

**AISTE GINTAUTE**  
**ANTONIO STRAFACE**  
**NICOLA U. ZITZMANN**  
**TIM JODA**

Clinique de médecine dentaire reconstructrice, Centre universitaire de médecine dentaire de Bâle, Université de Bâle

#### **CORRESPONDANCE**

Dr. Aiste Gintaute  
 Klinik für Rekonstruktive Zahnmedizin  
 Universitäres Zentrum für Zahnmedizin Basel  
 Universität Basel  
 Mattenstrasse 40  
 CH-4058 Basel  
 E-mail:  
 aiste.gintaute@unibas.ch

Traduction : Jacques Rossier



## Prothèse squelettée à l'ère 2.0 : numérique de A à Z ?

#### **MOTS-CLÉS**

Prothèse squelettée, flux de travail numérique, scannage intraoral, prise d'empreinte numérique, impression 3D, fusion laser

**Image en haut :** Conception de l'armature numérique pour une prothèse squelettée

#### **RÉSUMÉ**

Cette présentation de cas documente le traitement d'un patient partiellement édenté au moyen d'une prothèse squelettée réalisée en flux de travail numérique et conventionnel. Les différences essentielles se situent dans la prise d'empreinte, l'enregistrement de l'occlusion, la fabrication du modèle, le placement des dents, la planification de la construction et la fabrication de l'armature. L'élaboration et la finalisation de la prothèse partielle sont des étapes similaires et (actuellement) seulement possibles manuellement. L'impression 3D de l'armature a été préférée par le patient et

le médecin-dentiste en raison de son ajustement très précis. En raison de la numérisation croissante, les étapes de travail manuelles peuvent être constamment réduites, ce qui entraîne une précision accrue et une réduction de la durée du traitement. L'utilisation des scanners intraoraux s'est avérée plus conviviale pour les patients que la prise d'empreinte conventionnelle avec des élastomères. Et des avancées technologiques sont nécessaires pour permettre un flux de travail entièrement numérique. Prothèse squelettée 2.0 : OUI – mais pas (encore) tout à fait de A à Z.

## Introduction

De récentes études épidémiologiques sur la santé bucco-dentaire en Suisse ont documenté des taux de pertes dentaires plus faibles et une prévalence réduite des prothèses amovibles au cours des 20 dernières années (SCHNEIDER ET COLL. 2019, 2017; STADELMANN ET COLL. 2012; ZITZMANN ET COLL. 2008). En 2012, la prévalence des restaurations amovibles reste élevée dans les tranches d'âge supérieures, avec 43 % chez les 75-84 ans et 60 % chez les personnes âgées de 85 ans et plus (SCHNEIDER ET COLL. 2017). Des prévalences plus élevées des reconstructions amovibles ont également été documentées dans les groupes de population financièrement plus faibles et lors de pertes dentaires importantes. C'est pourquoi la réhabilitation des patients partiellement édentés avec des prothèses conventionnelles a aujourd'hui encore une grande importance clinique (BERGMAN ET COLL. 1995).

Le développement continu des technologies numériques a influencé l'ensemble du spectre de la médecine dentaire (reconstructrice) et ouvert de nouvelles possibilités thérapeutiques. De l'acquisition de données numériques pour le diagnostic et la planification thérapeutique en passant par les simulations virtuelles des montages prothétiques, les analyses occlusales, la conception des reconstructions, et jusqu'aux techniques de fabrication CAD/FAO des prothèses dentaires, les procédures informatisées garantissent une précision élevée dans des conditions standardisées, et cela avec une reproductibilité simplifiée et en réduisant le temps de travail (JODA ET COLL. 2017).

Alors que les procédés de fabrication soustractifs tels que le fraisage CAO/FAO jouent un rôle important dans les prothèses fixes, le prototypage rapide additif par fusion laser est une alternative à la procédure classique, en particulier pour la fabrication de l'armature des prothèses squelettées (ALIFUI-SEGBAYA ET COLL. 2017). Les premières études sur la fabrication additive des armatures ont documenté des résultats prometteurs, avec une précision cliniquement fiable (KITTIKUNDECHA ET COLL. 2019; TREGERMAN ET COLL. 2019; YE ET COLL. 2017), et ont démontré des propriétés mécaniques qualitativement supérieures par rapport aux armatures fabriquées de façon conventionnelle (ZHOU ET COLL. 2018).

