

# De la chirurgie à la prothèse : le flux 100 % numérique en réhabilitation complète implanto-portée



Dr Frédéric CHAMIEH



Dr Ahmed RABIEY

Le praticien prothésiste joue un rôle prépondérant dans la compréhension des attentes du patient et la planification du projet prothétique lors de réhabilitations prothétiques complètes. Les flux conventionnels de travail peuvent rendre difficile cette communication entre les différents acteurs du traitement et sont plus sensibles à l'expérience clinique du praticien et de son prothésiste. Aujourd'hui, les nombreux outils numériques peuvent faciliter la planification prothétique en permettant une communication précise entre le patient, le praticien prothésiste, le prothésiste de laboratoire et le chirurgien.

Cette précision de planification, de conception puis de réalisation peut être optimisée par le recours à un flux entièrement numérisé qui intègre la virtualisation des données cliniques et anatomiques du patient, la planification chirurgicale implantaire et sa réalisation grâce à la chirurgie guidée et la fabrication des prothèses par usinage à l'aide machines-outils.

La création d'un avatar virtuel du patient constitue la base de la planification prothétique esthétique et fonctionnelle permettant ainsi de guider le projet prothétique ainsi que la chirurgie afin d'optimiser les résultats de la thérapeutique, notamment en prothèse complète fixe sur implant.

Le principe de superposition des couches suivant un flux de travail entièrement numérisé autorise une réflexion fine pluridisciplinaire afin d'améliorer la prédictibilité de ces thérapeutiques et permet, tout au long du parcours de soin de conserver le projet prothétique initial grâce aux fichiers numériques tout en ajustant la prothèse finale en fonction des doléances du patient et de la cicatrisation obtenue.

Cet avatar virtuel commence par la numérisation des données cliniques intra-orales et extra-orales (fichiers STL et OBJ issus d'empreinte optique et de scanner facial), des données anatomiques (fichiers DICOM issus d'un cliché radiographique à l'aide d'un cone beam) et enfin de données fonctionnelles (fichiers XML issus d'un dispositif d'enregistrement de l'occlusion numérique). Différents flux numériques ont été décrits dans la littérature mettant en jeu les empreintes optiques à l'aide de scanners intra-oraux et l'impression de guides chirurgicaux. La limitation majeure de la majorité de ces flux est l'absence d'enregistrement de la cinématique mandibulaire ou de variables inhérentes à l'articulation temporo-mandibulaire. Des approximations sont alors introduites par le biais de simulations occlusales par des articulateurs. Aujourd'hui, de nouveaux outils permettant l'enregistrement de la cinématique mandibulaire sont disponibles et peuvent rendre la planification



Fig.1 : Avatar virtuel préfigurant le résultat thérapeutique escompté et guidant le plan de traitement.

prothétique plus prédictible. La superposition de ces différentes données cliniques, anatomiques et cinématiques nécessite un positionnement tridimensionnel selon les mêmes coordonnées. En effet, il est important de comprendre que chaque fichier (souvent au format STL) possède un système de coordonnées

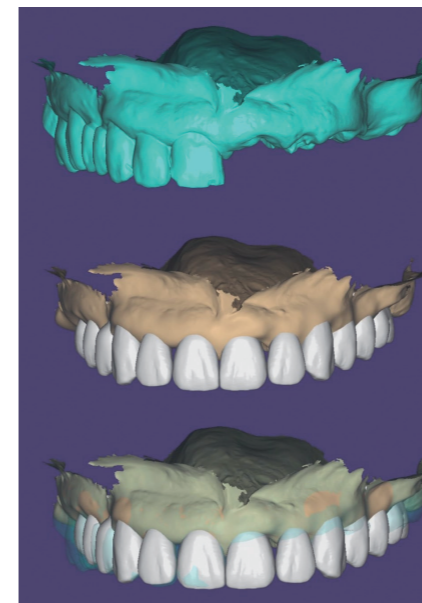


Fig.2 : Importance de la superposition des couches : projet prothétique et situation initiale positionnés dans les mêmes coordonnées 3D.

propres dont les valeurs devront coïncider pour que la conception soit valide. Un exemple illustrant cette problématique est l'importance de la bonne superposition (appelée aussi « matching ») entre un fichier au format OBJ obtenu d'un scanner facial et un fichier STL issu d'une empreinte optique. Sans une superposition fidèle

à la réalité entre ces fichiers, la conception assistée par ordinateur (CAO) réalisée par le prothésiste se fera sur des repères faussés, aboutissant à un échec prothétique. Une fois le projet prothétique virtuel conçu, le fichier STL est superposé aux données radiographiques DICOM afin de permettre une planification implantaire, et ce, grâce des logiciels de chirurgie guidée.

