

dental labor

France

MAGAZINE INTERNATIONALE DE LA TECHNOLOGIE DENTAIRE

Impression 3D : un démarrage technologique tardif

Production rentable de modèles imprimés en 3D

La fabrication numérique des prothèses complètes

1

Bienvenue sur la bourse de l'emploi

Vous cherchez quelqu'un pour renforcer l'équipe de votre cabinet ou de votre laboratoire ?
Ou êtes-vous vous-même à la recherche d'une opportunité d'emploi ? Alors, affichez vos annonces sur notre bourse de l'emploi numérique !

Vous retrouverez le kit média (tarifs, formats, délais) sur
www.dental-labor-france.fr

**dental
labor**
France



Impression 3D en action

Chers lecteurs,

Il y a 20 ans, lorsqu'on entendait le terme « impression 3D », on pensait aux usines futuristes, aux prototypes extravagants ou aux applications industrielles complexes. Aujourd'hui, la réalité est beaucoup plus tangible – et elle est désormais bien implantée en France. La France fait partie des pays européens qui encouragent activement l'utilisation de la fabrication additive. Le marché français de l'impression 3D était déjà estimé à environ 600 millions de dollars américains en 2023 et continue de croître rapidement. La technologie n'est pas seulement utilisée dans l'industrie, elle trouve également des applications de plus en plus créatives et pratiques – que ce soit dans l'architecture, la mécanique ou même la gastronomie. À Bezannes, un immeuble résidentiel à plusieurs étages a été imprimé directement sur le chantier l'année dernière – un exemple impressionnant de la manière dont l'impression 3D redéfinit les limites.

Mais la révolution de la fabrication ne se limite pas aux grandes entreprises. Même dans le domaine privé, l'impression 3D gagne en importance. Un bel exemple : chez moi, dans le sous-sol de loisirs, se trouve depuis l'avant-dernier Noël une imprimante 3D – un cadeau pour mon fils passionné de technologie. Son école dispose même d'un club d'impression 3D, où les élèves conçoivent, impriment et expérimentent des modèles. Il est fascinant de voir à quelle vitesse les jeunes maîtrisent la technologie et l'utilisent de manière créative – une compétence qui sera très utile pour la prochaine génération de techniciens dentaires. Pour le secteur dentaire, l'impression 3D n'est plus un sujet d'avenir, mais une réalité quotidienne. La France s'est imposée comme l'un des



marchés les plus avancés dans ce domaine. De plus en plus de laboratoires utilisent des modèles imprimés en 3D, des gouttières, des porte-empreintes, voire directement des composants de prothèses. Les avantages sont évidents : des temps de production plus rapides, des possibilités d'adaptation flexibles et la capacité de produire efficacement des solutions personnalisées. Dans ce numéro, vous découvrirez comment d'autres laboratoires exploitent cette technologie, quels matériaux sont particulièrement performants et quelles méthodes de travail se sont révélées efficaces.

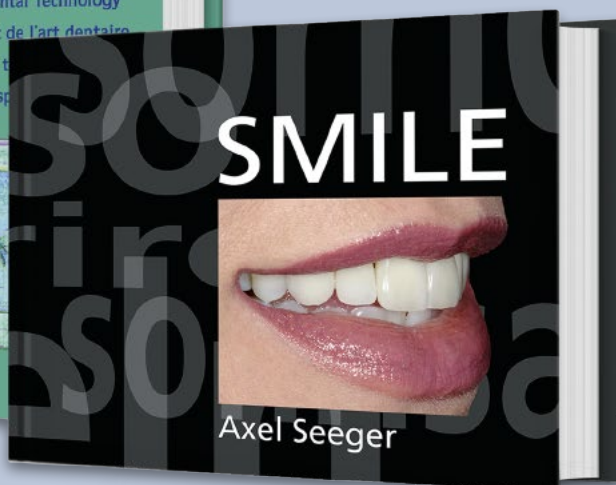
Mais l'impression 3D ne se limite pas à la technique et à l'efficacité. Elle est également un moteur de créativité et d'innovation. La technologie ouvre de nouvelles voies qui étaient auparavant impensables. En même temps, nous apprenons que la précision seule ne suffit pas : la combinaison du design numérique, du choix des matériaux et du savoir-faire artisanal reste déterminante – une combinaison que de nombreux laboratoires français maîtrisent déjà avec succès. Et cela ne concerne pas seulement la dentisterie : par exemple, la chaîne de boulangerie Maison Bécam a également fait parler d'elle grâce à son utilisation culinaire et créative d'une imprimante alimentaire 3D.