Les questions relatives à un « flux de travail entièrement numérique » sont d'un grand intérêt dans le domaine des prothèses squelettées, avec scannage intraoral de l'ensemble de la mâchoire, planification virtuelle et finalisation au laboratoire dentaire. Quelle est la précision des prises d'empreintes numériques dans la mâchoire partiellement édentée, et où se situent les limites techniques médico-dentaires dans la réalisation de prothèses squelettées sur modèle numérique? La précision du scannage des régions édentées de la muqueuse est problématique en particulier au niveau du palais dur (PATZELT ET COLL. 2013). En outre, il n'a pas encore été suffisamment clarifié dans quelle mesure l'enregistrement numérique peut être effectué de manière reproductible, dans la mâchoire partiellement édentée, avec des scanners intraoraux (GINTAUTE ET COLL. 2019).

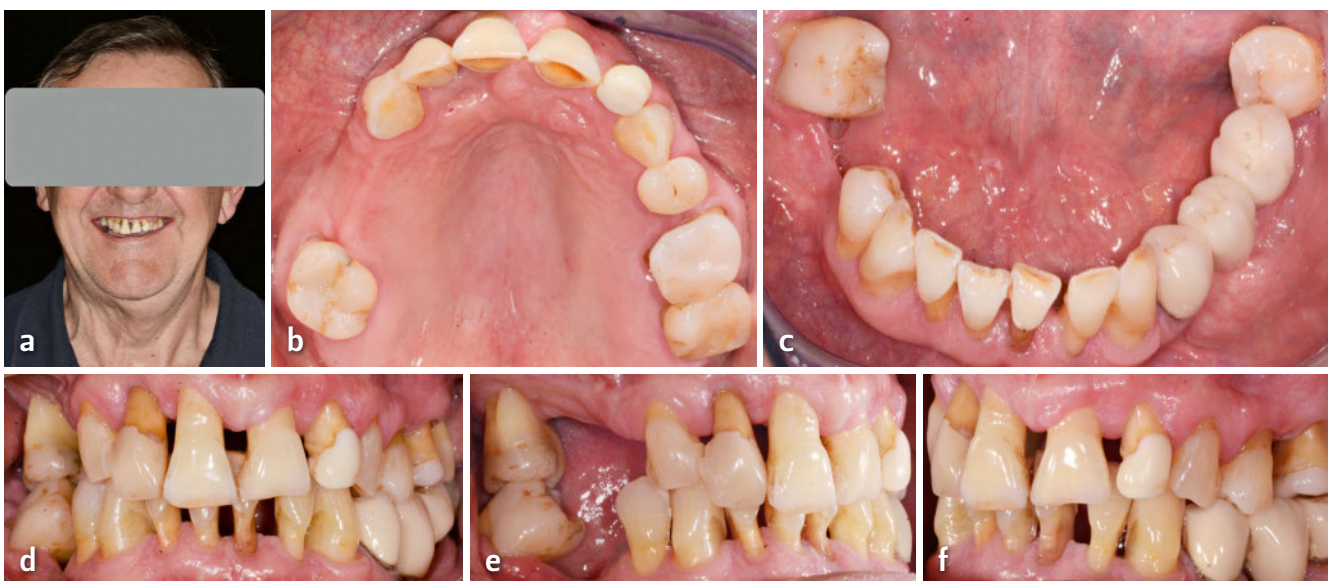
L'objectif de la présente étude de cas est de documenter, étape par étape, la réhabilitation d'un patient partiellement édenté avec une prothèse squelettée, réalisée selon des procédés numériques et conventionnels.

## Anamnèse et demande du patient

Un patient retraité âgé de 65 ans s'est présenté pour une consultation prothétique à la Clinique de médecine dentaire reconstructrice du Centre universitaire de médecine dentaire de Bâle (UZB) (fig. 1a-f). Le patient était fumeur (15 cig./jour; 37,5 paquets-années) et souffrait de BPCO (bronchopneumopathie chronique obstructive) traitée par les médicaments appropriés (Symbicort® Turbuhaler® 100/6, AstraZeneca; Spiriva® Respimat® Inh. 2,5 mcg, Boehringer Ingelheim; Salamol® 100 Autohaler™, Teva Pharma). Pendant dix ans, il a participé au programme de rappel parodontal à la Clinique de formation des étudiants de l'UZB. En raison de la perte successive de molaires et d'un mauvais pronostic des dents antérieures du maxillaire supérieur, le patient souhaitait améliorer la fonction masticatoire, l'esthétique jouant un rôle secondaire.

