consentants en remorque, nous avons commencé le projet. Notre objectif était de produire un ensemble complet de prothèses imprimées en 3D, du début à la fin, en utilisant les moyens les plus abordables à notre disposition, d'évaluer en cours de route le processus de fabrication par rapport à la méthode traditionnelle, et enfin, comment ils se comparent aux prothèses traditionnelles en termes de confort du patient, de fonction, d'esthétique et de durabilité.

La première étape consistait à choisir un scanner 3D. Alors que nous avons accès à un scanner intra-oral, cela a été rapidement exclu. Premièrement, son prix sortait en dehors de notre critère d'abordabilité, et deuxièmement, la méthode pour obtenir des empreintes fonctionnelles en bouche avec un scanner intra-oral est encore trop expérimentale. Au lieu de cela, nous avons opté pour le scanner de table le plus abordable que nous avons, le DS-EX de Shining 3D (Image 1) qui se vend environ 7500,00\$C.



Image 1 Scanner de table DS-EX

L'élément suivant sur la liste était le logiciel de CAO. Bien que nous avons accès à la suite exocad, nous avons senti une fois de plus qu'elle ne répondait pas au critère d'abordabilité et avons plutôt examiné les plates-formes «payer à l'usage» telles que Blue Sky Plan et Dentca Design. Tandis que Blue Sky Plan offre une option, bien que limitée, pour utiliser des dents de plaques, nous étions davantage intrigués par la plate-forme Web de Dentca. Puisque notre objectif était de produire des prothèses entièrement imprimées, y compris les dents, nous avons opté pour celles-ci. Au moment d'écrire ces lignes, le coût est de 40,00 \$us par ensemble complet, qui comprend une commande d'ajustement gratuite et les commandes d'ajustement subséquentes d'un même cas à moitié prix. Nous avons trouvé que c'était tout à fait raisonnable.



Welcome to Dentca Design

Start a New Project



[Browse Projects](#)

Image 2 Page maison Dentca Design

Pour notre imprimante 3D, nous avons opté pour la plus abordable que nous avons, la Phrozen Sonic 4K (Image 3) qui se vend autour de 1800.00\$C.



Image 3 Phrozen Sonic 4K 2022

Enfin, pour les matériaux d'impression 3D, Keystone Industries nous a fourni sa résine en développement KeyPrint KeyDenture Base. Pour l'impression des dents, nous avons opté pour une résine 3D pour dents prothétiques que nous avons à notre disposition et qui est disponibles au Canada.

La plateforme Dentca Design nécessite trois scans numériques : Les modèles fonctionnels supérieur et inférieur ainsi que les boudins de cire en occlusion. Si le patient a des prothèses existantes, elles peuvent être utilisées à la place des boudins. Cela peut être un gain de temps important car il élimine la nécessité d'empreintes primaires ainsi que la fabrication de plaques de base et de boudins en cire. Un autre avantage vient lors de la configuration des dents, que j'explique plus loin dans le processus. Dans notre cas cependant, nous avons opté pour l'approche conventionnelle consistant à prendre des empreintes primaires, suivies de la numérisation des modèles en pierre, pour ensuite concevoir numériquement des porte-empreintes individualisés (Images 4 et 5).



Image 4 Numérisation du modèle supérieur



Image 5 Numérisation du modèle inférieur primaire

Avec ces numérisations des modèles primaires, nous avons conçu les porte-empreintes supérieur et inférieur à l'aide du logiciel gratuit *Modifier* de Zirkonzahn (Image 6).

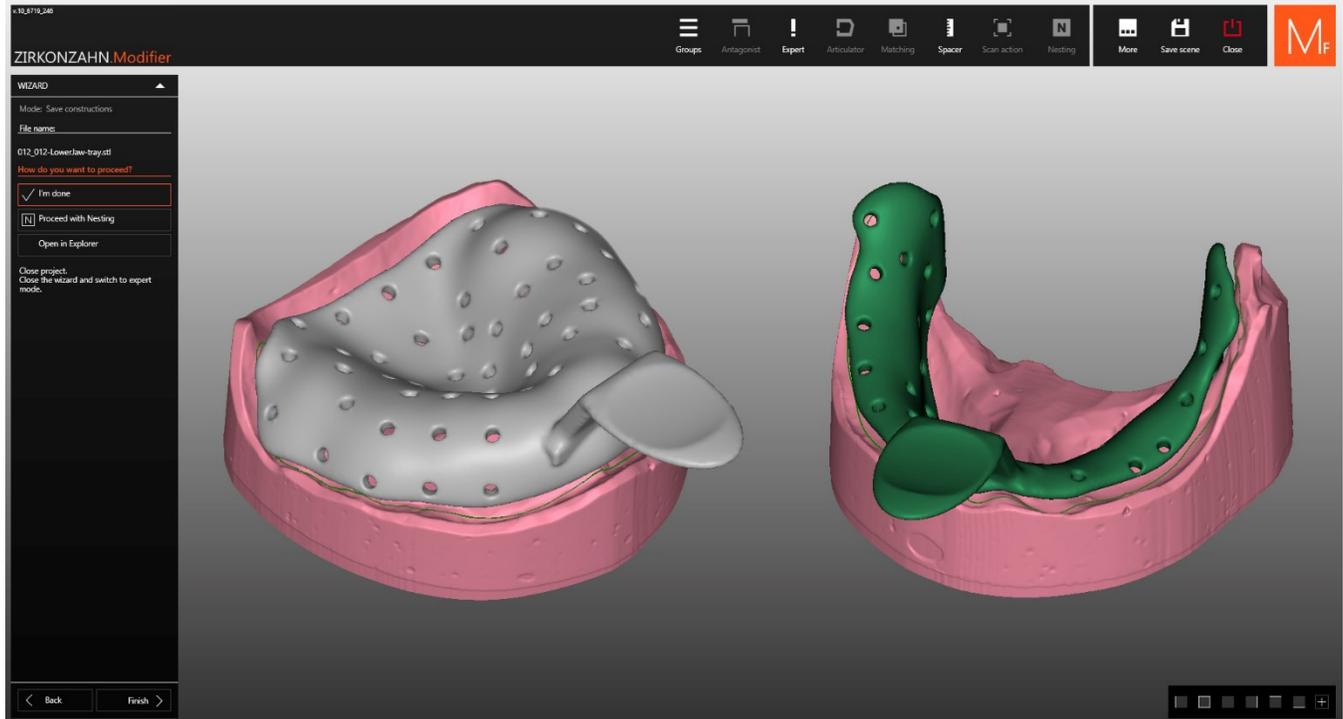


Image 6 Conceptions de porte-empreintes personnalisés supérieurs et inférieurs conçus dans Zirkonzahn Tray Modifier

Ce processus fut fluide et simple, ne nécessitant que d'importer les scans, tracer la marge de chacun des porte-empreintes et de sélectionner le motif de perforation ainsi que le type et la position de la poignée.

Ceux-ci furent imprimés en résine KeyPrint KeyTray de Keystone Industries (Image 7).



Image 7 Porte-empreintes imprimés 3D

Pour des raisons de biocompatibilité, nous a dit un consultant de Keystone Industries, le temps d'impression de cette résine est assez long sur la Sonic 4K (plus de 6 heures), mais à part ça, l'imprimante a parfaitement exécuter la tâche. Il va sans dire que pendant que vos pièces s'impriment, vous êtes occupé à faire autre chose. Il est également courant de démarrer les longues tâches d'impression à la fin du quart de travail afin que les pièces soient prêtes le lendemain matin.

Les empreintes fonctionnelles furent prises lors de la 2e visite (Image 8), ainsi qu'un registre d'occlusion et des mesures du plan occlusal et de la DV.



Image 8 Empreintes fonctionnelles

Les modèles furent coulés en pierre et mis en articulation et les plaques base et boudins en cire furent produits de manière conventionnelle. Enfin, les modèles et les boudins furent numérisés.



Image 9 Le spray d'occlusion à faible coût (Diaswiss Occlusion Spray) peut servir de spray CAD lors de la numérisation des boudins en cire



Image 10 Boudins en cire et modèles prêts à être scannés

Le processus d'obtention des trois scans avec le DS-EX s'est déroulé en moins de 10 minutes (Images 11 à 13). Nous sommes alors passés à l'étape suivante.