L'impression 3D est bien plus qu'un simple outil – c'est un lien entre tradition et innovation. En France, mais aussi dans le monde entier, elle transforme la manière dont nous concevons et fabriquons les prothèses dentaires. Il est donc plus que jamais utile de bien connaître les possibilités offertes par cette technologie.

Bonne lecture !

Mira Ross-Büttgen

DICTIONNAIRE DE L'ODONTOLOGIE ET DE L'ART DENTAIRE



SMILE UN LIVRE EN SIX LANGUES

Dictionnaire de l'odontologie et de l'art dentaire

Dominik Groß

2 volumes

Verlag Neuer Merkur

ISBN 978-3-929360-56-1

1.530 pages, livre relié/hardcover · 75 Euro

La terminologie dentaire actuelle en anglais, en allemand, en français et en espagnol en deux volumes!

Le présent ouvrage s'adresse surtout aux dentistes, aux chirurgiens maxillo-faciaux, aux étudiants en chirurgie dentaire, aux prothésistes dentaires ainsi qu'aux autres spécialistes de la discipline, mais aussi aux interprètes et aux traducteurs.

SMILE

Axel Seeger

Verlag Neuer Merkur

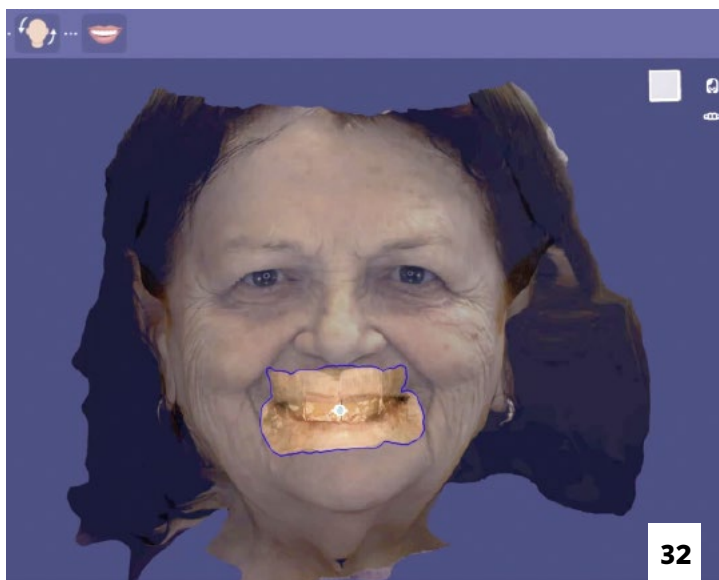
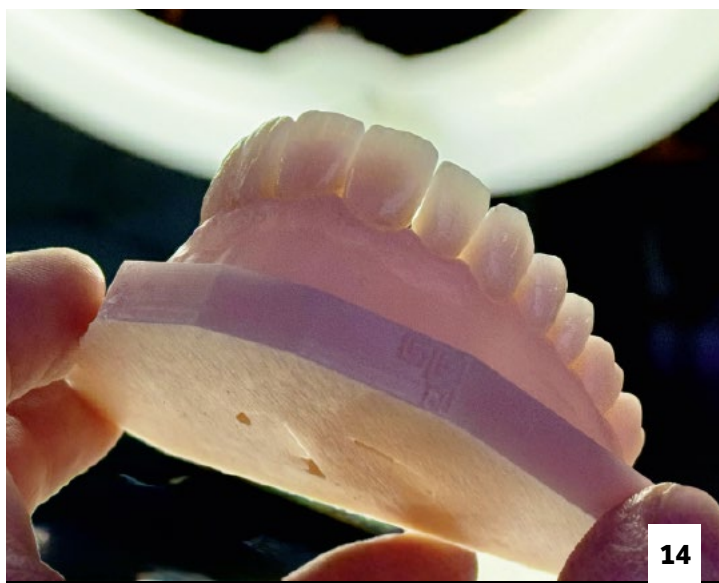
ISBN 978-3-937346-77-9

128 pages, livre relié/hardcover · 19,90 Euro

Ce livre vous permettra de retrouver le sourire – Des photos de dents naturelles, très diverses en termes de formes et de surfaces. Des coupes qui pénètrent jusqu'au plus profond de la dent et montrent les techniques utilisées. Des principes fondamentaux – basés avant tout sur le numérique – incontournables à l'heure actuelle. Avec des textes en allemand, anglais, italien, espagnol, portugais et français.