## Observations et diagnostics

Après l'évaluation clinique-radiologique, une parodontite généralisée au stade IV, degré C a été diagnostiquée (fig. 2a, b) (PAPAPANOU ET COLL. 2018):



**Fig. 1a-f** Documentation photographique extra- et intraorale avant le traitement : vue de face (a), vue occlusale de la mâchoire supérieure et inférieure (b, c), vue intraorale de face (d) et vues intraorales latérales (e, f)

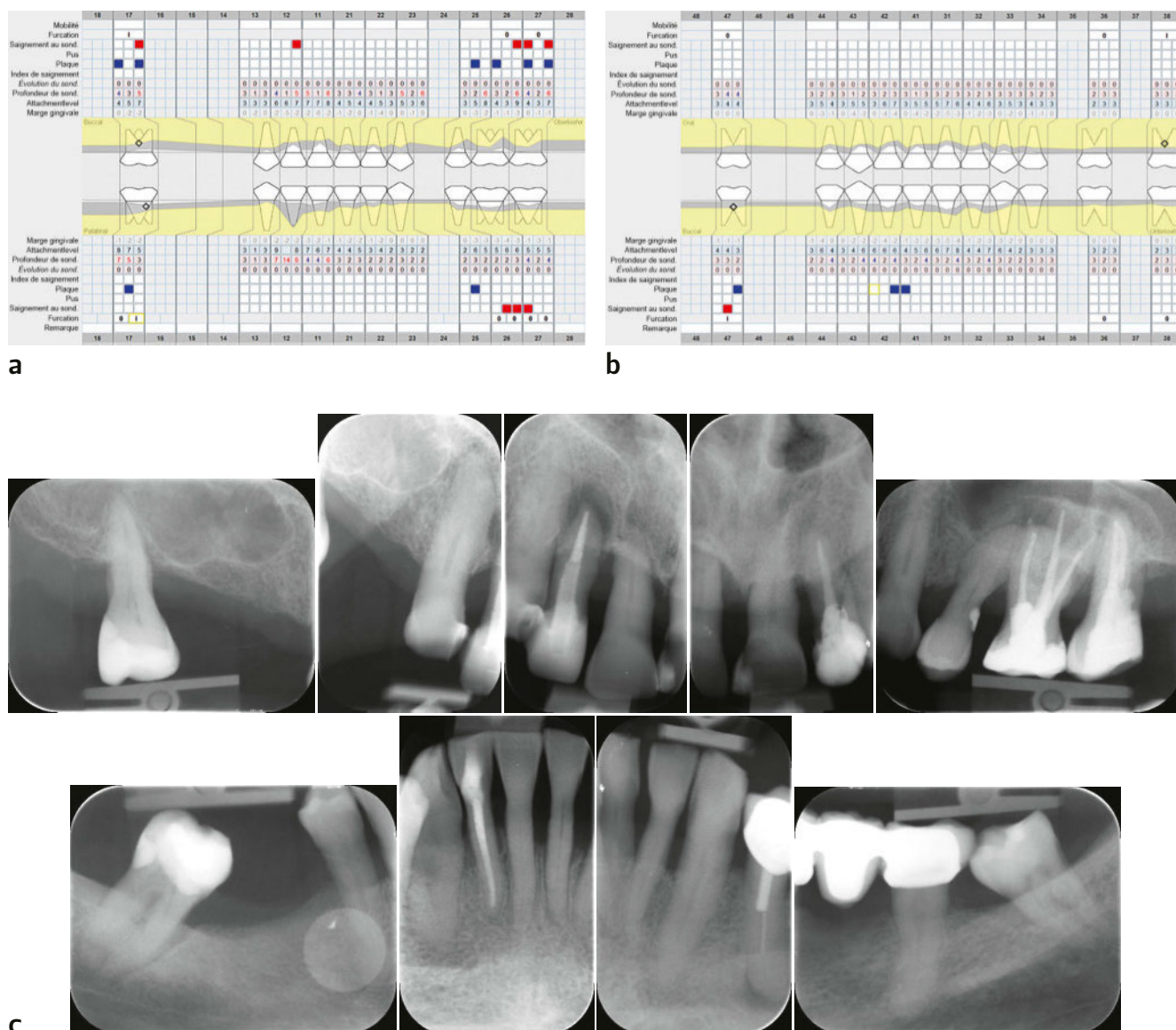


Fig. 2a-c Statut parodontal avant le traitement dans la mâchoire supérieure (a) et inférieure (b); statut radiologique (c)