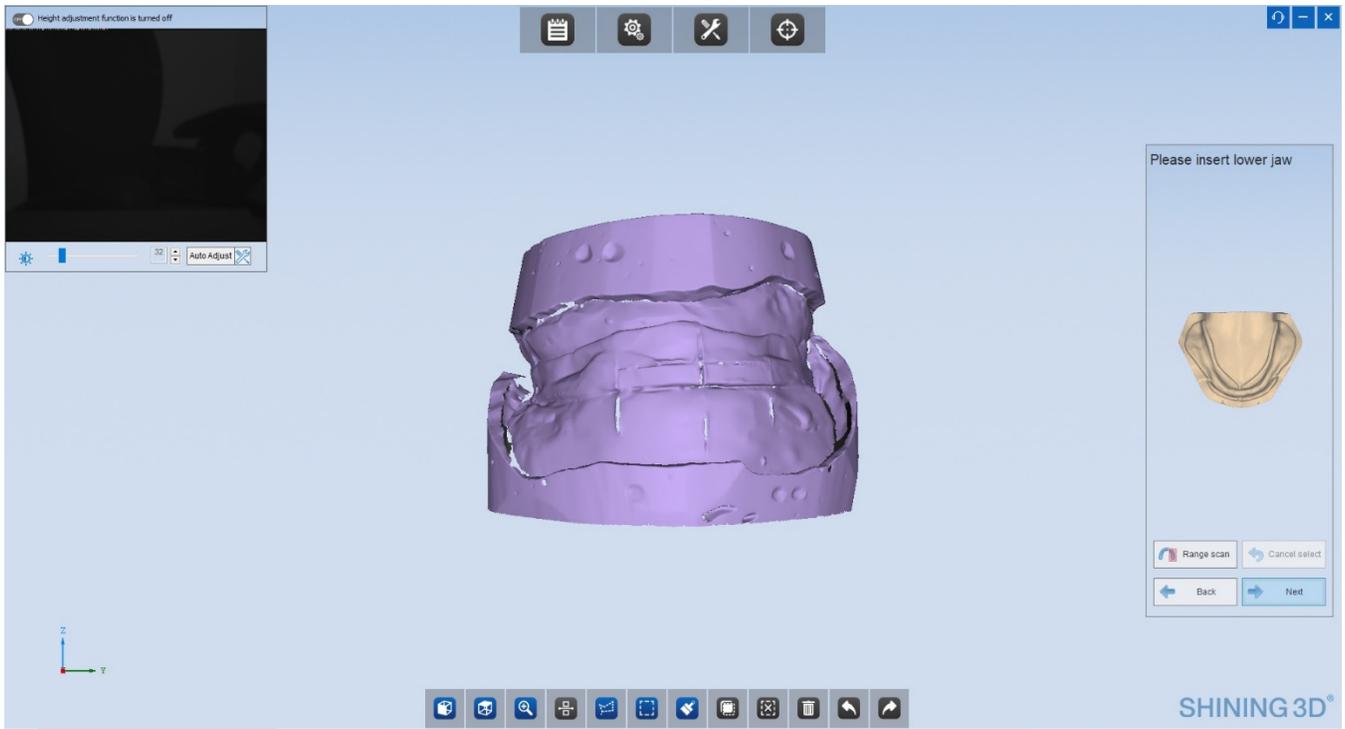


Image 11 Numérisation terminée des boudins en cire

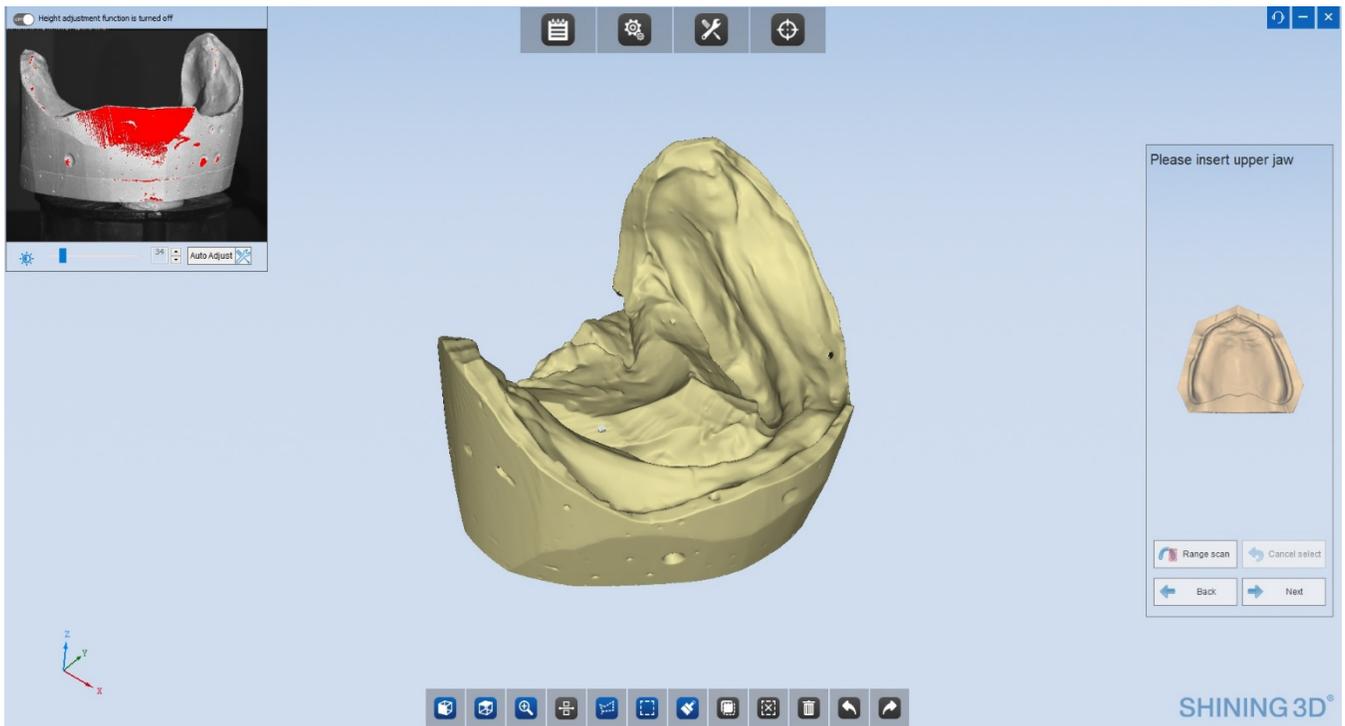


Image 12 Numérisation terminée du modèle inférieur

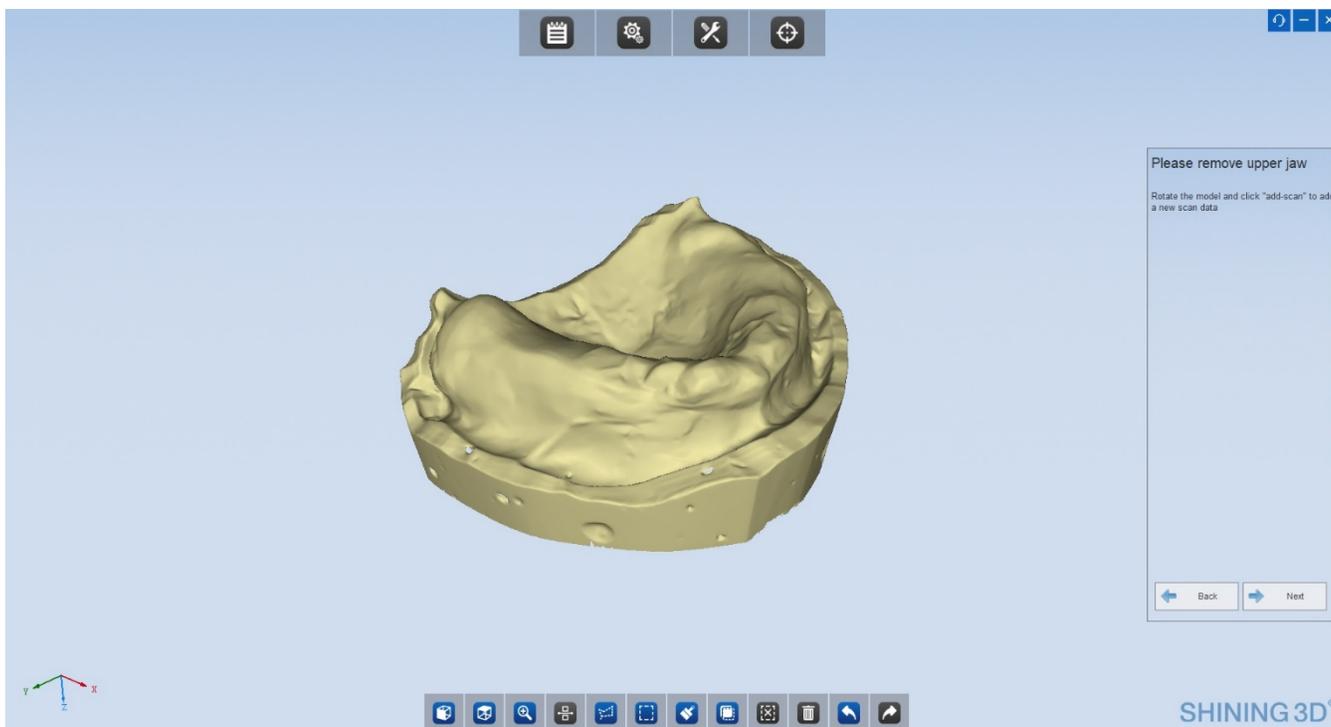


Image 13 Numérisation terminée du modèle supérieur

Pour utiliser le logiciel CAO Dentca, un compte doit d'abord être créé en saisissant vos informations personnelles. Aucun numéro de carte de crédit n'est requis à ce stade. Vous pouvez alors démarrer un projet. Dans notre cas, il s'agissait d'un ensemble complet pour un patient mâle dans une occlusion de CLASSE I.