Pour plus d'informations, voir:
www.fachbuchdirekt.de

LIVRES DE RÉFÉRENCE
www.fachbuchdirekt.de



3 EDITORIAL

ACTUALITÉS

6 Prodways: Transformez votre production dentaire

7 picodent présente le nouveau pico-filaprinto

A DECOUVRIR

8 Production rentable de modèles imprimés en 3D

11 Impression 3D avec du Carbon

UPDATE

14 Interview avec Dr. Rohde de vhf

TECHNIQUES & CONNAISSANCE

19 De l'analogique au numérique:
La prothèse totale en pleine mutation –
Partie 1

26 Impression 3D - Cours de base,
2e partie: Un retard technologique

30 Tutoriel d'impression 3D #2:
la lentille du projecteur et le miroir

32 Prothèse totale: Flux de travail
numérique simplifié

44 Aperçu succinct: La fabrication
numérique des prothèses complètes

51 MENTIONS LEGALES

Transformez votre production dentaire

Un workflow entièrement automatisé



La DENTAL PRO Automated Line de ProDways permet aux laboratoires dentaires d'optimiser leur production grâce à un chargeur entièrement automatisé qui assure une production fluide et continue. Son système rotatif à quatre plateaux garantit une production à haut débit avec une intervention humaine minimale. Conçu pour maximiser l'efficacité, il offre des résultats homogènes et de haute qualité à chaque cycle, avec peu de supervision requise. Par exemple, en seulement quatre heures, il peut produire jusqu'à 220 modèles d'aligneurs, rendant le processus plus rapide et plus fiable.

Ce système permet une production sans intervention manuelle, réduisant ainsi la manipulation par les techniciens, qui peuvent se concentrer sur des tâches à plus forte valeur ajoutée, optimisant ainsi les coûts de main-d'œuvre. Grâce à une surveillance en temps réel, il offre un contrôle total du processus de production, réduit les erreurs et assure un traitement efficace des lots.

S'appuyant sur la gamme d'imprimantes DENTAL PRO 3D, la DENTAL PRO AUTOMATED Line améliore la productivité en automatisant le chargement des plateformes et la gestion des travaux d'impression. Équipée de la technologie MOVINGLight DLP de ProDways, cette solution permet une pro-

duction dentaire rapide, précise et à grande échelle. L'ajout d'une seconde tête augmentera la vitesse de 40 %.

Le système rotatif à quatre plateaux optimise les étapes critiques de la production, les plateaux sont également conçus pour s'intégrer facilement aux dispositifs de post-traitement. Il prend en charge une large gamme d'applications grâce à des résines certifiées, développées en interne, spécialement adaptées aux machines ProDways pour garantir des résultats reproductibles et précis répondant aux exigences des laboratoires dentaires.

L'AUTOMATED Line est compatible avec des matériaux haute performance, notamment :

- Provivic Denture Base pour la production de prothèses dentaires adhésives.
- PLASTCure Absolute Aligner pour les modèles d'aligneurs transparents
- PLASTCure Model 320 pour les modèles de couronnes et bridges

Grâce à une enveloppe de fabrication modulaire elle s'adapte aux besoins spécifiques de production, faisant de cette solution un outil polyvalent pour les laboratoires dentaires modernes. **[dlf]**

<https://www.prodways.com/fr/>

Durable, précis, efficace

picodent présente le nouveau pico-filaprinto

À partir de mars, picodent Dental-Produktions- und Vertriebs GmbH enrichit son portefeuille avec le nouveau pico-filaprinto – la première imprimante 3D à filament (FDM) spécialement conçue pour les laboratoires médicaux et les cabinets dentaires dans le monde. L'entreprise réaffirme ainsi son engagement à rester un partenaire fiable et tourné vers l'avenir pour ses clients, collaborateurs et partenaires.