- Perte clinique d'attache interdentaire  $\geq 5$  mm
- Perte osseuse radiographique au tiers moyen ou apical de la racine
- Pertes dentaires dues à la parodontite  $\geq 5$
- Profondeur de sondage maximale  $\geq 6$  mm
- Résorption osseuse verticale  $\geq 3$  mm
- Atteinte de furcation de degré II
- Dysfonctionnement mastocatoire et traumatisme occlusal secondaire
- Mobilité dentaire de degré  $\geq 2$  avec migration dentaire et défaut osseux grave de la crête alvéolaire.

Les restaurations directes et indirectes existantes pouvaient être conservées et polies. La mâchoire supérieure et la mâchoire inférieure portaient chacune une prothèse Kennedy de classe III. Avec des unités mastocatoires antagonistes dans trois zones de soutien, la situation correspondait à une classification Eichner B1. Le pronostic des dents 13, 23, 33, 36, 38, 43, 43, 44 a été classé comme bon, celui des dents 17, 25, 26, 27, 31, 32, 34, 37 comme douteux et celui des dents 12, 11, 21, 22 comme mauvais (en raison d'une perte clinique d'attache et/ou de

substance dentaire, et/ou d'un traitement endodontique insuffisant) (fig. 2c).

### Planification et déroulement du traitement

La principale demande du patient était la réhabilitation de la mâchoire supérieure avec restauration de la fonction mastocatoire et ce, à moindre coût. La planification du traitement et la mise en œuvre clinique ont été réalisées à la Clinique de formation des étudiants de l'UZB (2<sup>e</sup> année de maîtrise en prothétique). En concertation avec le patient, l'option thérapeutique d'une prothèse squelettée a été choisie pour la mâchoire supérieure. À titre de comparaison, les procédés conventionnels et numériques devaient être utilisés, et ils ont été documentés jusqu'à la fabrication terminale de l'armature (fig. 3, 4).

### Procédé conventionnel

Huit semaines après l'extraction des dents 12, 11, 21, 22, les empreintes de la mâchoire supérieure et inférieure ont été prises (Algimoplast®, Kulzer, Hanau, Allemagne), les modèles de situation et un porte-empreinte individuel ont été réalisés, une analyse du modèle a été effectuée dans le parallélomètre et la