Des essayages à l'aide de maquettes imprimés sont nécessaires afin de valider cliniquement le choix prothétique.

L'intégration des flux numériques pour les mises en charge immédiates implanto-portées a pour objectif de faciliter la planification prothétique et chirurgicale de manière à améliorer la prédictibilité de ces thérapeutiques.

Cependant, le succès de ces différentes techniques chirurgicales dépend de nombreux facteurs comme la sélection du patient, la qualité et quantité osseuse, le nombre, la répartition, la position et le design

des implants, l'équilibration occlusale aussi bien statique que dynamique, l'expérience du praticien et la stabilité primaire des différents implants. En s'appuyant sur une planification fine, chirurgicale et prothétique, la chirurgie guidée apporte une aide précieuse en termes de précision du positionnement des implants, de réduction du temps opératoire, mais surtout en termes de planification et de prédictibilité du traitement (D'Haese 2017).

L'objectif principal est de concevoir un guide dont les éléments permettent la mise en place tridimensionnelle précise des implants dentaires mais surtout un positionnement de la prothèse provisoire fidèle à la planification prothétique validée par le patient et le praticien-prothésiste.

Malgré l'utilisation des protocoles de chirurgie guidée en réhabilitation, la mise en place de la prothèse provisoire nécessite systématiquement une empreinte (conventionnelle ou numérique), l'utilisation d'une base d'occlusion. Ces protocoles mènent souvent à la réadaptation complète du projet prothétique sur les implants positionnés.

Pour pallier la nécessité de réadaptation du projet prothétique et faciliter la procédure de mise en charge immédiate, les guides à étage ont vu le jour. Le principe de ces guides est de positionner une base fixe clavetée qui sera maintenue pendant toutes les phases chirurgicales et prothétiques. Sur cette base fixe rigide, le guide de forage des implants sera stabilisé à l'aide de différents moyens de rétention

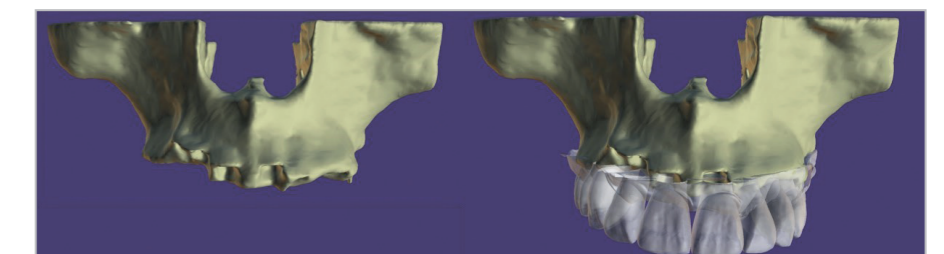


Fig.3 : Superposition du projet prothétique STL aux données anatomiques issues du fichier DICOM.



Fig. 4 : Prothèse provisoire usinée en amont de la chirurgie et positionnée sur le guide de base afin d'être indexée aux implants.

puis la prothèse provisoire issue du projet prothétique pourra être positionnée à la bonne dimension verticale, avec les bons rapports d'occlusion sans risquer une instabilité lors de la procédure d'indexation.

Le recours à des guides à étages paraît être l'option de choix, alliant précision d'adaptation et ergonomie de travail prédictibilité et reproductibilité des procédures de mise en charge immédiate.

Différents types d'indexations ont été proposées pour superposer les différents éléments de guides étagés : rétention mécanique (rainure, boîte, cupule sphérique, cône) et rétention magnétique (aimant rond, aimant carré) afin d'optimiser la stabilité et l'ergonomie des chirurgies (Garcia sala Bonmati 2022).