Le processus de conception est décomposé en étapes chronologiques, depuis l'importation des scans, la mise en place des marqueurs d'alignement, l'identification des repères anatomiques et le traçage du repli muqueux, jusqu'à la définition du plan occlusal et de la ligne médiane, le choix des moules de dents et de la classe d'occlusion ainsi que le type de la caractérisation gingivale et de scellement palatin. L'interface utilisateur est directe et simple. Jusqu'à ce que la conception soit finalisée, il est possible de revenir en arrière pour apporter des modifications à n'importe quelle étape du processus (Images 14 à 17).

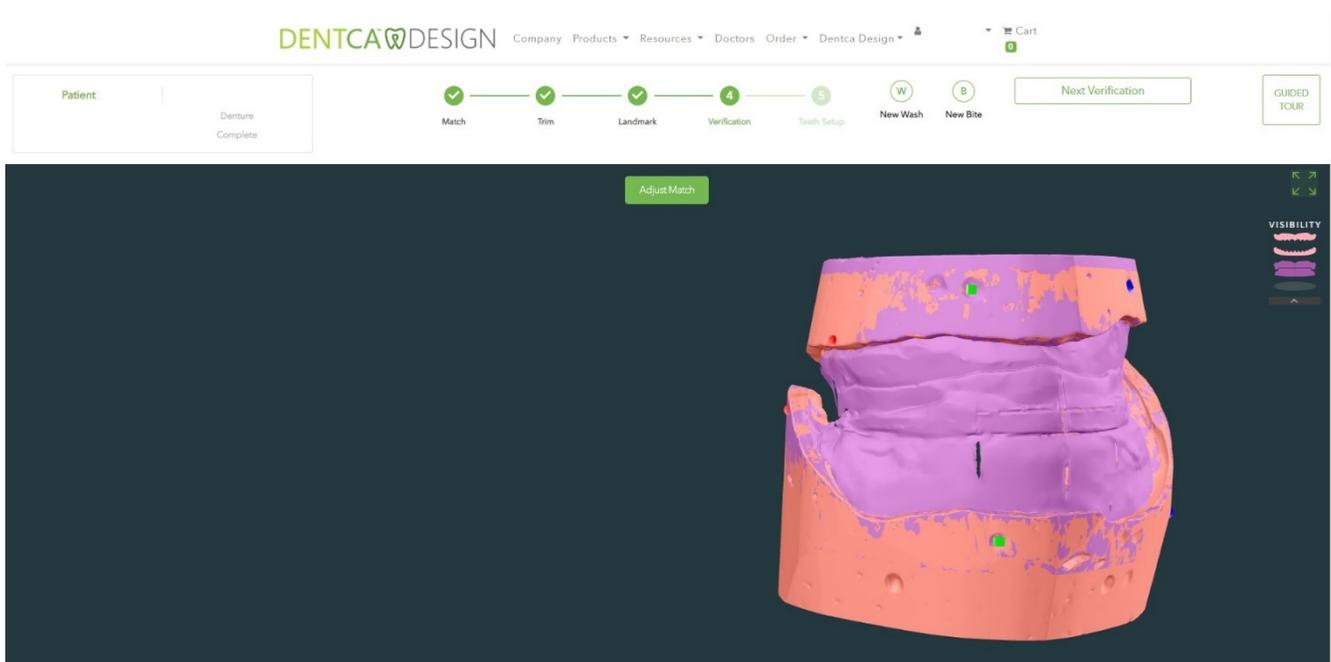


Image 14 Étape d'alignement des numérisations

La bibliothèque de dents de Dentca se compose principalement de moules Kulzer Mondial et Mondial I en petites, moyennes et grandes tailles. Pour notre patient, le moule Mondial moyen dans un arrangement standard de CLASSE I semblait être le meilleur choix.

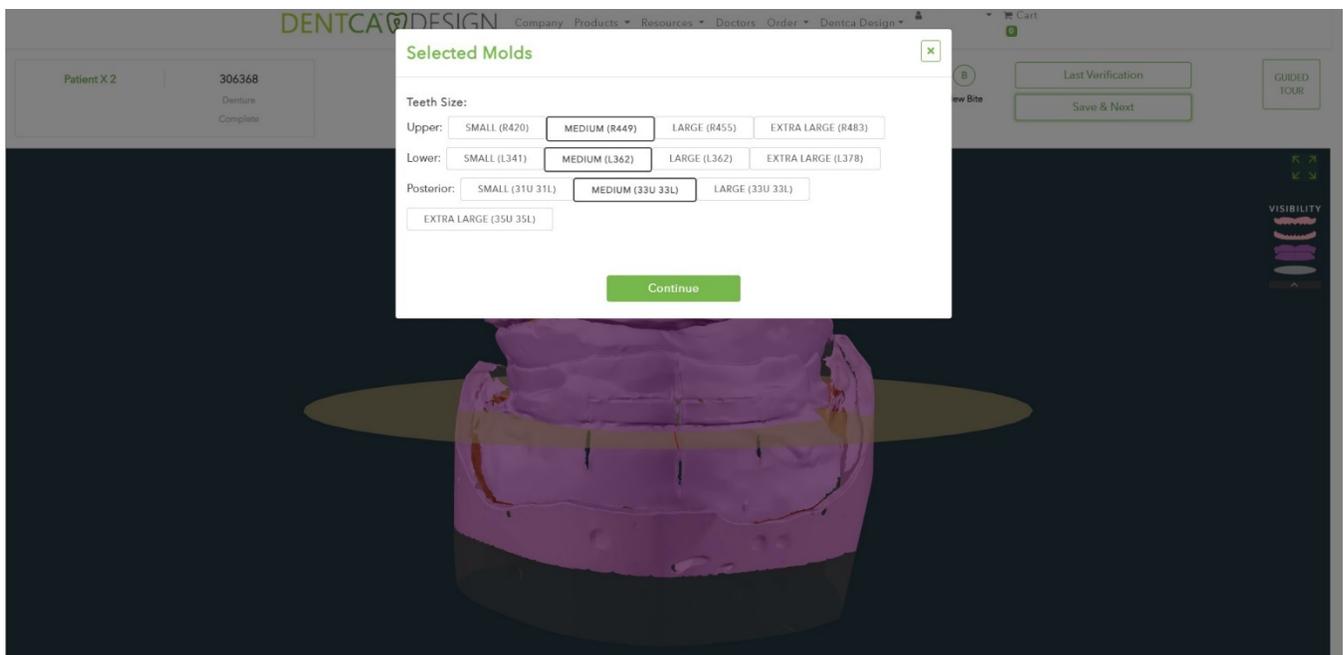


Image 15 Étape de sélection des dents

C'est à cette étape que l'utilisation de prothèses existantes au lieu de boudins peut être utile. Les dents existantes et leur position peuvent accélérer la sélection des dents ainsi que le placement du plan occlusal et de la ligne médiane, minimisant ainsi le besoin d'avoir à apporter des modifications après le premier essai.

Les dents supérieures et inférieures sont automatiquement placées dans la position estimée idéale en fonction de la crête résiduelle, des repères anatomiques et de la classe d'occlusion. À partir de là, des ajustements peuvent être effectués par groupes, segments ou dents individuelles. Les mouvements mandibulaires sont arbitraires, de la même manière qu'ils le seraient sur un articulateur Arcon standard.