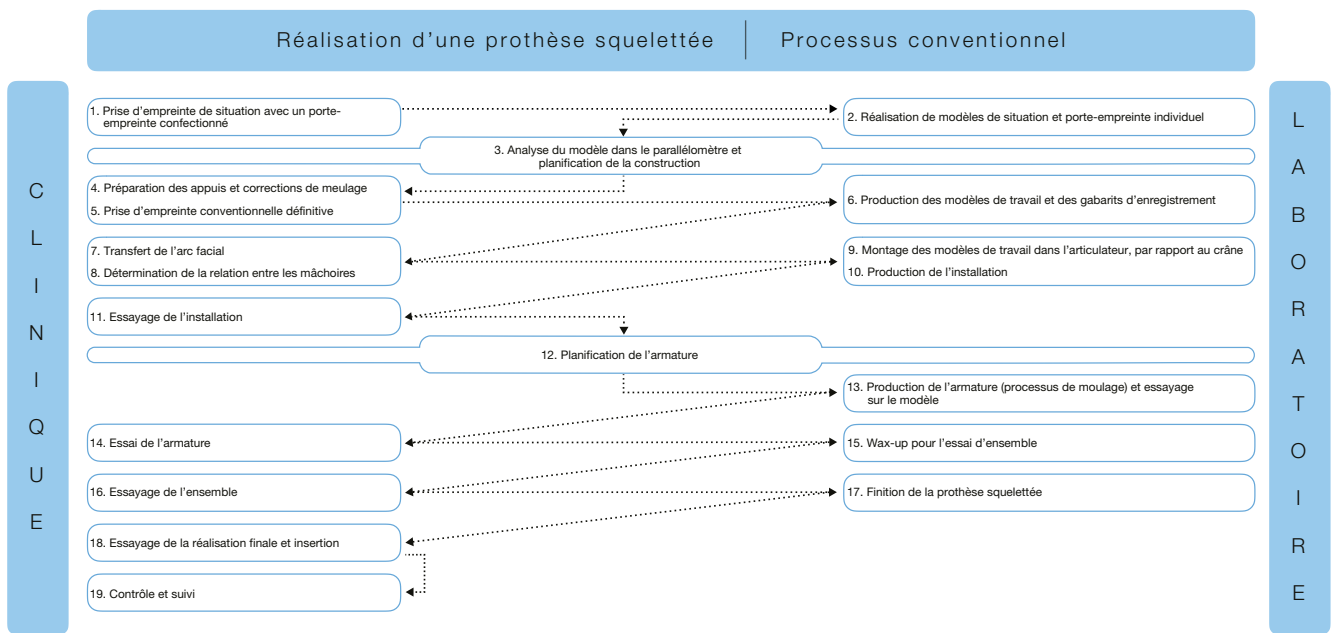


Fig. 3 Vue d'ensemble du processus conventionnel pour la fabrication d'une prothèse squelettée : aspects cliniques et techniques de laboratoire