Les guides à étages constituent aujourd'hui des outils prometteurs permettant de guider avec précision les différentes étapes aussi bien chirurgicales que prothétiques du traitement de réhabilitation globale implanto-portée (Yang 2021). Il n'existe encore néanmoins des imprécisions liées au principe de guidage lors de ce type de chirurgie qui est la source majeure de déviation. C'est pourquoi cette imprécision spatiale est compensée par l'indexation

per-opératoire des implants à la prothèse provisoire pré-usinée.

La prothèse provisoire qui a servi pour la mise en charge immédiate contient toutes les données nécessaires à la réalisation de la prothèse d'usage.

En effet, cette prothèse contient la position tridimensionnelle des implants par rapport au projet prothétique, les faces occlusales ont été fonctionnalisées pendant le port de la prothèse durant le délai d'ostéointégration, et enfin, grâce à un rebasage de l'intrados on obtient l'architecture de la crête cicatrisée.

La question se pose alors d'intégrer ces données dans l'avatar du patient.



Fig. 5 : Préparation de la prothèse pour le protocole d'empreinte optique inversée : celle-ci est rébasée en bouche à l'aide de silicone, puis des ScanAnalog y sont transvissés.

La technique d'empreinte optique inversée, décrite par Rabiey et al., 2021, permet à l'aide d'un scanner intra-oral, de numériser ces différentes données.

Le principe de ce protocole est de positionner des analogues numériques d'implants sur la prothèse provisoires rebasées.

Effet, sur le marché, différents analogues existent selon les marques d'implants : certains sont adaptés au flux conventionnel et à la coulée du plâtre, d'autres à l'insertion dans des modèles imprimés. Par ailleurs, un autre type d'analogues numériques ou ScanAnalog a la particularité d'être contenu dans la bibliothèque implantaire du logiciel nécessaire à la CAO au laboratoire, de la même façon qu'un Scanbody. Tout comme un Scanbody est un équivalent numérique du transfert d'empreinte conventionnel, ces ScanAnalog sont des équivalents numériques des analogues conventionnels : ils répondent au même fonctionnement et permettent une localisation tridimensionnelle des implants ou des parties secondaires à restaurer par le logiciel de CAO. Ainsi, du matériau d'empreinte de haute viscosité est positionné dans l'intrados de la prothèse provisoire afin de prendre l'empreinte de la crête cicatrisée. Puis, une fois ces ScanAnalog transvissés

à la prothèse provisoire et le tout numérisé avec le matériau d'empreinte, il est alors possible pour le prothésiste de corrélater la position des implants ou des parties secondaires en rapport avec la prothèse provisoire. Il est, malgré tout, important de s'assurer d'une acquisition fiable de cette prothèse vissée aux ScanAnalog, dont la forme et la texture de surface ont été travaillées pour être facilement identifiables lors des empreintes optiques de manière identique à des Scanbody. Néanmoins, ce type d'empreinte reste dépendant du nombre et de la répartition des différents ScanAnalog vissés dans l'intrados de la prothèse : le matériau d'empreinte dans l'intrados de la prothèse provisoire assure une acquisition sans déformation puisqu'il constitue un repère scannable. L'empreinte s'en trouve grandement facilitée et présente l'avantage de se faire de manière extemporanée hors de la cavité buccale et donc à l'abri de la salive et des mouvements du patient pouvant être source d'erreurs.

L'« empreinte numérique inversée » est réalisée comme décrit précédemment et transmise avec le reste des fichiers au laboratoire. Il est alors aisé pour le prothésiste d'effectuer une superposition entre ce fichier et le reste des enregistrements numériques, comportant notamment l'empreinte de l'arcade à restaurer avec la prothèse provisoire en place : les points communs nécessaires à cette opération étant les faces occlusales de la partie provisoire dont l'anatomie sera facilement identifiable et discriminante afin d'assurer une superposition fidèle à la réalité. Ainsi, la numérisation des ScanAnalog, transvissés à la prothèse provisoire, se retrouve localisée dans l'espace en rapport avec l'arcade antagoniste. Le prothésiste, assisté du logiciel de CAO dont la bibliothèque contient ces ScanAnalog, peut alors déterminer la position