Image 16 Étape du positionnement des dents

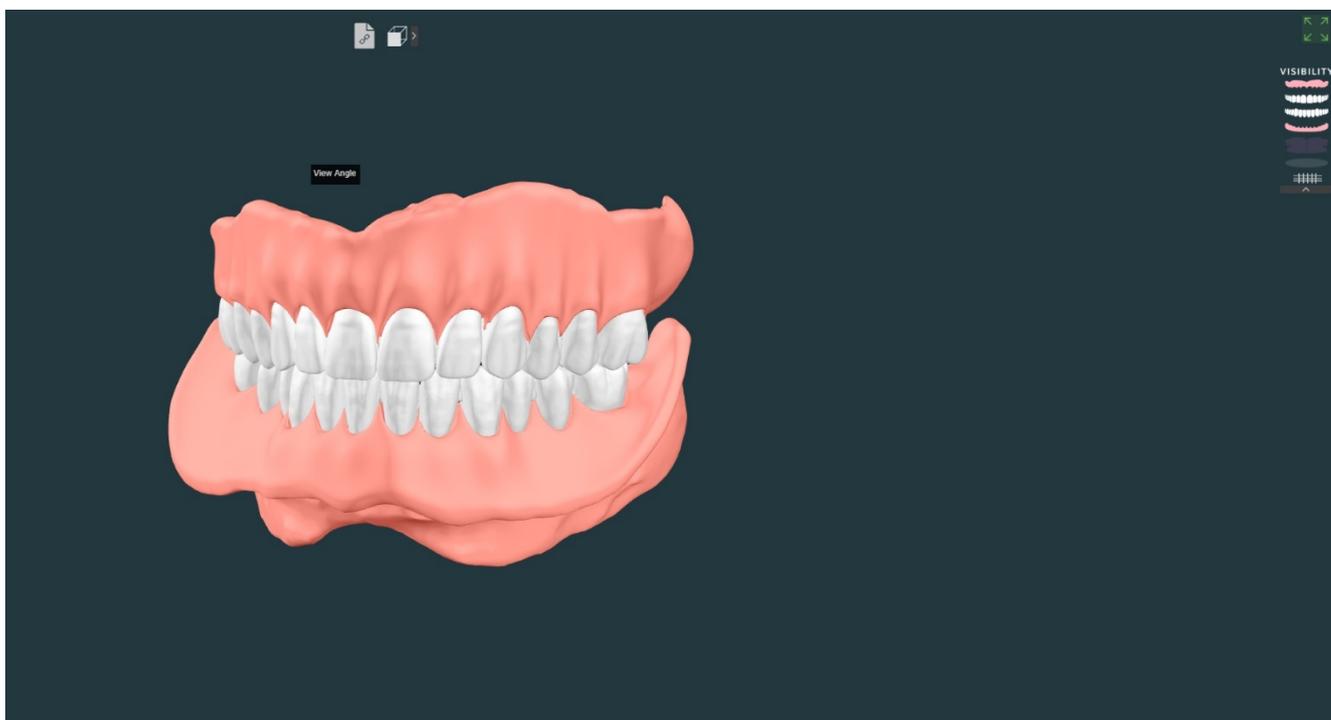


Image 17 Prothèses supérieures et inférieures finies prêtes à être téléchargées

Une fois les modélisations finalisés, et achetés, un fichier zip contenant tous les fichiers stl est généré et téléchargeable à volonté. Il s'agit notamment des prothèses d'essais (dents et base prothétiques en un), des bases de prothèse avec des alvéoles dentaires et les dents, sous forme d'arcades complètes singulières et également sous forme de segments antérieurs et postérieurs séparés.

Nous avons procédé à l'impression d'un ensemble des prothèses d'essais dans la résine KeyDenture Base (Image 18) à une épaisseur de couche de 100µm. Normalement, celles-ci seraient imprimées dans une résine de teinte dentaire, sur laquelle un composite rose pourrait être appliqué pour simuler la gencive, mais Keystone ne l'avait pas disponible à l'époque. Dans tous les cas, notre principale préoccupation à ce stade n'était pas tant l'esthétique que l'adaptation, la fonction et la position correcte des dents. Le patient était pleinement conscient qu'il ne s'agissait pas de ses prothèses finales.

Nous avons si tôt été étonnés de voir à quel point ces prothèses s'adaptaient bien. Notre patient ne tarda à commenter sur leur confort et légèreté. Quelques modifications mineures de conception furent néanmoins nécessaires, notamment la position de la ligne médiane et la hauteur du plan occlusal. Nous sommes donc retournés sur Dentca Design et avons appliqué ces ajustements. Rétrospectivement, M. Lin et moi avons convenu que si nous avions été un peu plus diligents dans la prise des mesures initiales du patient, nous aurions facilement pu éviter la nécessité de ces ajustements. Heureusement, les ajustements dans Dentca Design sont simples à apporter et l'ensemble final des modélisations fut généré en un rien de temps.



Image 18 Prothèses d'essai imprimées 3D en bouche

Cette fois-ci, les bases prothétiques et dents furent imprimées séparément et avec leur résine respective. Tandis que les bases furent imprimées à 100 μ m, les segments de dents furent imprimés à 50 μ m.

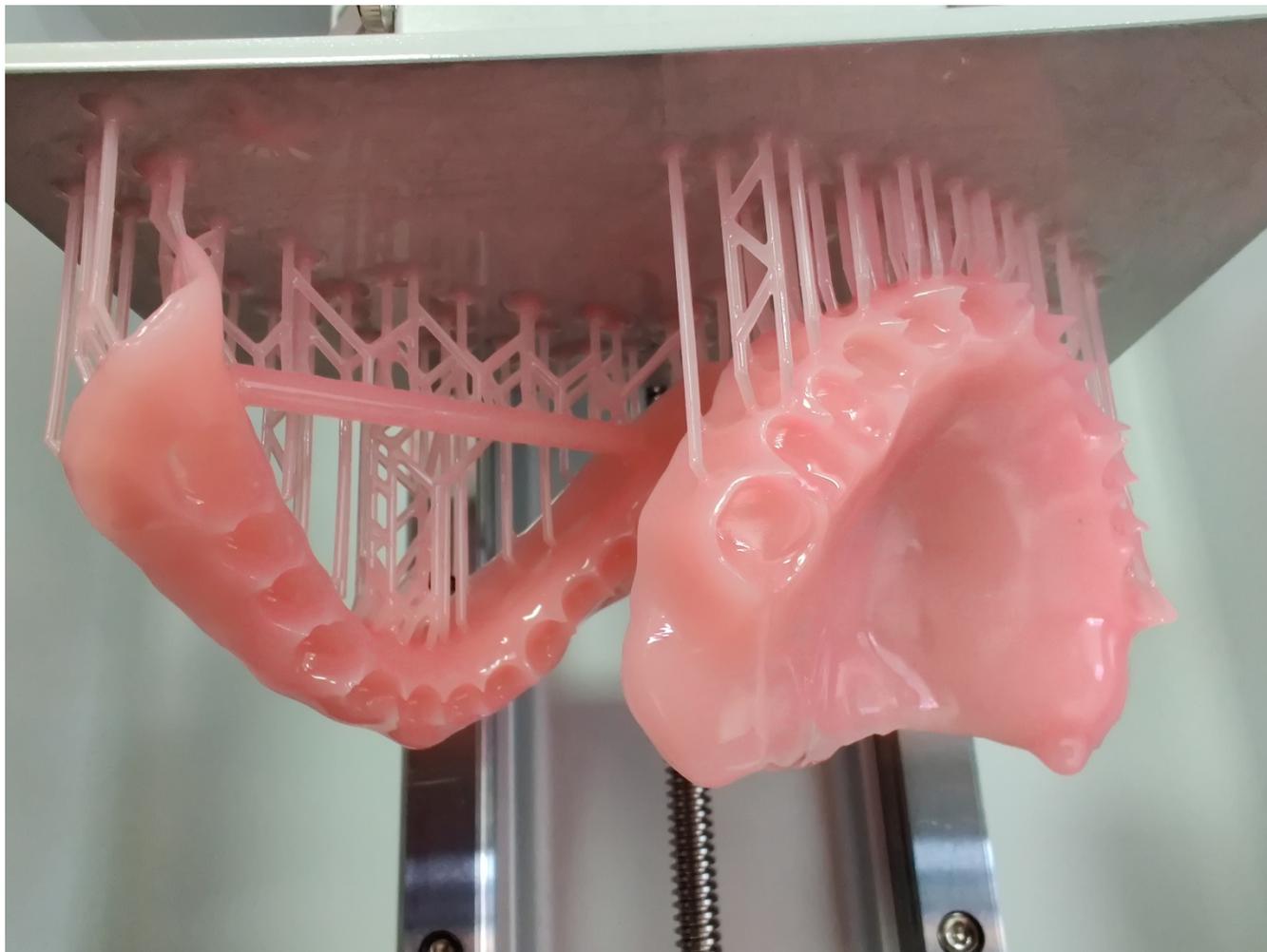


Image 19 Bases prothétiques avec alvéoles dentaires fraîchement imprimées



Image 20 Segments de dents prothétiques fraîchement imprimés

Chaque pièce imprimée fut soigneusement nettoyée de toute résine non durcie, puis asséchée (Images 21 à 24).