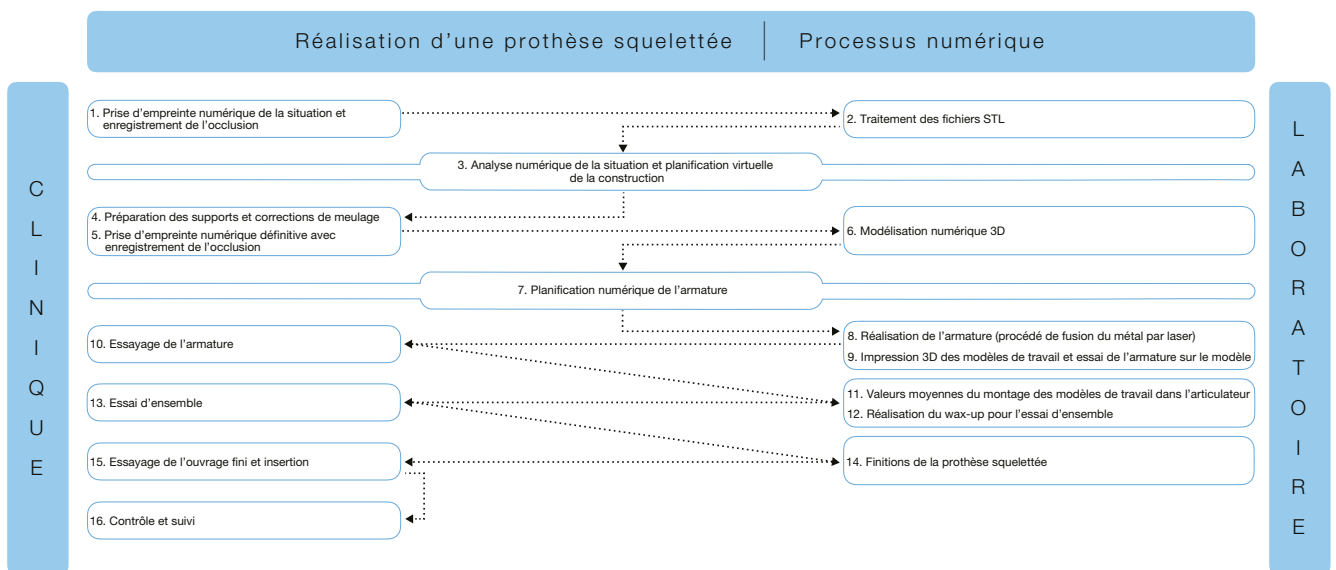


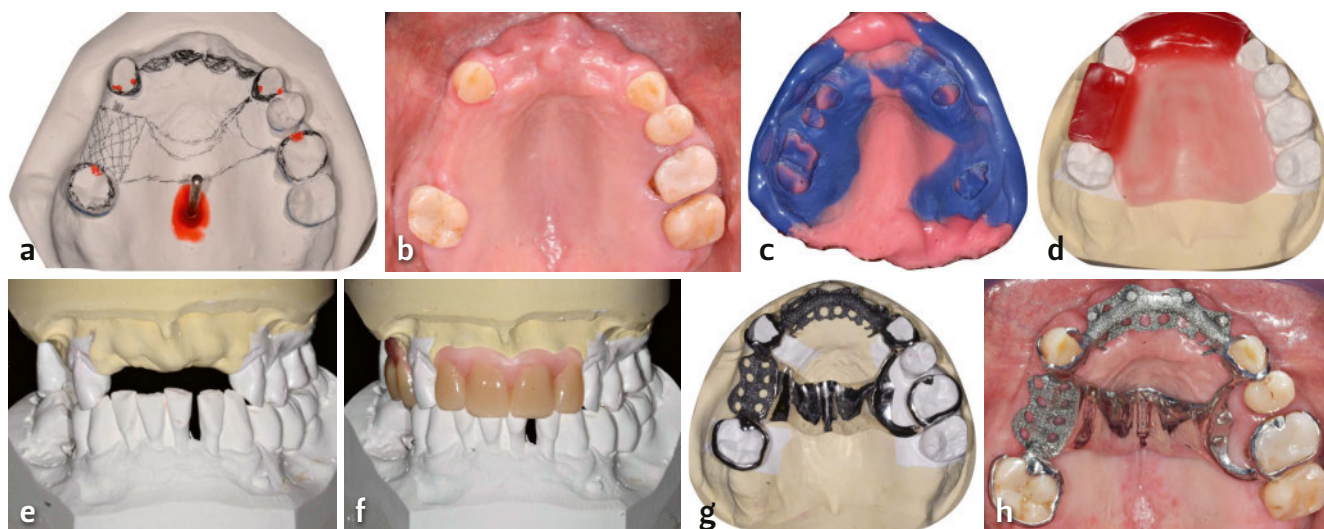
Fig. 4 Vue d'ensemble de la procédure numérique pour la fabrication d'une prothèse squelettée : aspects cliniques et techniques de laboratoire

construction de la prothèse squelettée sur le modèle en plâtre a été planifiée. À partir de là, les surfaces de guidage et les supports en forme d'auge sur les dents piliers ont été préparés, puis une empreinte définitive a été prise (Permadyne™ Penta™ H; Permadyne™ Penta™ L, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA). Après la fabrication du modèle de travail, un gabarit d'enregistrement a été réalisé afin de déterminer la relation entre les mâchoires et pour transférer l'arc facial (fig. 5a-d). Les modèles de travail ont été montés dans l'articulateur par rapport au crâne. En tant qu'outil diagnostique supplémentaire, un montage prothétique a été fabriqué et testé en situation intraorale sur le plan fonctionnel, phonétique et esthétique. L'armature finale a été modelée en cire, coulée, ajustée sur le modèle de travail et essayée dans la bouche du patient. Les critères de qualité clinique ont été examinés en tenant compte de l'efficacité fonctionnelle générale avec évaluation de l'ajustement sans tension en position finale, de la position du grand connecteur,

de la rétention et de la convivialité parodontale de la conception (fig. 5e-h).

### Procédé numérique

Le procédé numérique s'est déroulé parallèlement au flux de travail conventionnel décrit ci-dessus : après la prise d'empreinte conventionnelle de la situation de la mâchoire supérieure et inférieure, la numérisation du maxillaire supérieur et inférieur et de la relation positionnelle optique des deux mâchoires a été effectuée en intercuspidation maximale au moyen d'un scanner intraoral (SIO) (Primescan, Sirona Dental Systems GmbH, Bensheim, Allemagne). Les fichiers STL obtenus ont été exportés et transmis au laboratoire dentaire pour traitement. Ensuite, une analyse de la situation 3D et une planification virtuelle de la construction ont été réalisées et utilisées comme guide d'orientation pour la préparation et les corrections de meulage des dents piliers. De plus, le maxillaire supérieur et



**Fig. 5a-h** *Processus conventionnel*: planification de l'armature sur le modèle de situation (a), préparation des appuis et des surfaces de guidage des dents piliers (b), empreinte conventionnelle finale avec un élastomère (c), gabarits pour l'enregistrement de l'occlusion (d), assemblage des modèles de travail par rapport au crâne (e), wax-up diagnostique des dents (f), armature coulée (g), et essai clinique de l'armature (h)