Le procédé FDM est l'une des méthodes d'impression 3D les plus respectueuses de l'environnement. Toutes les matières premières utilisées répondent aux normes actuelles de protection de l'environnement. L'impression économe en énergie, la minimisation des pertes de matériau et la production à la demande permettent une fabrication locale et durable, à la fois responsable et économique. De plus, l'engagement service picodent® renforce la durabilité : après 12 mois, le pico-filaprinto bénéficie d'une remise à neuf complète et gratuite incluant le remplacement des pièces d'usure et la correction d'éventuels défauts.

La buse en rubis robuste assure une précision constante même avec des matériaux exigeants, tout en garantissant une vitesse maximale. La boîte à filament protégée avec surveillance intelligente du matériau assure un processus d'impression sûr et ininterrompu, même la nuit ou le week-end. Grâce à un système de filtration intégré et à la fusion contrôlée du matériau, le système fonctionne sans émissions toxiques ni poussières fines, contribuant ainsi à la protection de la santé dans les laboratoires et cabinets dentaires.

Selon le principe « déballer, allumer, imprimer, c'est prêt », les modèles stériles et stables sortent direc-



tement de l'espace d'impression – sans post-traitement, lavage ou polymérisation. Un verrouillage mécanique, la protection par code PIN et une mémoire conforme au RGPD garantissent une sécurité maximale des données sensibles.

Des filaments adaptés, développés en Allemagne, complètent le système et sont parfaitement adaptés aux exigences des applications dentaires modernes.

[dif]

 <https://www.picodent.de/cms/upload/download/katalog-fr-2026.pdf>

Production rentable de modèles imprimés en 3D

Mon expérience au cabinet dentaire

Dans mon laboratoire unipersonnel, je ne propose que des prothèses fixes et je suis spécialisé dans les facettes stratifiées à la main, naturellement esthétiques. Je recherche toujours la perfection. Il y a environ cinq ans, un client m'a informé qu'il avait acheté un scanner intra-oral. « Génial », me suis-je dit, « maintenant, je dois aussi m'occuper des scanners intra-oraux ».



► Modèle en plâtre (à gauche) versus modèle imprimé en 3D (à droite).

P

our les revêtements céramiques, j'ai quand même besoin de modèles. J'ai donc acheté des modèles imprimés auprès de différents fournisseurs. Le moins que l'on puisse dire, c'est que j'étais très insatisfait des résultats. La plupart d'entre eux ressemblaient à une planche à laver, avec des étapes visibles au niveau des couches d'impression. Il est impossible de travailler avec précision et d'obtenir des points de contact parfaitement ajustés.

Qualité contre rentabilité

Pour ne pas perdre de clients si je n'acceptais pas les empreintes numériques, il fallait trouver une solution. S'il n'y a pas de modèles raisonnables à acheter, je dois les imprimi-

Auteur

Technicien dentaire Nis Rehfeldt ▪ Dentale Rekonstruktion Nis Rehfeldt, Carl-Zeiss-Str. 4, D-25451 Quickborn
✉ info@dentale-rekonstruktion.de ▪ 🌐 www.dentale-rekonstruktion.de

mer moi-même. Cependant, une imprimante 3D à plusieurs milliers d'euros uniquement pour la fabrication de modèles serait plus que non rentable pour un laboratoire d'une seule personne. Avec ma compagne, nous avons donc passé des mois à surfer sur Internet et à faire des impressions tests, jusqu'à ce que nous comprenions comment imprimer des modèles précis aux dimensions exactes, même avec des imprimantes bon marché à moins de 300 euros.

Il ne me manquait plus que le bon matériau pour l'impression, car de nombreuses résines d'impression se salissent ou se fendent lorsqu'on veut les travailler avec la pièce à main, par exemple ; elles ne sont donc que partiellement adaptées à la technique dentaire. D'autres résines sont certes explicitement conçues pour les modèles dentaires, mais elles coûtent volontiers plus de 200 euros/kg, ce qui rend la fabrication de modèles à nouveau non rentable.

C'est pourquoi j'ai testé pendant plusieurs semaines différentes résines d'impression, des moins chères aux plus chères (250 euros/kg), jusqu'à ce que j'en trouve une qui présente les caractéristiques parfaites.



► Le matériau d'impression 3D printRock pour les modèles est disponible via Klasse 4 Dental.