Image 21 Nettoyage primaire avec alcool isopropylique 99 % et une brosse



Image 22 Nettoyage secondaire en bain ultrasons



Image 23 Segments de dents prothétiques nettoyés et séchés avec les supports d'impression retirés



Image 24 Bases prothétiques nettoyées et séchées avec les supports d'impression retirés

Les pièces imprimées ont ensuite été post-durcies selon les recommandations du fabricant de résine. Ceci est essentiel pour plusieurs raisons : Pour atteindre la dimension finale des pièces, atteindre les propriétés physiques optimales du matériau et assurer l'élimination de tout monomère résiduel.

Après le post-durcissement, les talons de support furent ébarbés à la fraise (Image 25). Les dents et les bases prothétiques furent alors prêtes à être assemblées.



Image 25 Moignons de support d'impression retirés à la fraise après post-durcissement

Nous pourrions faire valoir qu'un flux de travail de prothèse imprimée en 3D élimine le besoin d'évaluer l'occlusion et l'adaptation sur un articulateur conventionnel, puisque la contraction de l'acrylique dentaire et les changements dimensionnels qui lui sont associés ne sont plus en jeu, or, les pièces imprimées en 3D sont sujettes à certains changements dimensionnels et les points de contact occlusaux peuvent nécessiter certains ajustements, en particulier lors des mouvements mandibulaires. Puisqu'il s'agissait de notre première tentative de prothèses imprimées en 3D, nous avons opté pour la prudence et avons donc poursuivi la conception et l'impression de modèles spéciaux avec des tiges d'enregistrement (Images 26 et 27). Cela nécessite bien sûr une certaine forme de logiciel de conception de modèles dentaires. Alternativement, les modèles en pierre auraient pu eux-mêmes être montés sur un articulateur et utilisés à la place des modèles imprimés en 3D.



Image 26 Modèle inférieur avec tiges d'alignement fraîchement imprimé

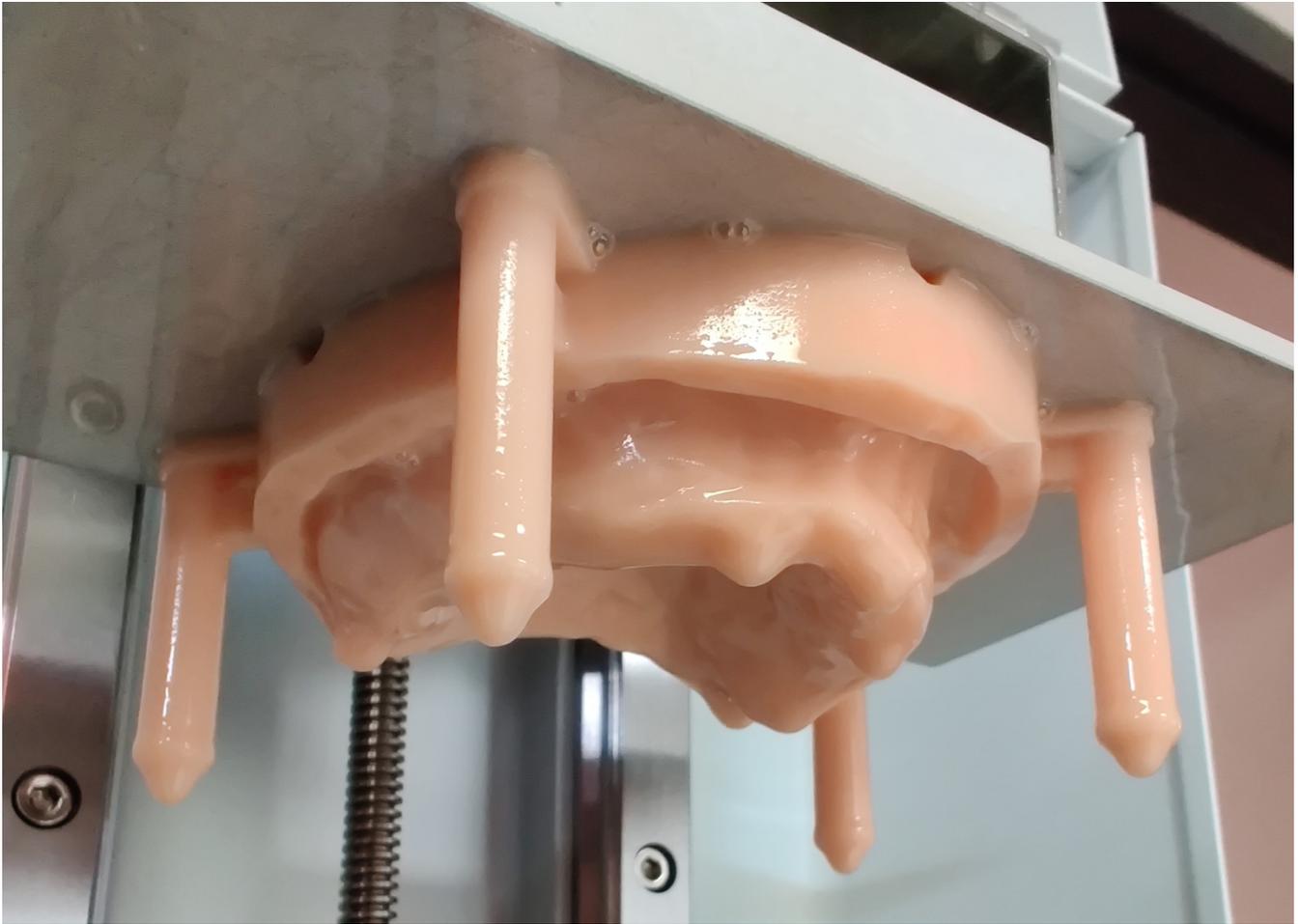


Image 27 Modèle supérieur avec tiges d'alignement fraîchement imprimé

L'alignement et l'occlusion de nos modèles imprimés ont été validés avec les boudins de cire de notre patient (Image 28). L'alignement et la dimension verticale fournis par les tiges d'enregistrement étaient parfaits et aucun ajustement ne fut requis.