**Fig. 6a-m** *Procédure numérique*: reconstruction 3D de la mâchoire supérieure et inférieure et enregistrement de l'occlusion après scannage intraoral (a), préparation des appuis et des surfaces de guidage des dents piliers (b), nouveau scannage de la mâchoire supérieure après préparation (c), planification 3D de l'armature (d), impression 3D des modèles de travail (e), impression 3D de l'armature (f), essai clinique de l'armature (g), essai de la prothèse squelettée complète sur des modèles montés en valeur moyenne (h), finition de la prothèse squelettée et ajustement dans l'articulateur (i), vue frontale intraorale (j), vue occlusale (k), insertion de la prothèse squelettée: image des lèvres (l) et vue de face (m)

l'occlusion ont été scannés à nouveau pour construire un montage numérique avec l'armature correspondante de la prothèse squelettée (fig. 6a-d). La technologie d'impression 3D par fusion laser a été utilisée pour fabriquer l'armature (imprimante 3D: Mlab Cusing, Concept Laser GmbH, Lichtenfels, Allemagne; matériau de l'armature: remanium® star CL powered by Dentaureum, Concept Laser GmbH, Lichtenfels, Allemagne). Pour le contrôle de qualité de l'armature, jusqu'ici entièrement conçue virtuellement et produite numériquement, des modèles de travail ont été imprimés à partir des fichiers STL des scans intrabuccaux (imprimante 3D: Objet 500 Dental Selection, Stratasys, Los Angeles, CA, USA; matériel d'impression: VeroDentPlus™ MED 690, Stratasys, Los Angeles, CA, USA). Ainsi, la précision d'ajustement de l'armature a pu être testée d'abord sur le modèle imprimé en 3D, puis cliniquement (fig. 6e-g).

### Finalisation de la prothèse squelettée

Après les essais cliniques, c'est l'armature fabriquée numériquement qui a été préférée en raison de son meilleur ajustement, et qui a donc été utilisée pour la réalisation de la prothèse squelettée définitive. Les modèles de travail imprimés ont été montés en articulateur et les unités masticatoires à remplacer ont été ajoutées sur les selles prothétiques. L'ensemble de la construction a été testé en cire, puis finalisé techniquement et enfin intégré (figure 6h-m). Les contrôles ont été effectués trois et dix jours après l'insertion, puis à des intervalles de recall semestriels.

### Discussion et conclusions

Malgré la tendance actuelle aux reconstructions fixes, les concepts de traitement utilisant des prothèses partielles conventionnelles sont encore très répandus (ZITZMANN ET COLL. 2009). Parallèlement, l'ensemble de la médecine dentaire est fortement influencée par la numérisation globale (JODA & GALLUCCI 2015; JODA ET COLL. 2017) et les procédures techniques sont sujettes à des changements rapides. Dans la fabrication des armatures de prothèses partielles, les processus entièrement numériques contrôlés par les logiciels CAO/FAO ouvrent des possibilités alternatives sérieuses aux techniques classiques utilisant les maîtres-modèles en plâtre, le wax-up manuel et les techniques de coulée conventionnelles.

Le cas présenté illustre les deux méthodes de production, conventionnelle et numérique, qui ont été utilisées à des fins didactiques dans le cadre de l'enseignement universitaire. Les différences essentielles entre les flux de travail conventionnels et numériques résident dans la prise d'empreinte, l'enregistrement de l'occlusion, la fabrication du modèle, le montage des dents, la planification de la construction et la méthode de fabrication de l'armature. Les étapes ultérieures ainsi que l'élaboration et la production finale sont identiques pour les deux flux de travail et ne peuvent (actuellement) être réalisées que manuellement.

L'armature imprimée en 3D par fusion laser a été clairement préférée du fait de l'ajustement très précis dans la zone des appuis muqueux et parodontaux, et en raison des propriétés de rétention des éléments de maintien avec adaptation passive dans la position finale. Néanmoins, l'armature fabriquée de façon conventionnelle a montré un ajustement cliniquement acceptable, mais en comparaison directe, elle était moins satisfaisante que l'armature numérique. De plus, le patient a décrit l'armature conventionnelle comme étant « inconfortable »

parce qu'elle créait une sensation inhabituelle de tension dans la bouche. Comme l'ajustement de l'armature conventionnelle sur le modèle en plâtre était passif, la prise d'empreinte a été soupçonnée en tant que source d'erreur possible. Bien que la prise d'empreinte classique de l'arcade complète avec un élastomère définisse encore l'étalon-or (ENDER ET COLL. 2019, 2016), la viscosité du matériau d'empreinte provoque un déplacement des dents mobiles et de la muqueuse dans les zones édentées (AL-AHMAD ET COLL. 2006; MASRI ET COLL. 2002). La prise d'empreinte numérique, par contre, est effectuée sans contact, et donc sans influence provoquée par les manipulations. Là encore, il faut tenir compte du fait que le processus de scannage des zones muqueuses mobiles et humides est délicat et peut conduire à une réduction de la précision (GAN ET COLL. 2016; GINTAUTE ET COLL. 2018). En ce qui concerne la satisfaction des patients, la prise d'empreinte numérique est mieux acceptée et jugée plus agréable que la prise d'empreinte conventionnelle (JODA & BRAGGER 2015; SCHEPKE ET COLL. 2015; WISMEIJER ET COLL. 2014). De plus, la procédure numérique permet l'enregistrement direct de l'occlusion en 3D, alors que dans l'approche conventionnelle avec les modèles d'enregistrement, cette procédure nécessite des étapes de travail supplémentaires et donc davantage de temps.