Solution

Les résultats de l'impression sont précis et conformes aux dimensions. Ce qui m'a toutefois gêné, c'est que pour les travaux sur les implants, l'analogue du modèle doit être enfoncé dans le modèle imprimé. C'est généralement assez difficile et on n'est jamais sûr qu'il soit vraiment tout en bas. Avec printROCK, le problème a été résolu : même avec certaines imprimantes bon marché de moins de 300 euros, je peux imprimer directement les analogues de modèles. Ainsi, grâce à cette technique, même des



► Disponible en ivoire, blanc, gris (tous 82 euros/kg) ainsi qu'en or (87 euros/kg).



➤ Avec base adhésive



➤ Avec l'analogue du modèle imprimé

Photos: Dentale Rekonstruktion Nis Rehfeldt

bridges de 14 éléments s'adaptent parfaitement sur huit implants. Mes clients en sont ravis.

Les modèles imprimés avec printROCK peuvent idéalement être traités comme des modèles en plâtre. Il n'est pratiquement pas nécessaire de modifier le flux de travail habituel. On peut tout aussi bien ajuster les modèles, les scier et les travailler avec la pièce à main. Je peux fabriquer des modèles sciés épinglés comme d'habitude. On peut certes imprimer des moignons amovibles avec un ajustement parfait avec printROCK, mais je n'en suis pas fan. Je préfère m'en tenir à mes modèles de sciage épinglés.

Si, pour une raison quelconque, je fais un double scan, je n'ai pas besoin de spray de scan avec printROCK, car la surface satinée est scannable.

De plus, les modèles en printROCK sont même un peu plus stables que les modèles en plâtre, de sorte qu'il n'y a pas de risque de casser les incisives lorsque, par exemple, on retire des gouttières inférieures trop serrées.

Le matériau est indéformable, ne rétrécit pas et ne se déforme pas, même après plusieurs mois de stockage. L'effet de la chaleur (par exemple lors d'un sablage à la vapeur ou dans un pot d'impression) ne provoque pas de déformations.

En bref : pour moi, printROCK est le matériau d'impression parfait ! Comme je suis convaincu par le matériau, j'ai vendu cette résine sous ma propre marque « Dentale Rekonstruktion Model suprême ». Pour pouvoir m'occuper davantage de la technique dentaire, j'ai cherché un partenaire de coopération pour la distribution. La résine est désormais vendue par Klasse 4 Dental GmbH (www.klasse4.de) sous la marque « 3D exact print-ROCK ».

[dlf]

Photo: Dentale Rekonstruktion Nis Rehfeldt



➤ Dans mes cours, les collègues intéressés apprennent à créer des modèles et des travaux esthétiques et parfaitement adaptés à l'aide de l'impression 3D. Ils acquièrent les connaissances théoriques et pratiques nécessaires pour se lancer en toute sécurité dans l'impression 3D et obtenir d'excellents résultats avec, entre autres, des programmes open source et des imprimantes 3D de différentes catégories de prix.

Mettre à l'échelle avec intelligence

Dans le monde de la dentisterie restauratrice, le temps est plus important que l'argent - il influence le confort du patient, la confiance et la qualité des soins. Alors que la demande de dentisterie numérique augmente et que la main-d'œuvre vieillit, les laboratoires sont confrontés à un défi croissant : comment évoluer plus rapidement et accélérer la production sans compromettre la qualité ?

Pour Corus Byrnes Dental Lab, un laboratoire dentaire de deuxième génération au Royaume-Uni avec une tradition de précision, d'artisanat et de soins axés sur le client, la solution était claire : un partenariat avec Carbon pour optimiser la technologie numérique et faire progresser une production plus intelligente et plus rapide. En utilisant la plateforme d'impression 3D de Carbon, le laboratoire a rationalisé sa production, éliminé les tâches manuelles répétitives et permis à ses techniciens expérimentés de se concentrer sur l'essentiel : la fourniture continue de restaurations de haute qualité dans un paysage clinique en constante évolution.

Qualité et technologie

Ce qui a commencé en 2006 comme un laboratoire familial de précision clinique est devenu un acteur important sur le marché dentaire numérique du Royaume-Uni. Sous la direction d'Ashley Byrne, propriétaire et directeur adjoint de Corus Byrnes, le laboratoire a connu une croissance rapide et efficace.