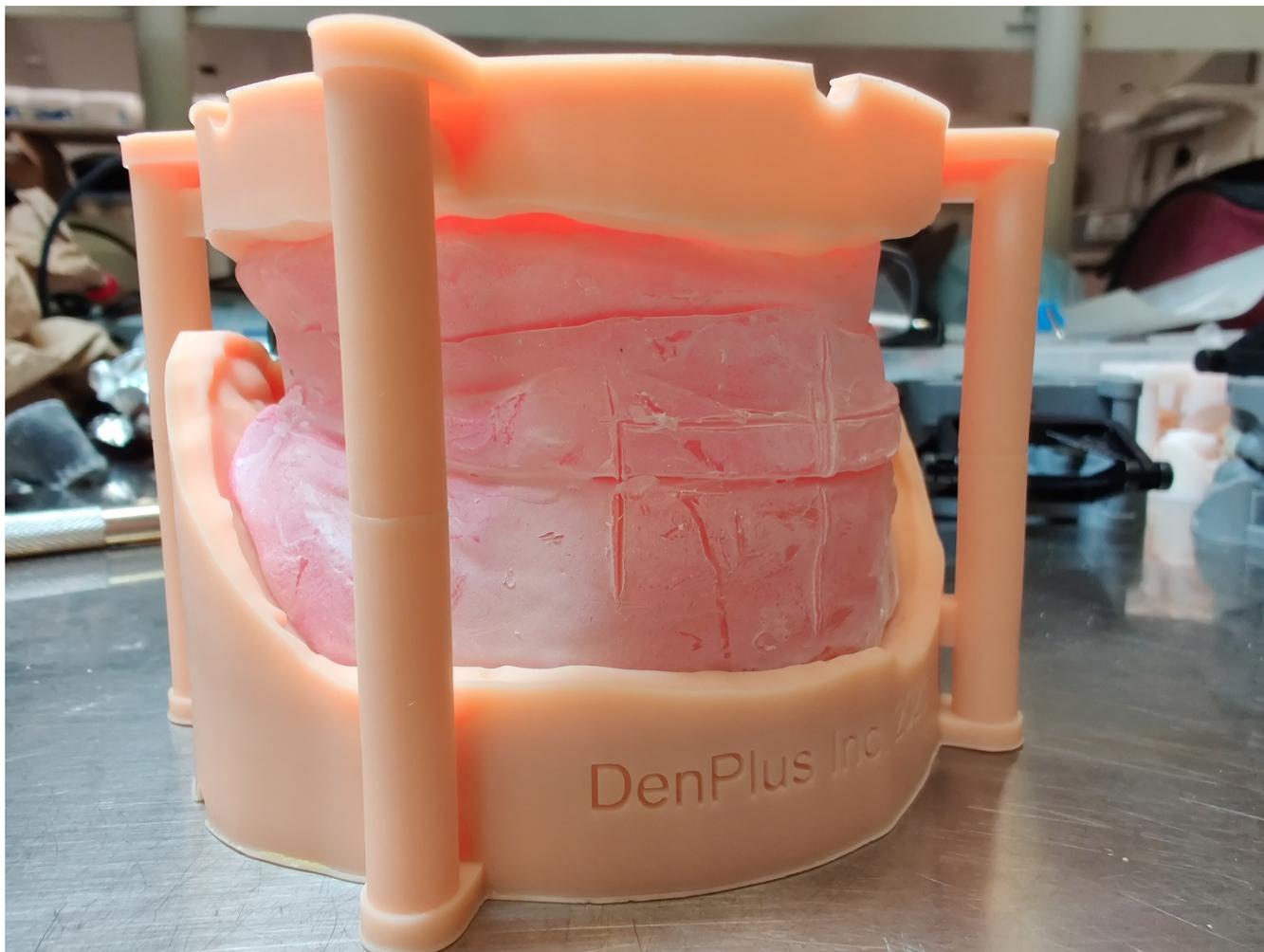


Image 28 Modèles imprimés avec boudins en cire originaux installés

Les bases prothétiques imprimées furent ensuite montées (Image 29). Il convient de noter qu'au début du processus, les modèles en pierre avaient été scannés « tels quels », sans bloquer au préalable aucune des contre-dépouilles vestibulaires sous la crête résiduelle. Cela abouti bien entendu à des bases de prothèse qui comblèrent entièrement ces zones en contre-dépouilles. Afin de pouvoir asseoir correctement les bases prothétiques sur les modèles imprimés, certaines des contre-dépouilles, en particulier sur le modèle supérieur, ont dû être légèrement réduites à la fraise (il en aurait été également le cas avec les modèles en pierre). De plus, les limites prothétiques postérieures durent également être réduites au moment de l'essai en bouche pour le confort du patient, tel que l'est mentionné plus loin.



Image 29 Bases prothétiques imprimées installées sur les modèles imprimés

Les dents furent ensuite installées dans les bases, en commençant par les segments postérieurs, et collées en place, en utilisant la même résine KeyDenture Base (Images 30 et 31). Pour maximiser la liaison, les racines des dents furent légèrement rendues rugueuses avec une fraise.



Image 30 Dents postérieures inférieures cimentées dans la base prothétique

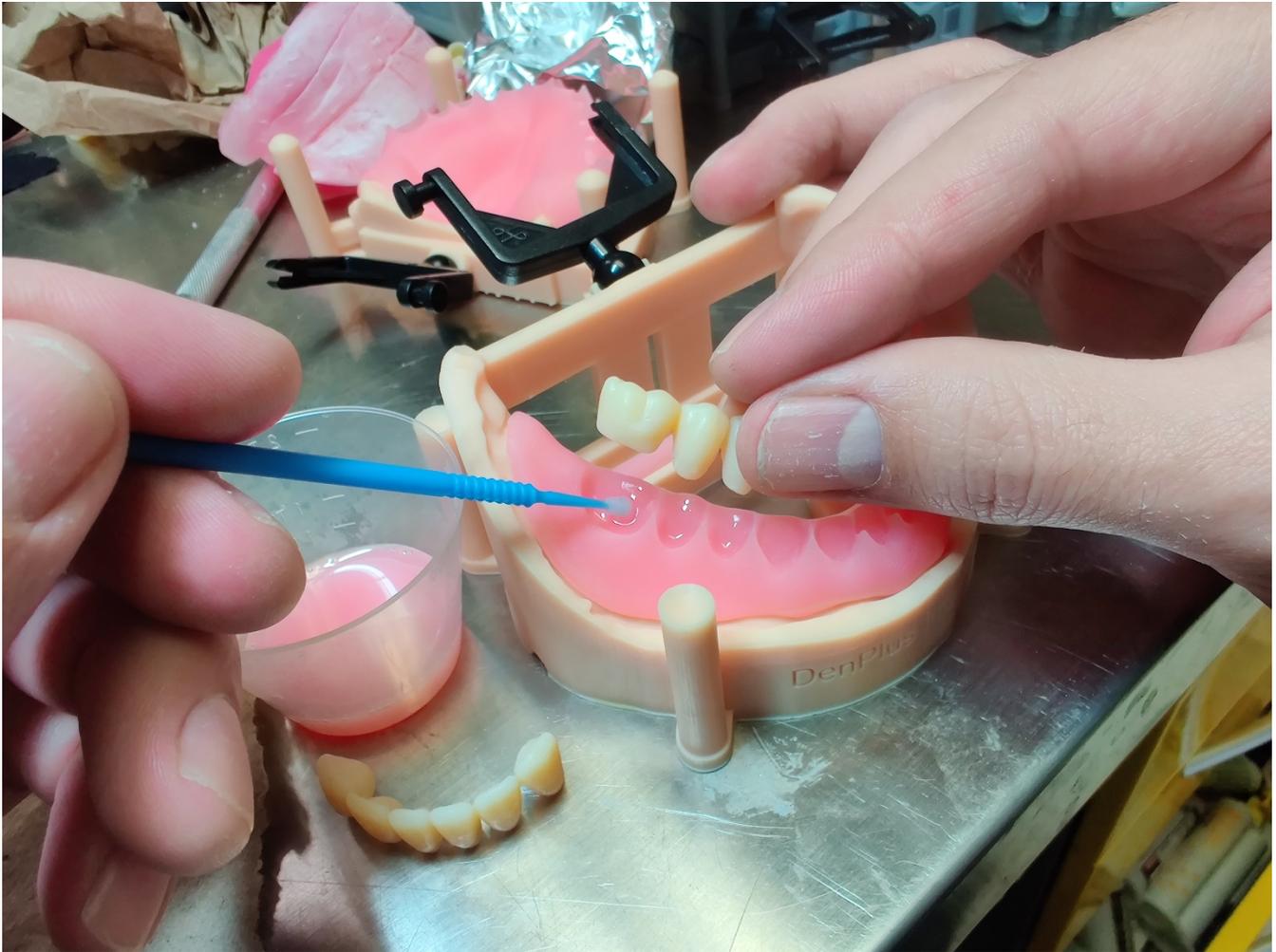


Image 31 La même résine 3D de base prothétique est utilisée pour coller les dents

Pour polymériser la résine, une baguette LED fut employée, mais ce n'est que pour fixer les dents en place (Image 32).