Les études sur la précision et l'exactitude des prises d'empreintes numériques de l'arcade complète se sont concentrées sur des situations entièrement dentées. Il reste encore des questions ouvertes concernant l'enregistrement numérique de l'occlusion en 3D: combien de paires de dents antagonistes sont nécessaires pour obtenir des résultats fiables? La reproductibilité est-elle affectée par des dents piliers mobiles avec perte d'attache? Une étude récente a investigué, dans des conditions standardisées, la précision de l'enregistrement numérique 3D de l'occlusion avec différents scanners intraoraux. Pour ce faire, le nombre de paires de dents antagonistes a été successivement réduit à l'aide de modèles montés dans l'articulateur, et l'enregistrement de l'occlusion a été effectué numériquement. Les différents enregistrements d'occlusion en 3D ont généré des schémas de points de contact occlusaux significativement différents. Pour tous les scanners intraoraux, le résultat a été influencé par le nombre de dents postérieures existantes, et a montré une précision plus faible des contacts pour les dents postérieures comparativement aux dents antérieures (GINTAUTE ET COLL. 2019).

La procédure numérique offre un autre avantage grâce à la possibilité d'une planification virtuelle de la construction, car l'analyse manuelle du modèle dans le parallélogramme n'est plus nécessaire. L'équateur prothétique par rapport à la direction d'insertion de la prothèse peut être visualisé numériquement par le positionnement 3D du modèle virtuel. Ainsi, la conception de l'armature, y compris le protocole de préparation des surfaces de guidage et des supports, peut être planifiée soigneusement (ALIFUI-SEGBAYA ET COLL. 2017). De plus, les premiers tests ont montré que la fabrication additive d'une armature par fusion laser présente de meilleures propriétés mécaniques que la procédure analogique ou le fraisage CAD/CAM (ZHOU ET COLL. 2018). Néanmoins, il y a encore des limitations dans la réalisation finale de la prothèse squelettée en flux de travail entièrement numérique. Cela nécessite un gabarit qui peut être réalisé avec un polymère imprimable en 3D sur la base des scans intraoraux. Même s'il n'est pas (encore) possible de mettre en œuvre un flux de travail entièrement numérique dans le domaine de la prothèse squelettée, la numérisation est un processus irréversible



en médecine dentaire. Les protocoles de traitement CAO/FAO ont déjà démontré leur supériorité sur les procédures conventionnelles dans le domaine des restaurations unitaires postérieures. Bien que l'éventail des indications et des procédures soit moins standardisé dans le domaine des prothèses amovibles comparativement aux couronnes prothétiques et aux bridges, les techniques additives comme la fusion laser pour la fabrication des armatures, notamment, constituent une alternative à prendre au sérieux.

Avec la numérisation croissante, le nombre d'étapes de travail manuel pour la fabrication des prothèses squelettées classiques diminuera continuellement à l'avenir, ce qui permettra de réduire la durée totale du traitement et d'augmenter la précision de la reconstruction. Les étapes numériques intermédiaires, telles que la planification virtuelle de la conception et la fusion laser pour l'impression 3D des armatures, complètent

le spectre de la technologie médico-dentaire et doivent être considérées comme des alternatives à la procédure conventionnelle utilisant la technique du modèle en cire et du moulage. En outre, l'utilisation de scanners intraoraux est plus conviviale pour le patient que la prise d'empreinte classique. Néanmoins, de nouveaux développements des technologies numériques sont nécessaires pour éliminer les faiblesses actuelles et permettre un flux de travail entièrement numérique, même en l'absence totale de modèle.

Prothèse squelettée 2.0 : OUI – mais pas (encore) tout à fait de A à Z.

## Remerciement

Nous remercions M. Patrick Grögli (Rychen & Partner Zahn-technik, Bâle, Suisse) pour le travail technique dentaire avec la documentation.