La croissance s'est accélérée en 2022 lorsque Byrnes a rejoint le groupe Corus, un réseau leader de plus de quatre-vingt-dix laboratoires dentaires numériques dans dix pays européens. Cette étape a marqué l'entrée de Corus sur le marché britannique et a placé Byrnes au cœur d'une stratégie paneuropéenne de numérisation de la fabrication dentaire. Aujourd'hui, Corus Byrnes ne sert pas seulement sa propre clientèle, mais soutient également six autres laboratoires du réseau britannique avec sa production d'impression 3D.

Avec des valeurs communes autour de l'innovation, de la qualité et de la performance clinique, le partenariat avec Corus a permis à Corus Byrnes d'approfondir son approche



➤ Ashley Byrne, propriétaire et directeur adjoint du Corus Byrnes Dental Lab



basée sur la technologie, avec des résultats plus rapides et plus cohérents, sans pour autant renoncer à l'artisanat et aux soins qui ont fait la réputation du laboratoire.

La prévisibilité compte

Avant de travailler avec Carbon, la fiabilité des solutions d'impression 3D était un problème majeur : impressions défectueuses, mauvais ajustements, coûts élevés dus au gaspillage de résines, aux ruptures et aux retouches. Cela ne pesait pas seulement sur l'équipe, mais affectait également la satisfaction des clients et des collaborateurs.

« Ce n'était pas seulement une question de temps de fabrication », explique Ashley. « C'était l'imprévisibilité qui détruisait la confiance. Si un praticien attend un produit un jour donné et qu'il ne vient pas, cela sape la confiance. Multipliez cela par des centaines de clients - et cela devient un sérieux problème. »

Grâce à la plate-forme Carbon - connue pour sa technologie de synthèse numérique de la lumière par le Carbon, ou Carbon DLS, rapide et de haute qualité - le laboratoire a justement pu surmonter ces défis. Quarante-huit heures seulement après l'installation de la première imprimante, l'équipe a décidé d'en installer une deuxième afin de passer au Carbon pour une production encore plus importante. « Tout à coup, nous avons pu quadrupler le volume tout en réduisant la pression sur l'équipe », explique Ashley.

Chaque pression le prouve

Depuis l'introduction du Carbon, Corus Byrnes a transformé la fabrication de nombreux produits - des gouttières occlusales et des guides chirurgicaux aux porte-empreintes

et prothèses personnalisées, en un flux de travail entièrement numérique. Résultats : des temps de traitement considérablement réduits, une plus grande cohérence, une meilleure qualité et une plus grande satisfaction des clients. Le taux d'erreur est passé de 10 % à 0,01 %.

Un exemple : le remplacement des prothèses pour les patients atteints de démence ne prend plus dix à douze semaines, mais seulement vingt-quatre heures - un véritable gain de qualité de vie.

Grâce à des matériaux validés comme le DPR 10, le KeySplint Soft et le Lucitone Digital IPN de Dentsply Sirona, l'adaptation, la stabilité et le confort se sont également améliorés - sans pour autant renoncer aux normes esthétiques et cliniques élevées du laboratoire.

Itérer plus rapidement, produire plus intelligemment

Carbon permet non seulement une production fiable, mais aussi l'innovation à grande échelle. Grâce à la reproductibilité numérique, les nouveaux designs peuvent être testés, adaptés et introduits rapidement, sans perte de qualité ou de temps. « Grâce aux machines en Carbon et au logiciel Design Engine, nous pouvons développer un nouveau design aujourd'hui, le tester demain et l'intégrer presque immédiatement dans la production en cours », explique Ashley.

La force du partenariat

Un facteur de réussite décisif pour Corus Byrnes est l'étroite collaboration avec Carbon. Contrairement aux fournisseurs classiques, qui disparaissent souvent après la vente, Carbon accompagne le laboratoire sur le long terme - du lancement aux nouveaux développements de matériaux en passant par le support technique. Une autre clé : le modèle d'abonnement de Carbon. Alors que cela semblait inhabituel au départ, il s'est avéré être un avantage ... des mises à jour continues, des coûts transparents et une sécurité de planification à long terme.

Regard vers l'avenir

Avec le Carbon au cœur de la production, Corus Byrnes peut se développer tout en répondant à la demande croissante - malgré la diminution du nombre de prothésistes dentaires dans le monde. « Au final, c'est une question de confiance », explique Ashley. "Confiance dans le fait que nos produits sont précis et de première qualité, qu'ils arrivent à temps chez le praticien et qu'ils profitent en fin de compte au patient. Le Carbon nous aide à fournir exactement cela".