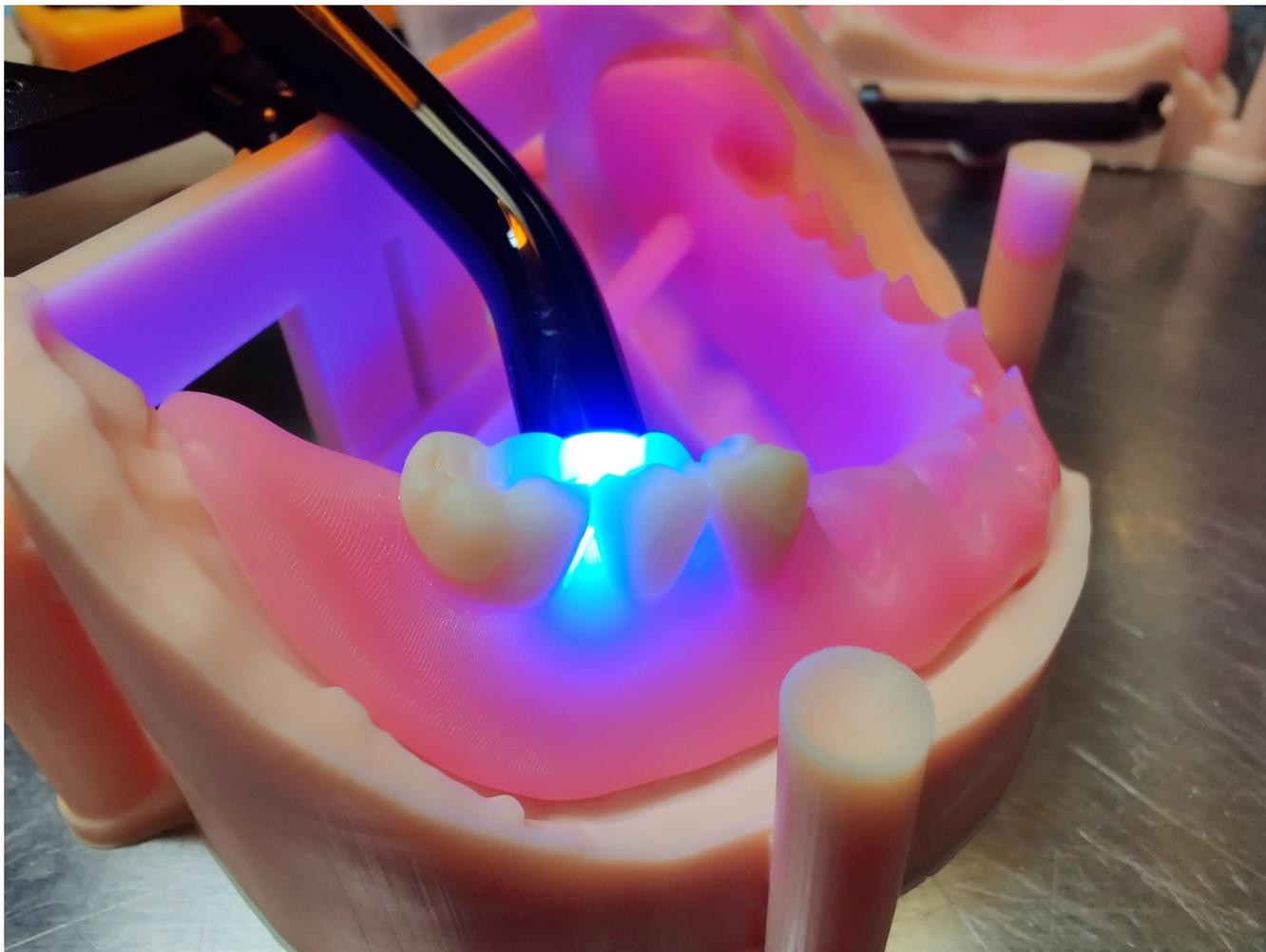


Image 32 Une baguette LED est utilisée pour fixer les dents en place



Image 33 Les dents postérieures supérieures installées



Image34 Les dents antérieures inférieures installées



Image 35 Les deux prothèses sont maintenues en occlusion pendant la fixation à la lumière des dents



Image 36 Toutes les dents fixées en place

Le scellement autour des dents fut effectué avec la même résine KeyDenture Base (Images 37 et 38).



Image 37 La résine KeyDenture Base est appliquée autour de chacune des dents



Image 38

Pour réduire l'apparence de marches de couches d'impression en surface des bases prothétiques, une couche de résine Key Denture Base fut appliquée par-dessus (Image 39).



Image 39 Une couche de résine KeyDenture Base a été appliquée sur la surface externe des bases de la prothèse

Une post-polymérisation finale des prothèses assemblées fut effectuée dans une unité de polymérisation à LED pour lier les dents de manière permanente et pour polymériser la couche de résine appliquée à la surface des bases. (Image 39).



Figure 40 Post-durcissement final des prothèses effectué dans l'unité Fab Cure LED

Les prothèses furent ensuite remises sur les modèles et les points de contact occlusaux furent vérifiés (Images 41 et 42).



Image 41 Points de contact vérifiés avec du papier d'occlusion



Image 42 Réglage des points de contact

Comme nous avons déjà testé les prothèses d'essai en bouche, il n'était pas surprenant à ce stade que les points de contact aient nécessité peu de modifications. Les ajustements finaux lors des mouvements latéraux et de protrusion seraient effectués en bouche.

Les dernières étapes côté laboratoire consistaient à couper la barre transversale anti-distorsion de la prothèse inférieure (Image 43 et 44)...



Image 43 Coupe de la barre transversale "anti-distorsion" de la prothèse inférieure



Image 44 Meulage du moignon de la barre transverse "anti-distorsion" de la prothèse inférieure

...et à effectuer un premier polissage au moteur, à l'aide de pierre ponce et de composé (Image 45).



Image 45 Polissage primaire effectué au moteur avec de la pierre ponce



Image 466 Prothèses finales prêtes à être livrées

Les prothèses furent alors prêtes pour l'insertion finale en bouche (Images 47 et 48).



Figure 477 Checking of in-mouth occlusion and mandibular movements



Image 488 Vérification de l'adaptation des bordures labiales

Une légère réduction des limites prothétiques supérieure et inférieure furent nécessaires pour le confort du patient et la facilité d'insertion (Image 49).



Image 49 Réduction des limites prothétiques postérieures au moteur

Un polissage final fut effectué (Image 50)...



Image 50 Polissage final avec roue de polissage et pierre ponce

... et les prothèses furent remises au patient pour qu'il les porte (Image 51).

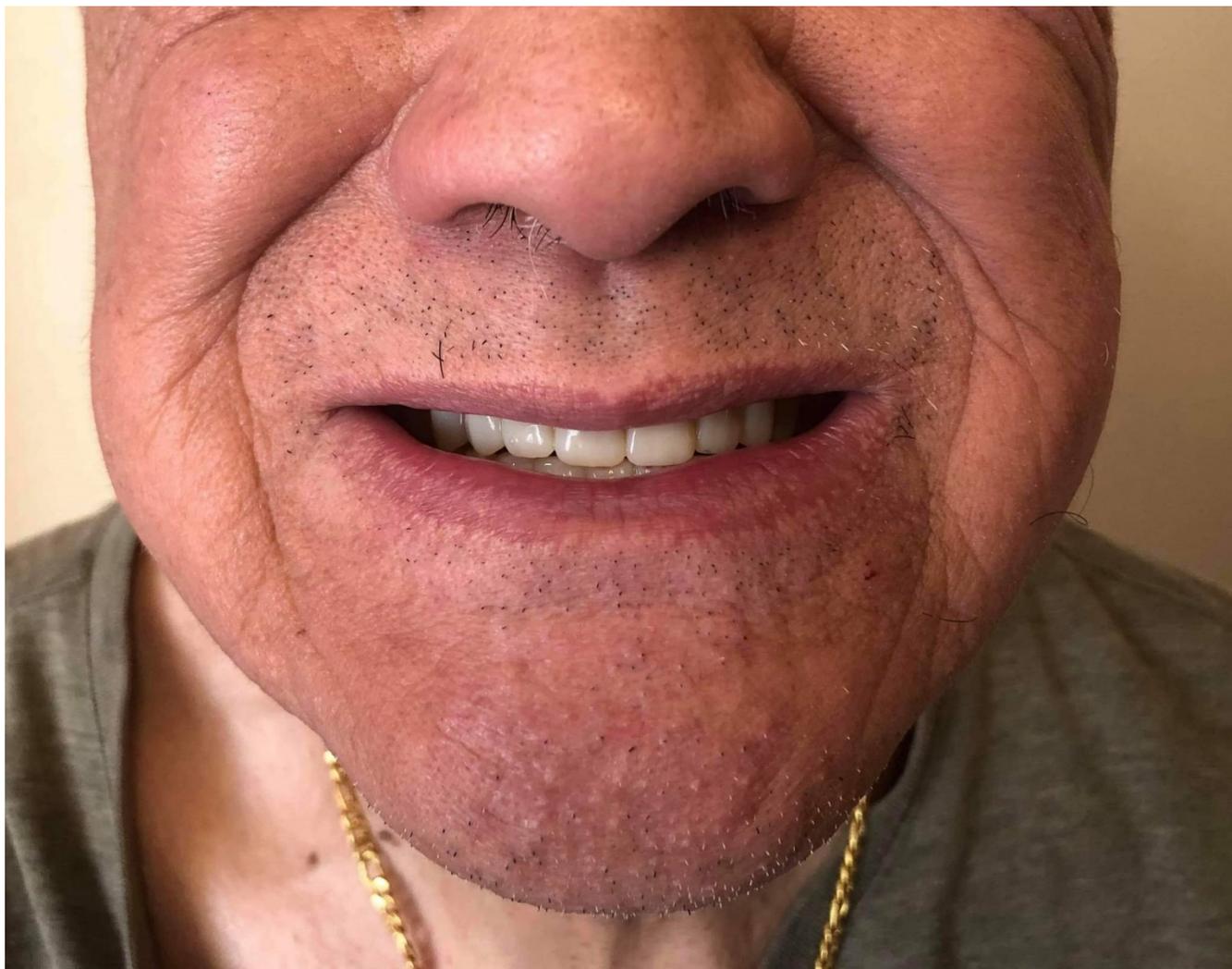


Figure 491 Prothèses finales en bouche

Un mot sur la caractérisation

Il peut être utile de mentionner que la caractérisation de l'anatomie des dents et de la gencive n'est pas possible dans Dentca Design, mais une fois les fichiers stl générés et téléchargés, la personnalisation peut être réalisée au besoin, avec divers programmes de modélisation 3D. Dans l'exemple ci-dessous, à titre d'essai, j'ai utilisé Meshmixer, un logiciel gratuit, pour sculpter les rugosités palatines, le raphé médian et d'autres détails sur la base prothétique supérieure (Image 52). Il n'y a pratiquement aucune limite à ce qui peut être réalisé ici, et en peu de temps.