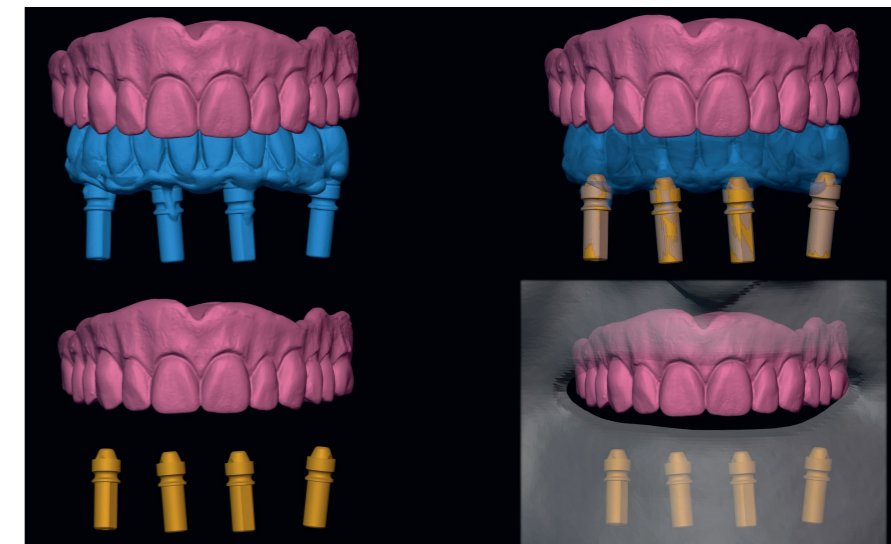


Fig. 6 : Utilisation de l'empreinte optique inversée dans le projet CAD servant à la réalisation de la prothèse d'usage : les positions des connectives implantaires sont identifiables en regard de l'arcade antagoniste et du reste de l'avatar virtuel du patient.

tridimensionnelle relative à l'arcade antagoniste des parties secondaires sur laquelle la prothèse d'usage sera réalisée.

### Conclusion :

Les réhabilitations prothétiques complètes fixes sur implants placent le praticien prothésiste au centre de la compréhension des attentes du patient et la planification du projet prothétique et imposent une communication claire avec le prothésiste et le chirurgien.

Dans ce contexte, le flux numérique complet de travail apporte une aisance dans les moyens de communication et une prédictibilité de la planification au traitement de ces cas parfois complexes.

Un des avantages fondamentaux du flux entièrement numérique est d'avoir recours au principe de superposition des couches qui permet, à chaque moment du traitement, d'intégrer des nouvelles données cliniques à partir de l'avatar numérique du patient.

L'engouement pour l'utilisation des guides à étage dans la prise en charge de l'édenté complet peut s'expliquer par l'ergonomie et la fidélité dans la réalisation du traitement tant d'un point de vue chirurgical que prothétique. Il apparaît alors indispensable de réaliser la prothèse d'usage

selon ce flux entièrement numérique de manière à optimiser la prédictibilité du traitement. C'est ce que permet la technique d'empreinte optique inversée puis l'usage de prothèses. ■

### Bibliographie :

D'haese J, Ackhurst J, Wismeijer D, De Bruyn H, Tahmaseb A. Current state of the art of computer-guided implant surgery. *Periodontol* 2000. févr 2017;73(1):121-33.

García-Sala Bonmati F, Pérez-Barquero JA, Ilzarbe Ripoll LM, Labaig Rueda C, Fernandez-Estevan L, Revilla-León M. An additively manufactured, magnetically retained, and stackable implant surgical guide: A dental technique. *J Prosthet Dent*. 2022

Yang JW, Liu Q, Yue ZG, Hou JX, Afrashtehfar KI. Digital Workflow for Full-Arch Immediate Implant Placement Using a Stackable Surgical Guide Fabricated Using SLM Technology. *J Prosthodont*. 2021

Rabiey A., Chammieh F., Valadares A., Empreinte optique inversée : Une technique pour un flux numérique complet en prothèse totale fixée sur implants. Titane. VOLUME 18 / NUMÉRO 2 / JUIN 2021