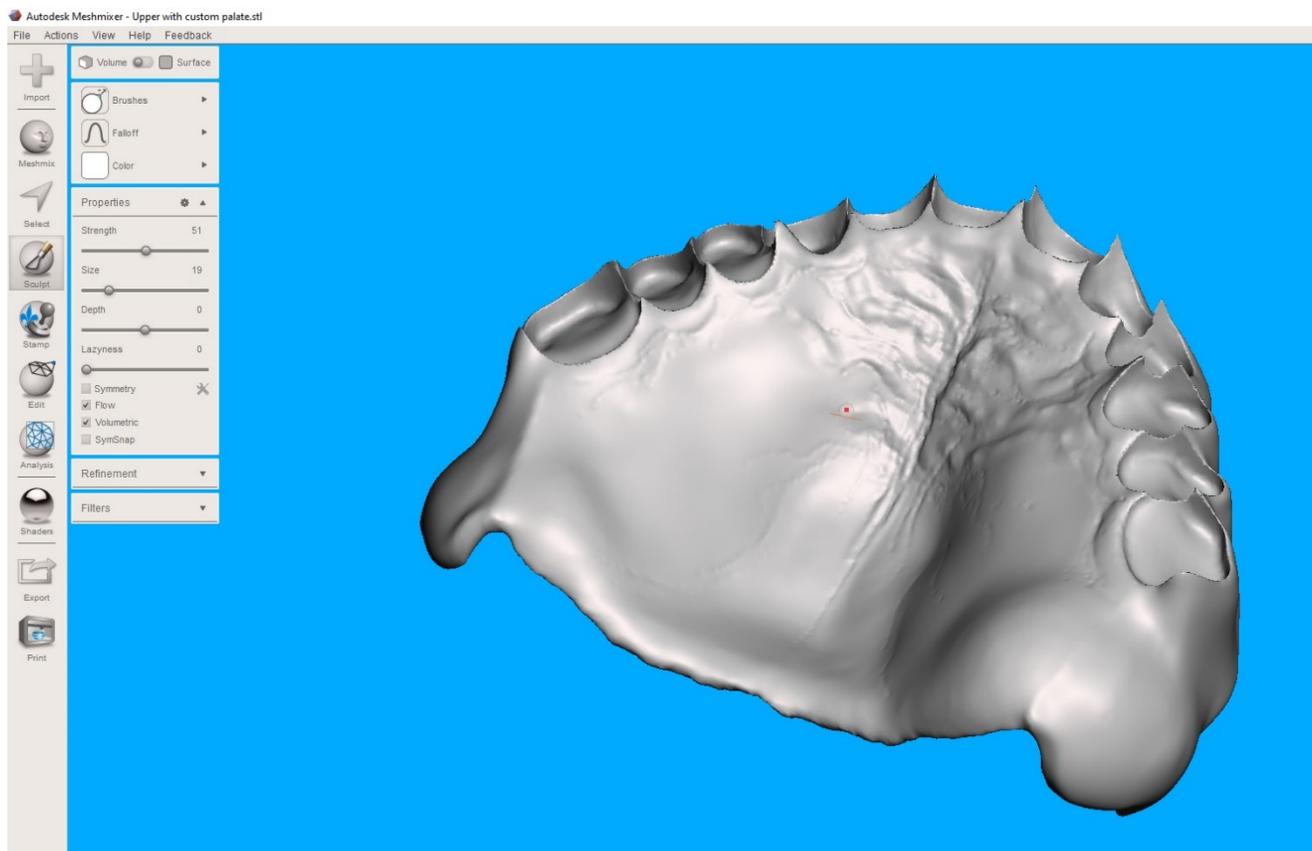


Figure 502 Utilisation de Meshmixer pour caractériser la base prothétique supérieure

Ce traitement ne fut pas été effectué sur la prothèse finale du patient mais sur une prothèse secondaire à des fins de démonstration (Image 53).



Image 513 Base prothétique supérieure imprimée avec la caractérisation palatine

Une caractérisation plus approfondie peut être effectuée par l'utilisation de composites photo polymérisables spéciaux, tels que GC Optiglaze. Ceux-ci sont appliqués en couches minces à la surface des dents et de la gencive. Une variété d'effets peut être obtenue, allant du plus subtil au plus extrême. Comme c'était ma première tentative, j'ai opté pour la subtilité (Images 54 - 55).



Image 534 Traitement GC OptiGlaze sur la prothèse supérieure



Image 52 Effets de translucidité et gradients de chrominance réalisés avec GC Optiglaze

Suivi du patient

Afin de faire une comparaison à long terme entre les prothèses imprimées 3D et les prothèses en acrylique, il est juste de dire que le patient doit faire une transition permanente vers les nouvelles prothèses. Il s'avère qu'environ onze mois depuis que notre patient a reçu ses prothèses imprimées, il ne l'a jamais vraiment fait. Bien qu'il les utilise à l'occasion, il a continué à porter ses anciennes, usées et mal ajustés, la plupart du temps. Lorsqu'on lui a demandé pourquoi, il a répondu que la nourriture n'avait tout simplement pas autant de goût avec les nouvelles prothèses. Nous pensons que cela est dû au fait que les prothèses imprimées, comme toute prothèses neuves par rapport aux prothèses usées, sont beaucoup mieux adaptées aux tissus. En tant que praticiens dentaires, nous ne contrôlons pas ce qu'un patient fait en dehors de la clinique. Si ses anciennes prothèses avait été jetées dès le départ, peut-être n'aurait-il pas eu d'autre choix que de s'habituer aux nouvelles ? Quel que soit le cas, nous ne serons pas en mesure d'effectuer une évaluation adéquate à long terme des prothèses imprimées en 3D comme prévu initialement.

Conclusion

Notre impression générale de ce processus numérique fut extrêmement positive. Contrairement aux idées préconçues, nous n'avions pas besoin du scanner le plus récent et le plus précis ni de l'imprimante 3D la plus chère du marché pour obtenir des résultats satisfaisants. En termes d'investissement, le coût combiné du scanner, de l'imprimante et de l'ordinateur utilisés dans notre flux de travail s'élevait à moins de 12 000 \$ CAN + taxes. De plus, aucun frais de licence annuel n'est requis pour ces appareils, ce qui n'est pas négligeable d'une année à l'autre. À l'instar de l'approche traditionnelle de la fabrication de prothèses dentaires, l'efficacité se résume à apprivoiser les outils et les processus. Si un flux de travail concis est composé, un temps considérable peut être gagné et/ou alloué ailleurs, et le nombre de visites de patients réduit. Sur le plan pratique, sauter les processus de mise en moufle, d'échaudage et de bourrage d'acrylique plaira à coup sûr à plusieurs. Bien sûr, le travail dans l'environnement virtuel à l'ordinateur ne fait pas le comble de tous, or, il en demeure dans le processus une partie manuelle très satisfaisante. Pour nous, le simple fait qu'une prothèse numérique puisse être réimprimée à volonté, avec un minimum d'efforts (en cas de perte ou de dommage irréparable) est, en soi, remarquable.

En ce qui concerne l'état actuel des matériaux de prothèses imprimés en 3D, les quelques-uns disponibles sur le marché canadien sont encore considérés adéquats uniquement à un usage temporaire. Il convient toutefois de noter que, ces derniers mois, de nouveaux matériaux résistants aux chocs et à l'usure ont été lancés. Un de ces produits, Printodent Gr-14.2 Denture Hi, du fabricant allemand Pro3dure, est désormais disponible chez DenPlus Inc. De plus, un représentant de Keystone Industries à qui nous avons parlé à Technorama 2022, nous a informés qu'ils retardaient la sortie de leur résine KeyDenture Base 3D afin d'améliorer sa résistance à l'impact. Il semblerait que les prothèses dentaires imprimées en 3D à long terme ne soient pas si loin.

Mais prenons du recul et réfléchissons à la question de savoir si les prothèses imprimées en 3D sont indispensables ou non. Il y a ceux dans la profession qui soutiennent que ce n'est pas ainsi qu'ils ont appris le métier, ou qu'ils peuvent produire un ensemble de prothèses dentaires de manière conventionnelle dans le même temps qu'il faut numériquement, alors pourquoi s'embêter ? Eh bien, personne, et encore moins moi, n'en débattrait. L'approche numérique de la production de prothèses dentaires est néanmoins là, pour ceux avec qui elle résonne. Ce n'est pas un bras de fer entre deux méthodes. A chacun pour soi comme dit-on. À la fin du compte, la quête est la même : rentabilité et satisfaction des patients.