L'objectif est désormais de développer l'automatisation de manière intelligente, sans perdre le côté artisanal de la technique dentaire. Grâce à une conception assistée par l'IA et à des processus de finition automatisés, le laboratoire parvient à affecter la main-d'œuvre aux domaines qui nécessitent une véritable expertise humaine. « Pour nous, l'innovation ne consiste pas seulement à utiliser de nouveaux outils, mais à repenser les processus de fond en comble. Avec Carbon, nous ne nous contentons pas de suivre le rythme du changement - nous le façonnons activement. »



« La technique de fraisage continue à faire valoir ses avantages »

Interview avec Dr. Rohde de vhf

De nombreux laboratoires dentaires et cabinets dentaires sont confrontés à la question de savoir si l'impression 3D est une alternative à part entière à la technologie de fraisage éprouvée. Nous avons interrogé le Dr Nicolas Rohde, Chief Strategy Officer chez vhf camfacture AG, fabricant de fraiseuses dentaires, d'outils et de logiciels de FAO, sur son évaluation des deux technologies.



Le Dr Rohde est diplômé en commerce et a obtenu un doctorat en théorie de l'organisation. Il travaille dans le secteur dentaire depuis 2005, et ces treize dernières années, il s'est concentré sur la dentisterie numérique. Il travaille chez vhf depuis 2016 dans différentes fonctions et y est Chief Strategy Officer depuis 2021.

dl fr : Dr Rohde, l'impression 3D dans les laboratoires dentaires marque-t-elle le début d'une toute nouvelle ère technologique ?

Nicolas Rohde : Les nouvelles technologies, à condition qu'elles soient couronnées de succès, ouvrent de nouvelles possibilités. C'est le cas de l'impression 3D, qui s'imposera certainement sur le marché pour certaines applications. Mais la technique de fraisage continuera à faire valoir ses avantages. Les restaurations fraisées en matériaux céramiques ont une longue durée de vie, ne présentent aucun risque pour la santé, sont biocompatibles et sont visuellement les plus proches de la substance dentaire naturelle.

dl fr : Peut-on prouver la longévité des restaurations fraisées ?

Nicolas Rohde : En ce qui concerne les expériences à long terme, nous sommes clairement du côté de la sécurité avec la technologie de fraisage : les céramiques dentaires sont fraisées et usinées avec succès depuis plus de quarante ans. Qu'il s'agisse de vitrocéramique ou d'oxyde de zirconium, il existe de nombreuses études à long terme qui prouvent leur durabilité, leur biocompatibilité et leur fiabilité clinique. Ces expériences sont un gage de sécurité pour les prothésistes, les dentistes et les patients.

dl fr : Et qu'en est-il de l'innocuité pour la santé ?



► Dr. Nicolas Rohde,
Chief Strategy Officer
(CSO), vhf camfacture AG



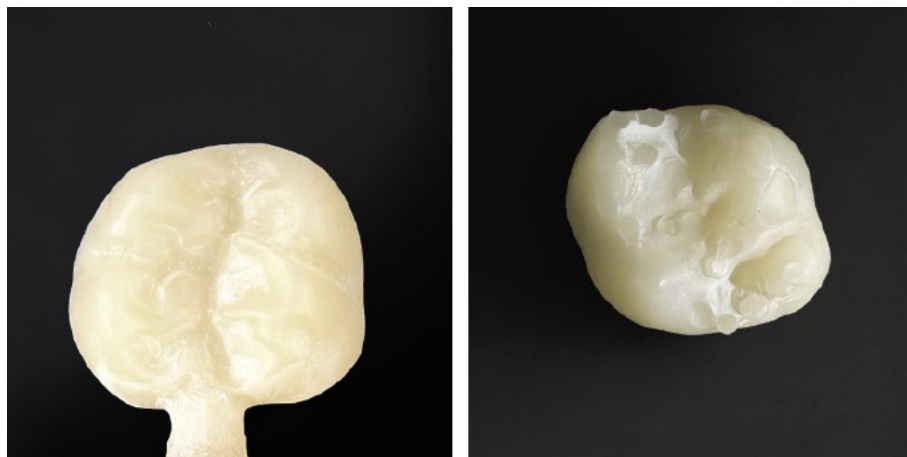
► L'esthétique parfaite n'est pas le seul facteur déterminant pour les restaurations dentaires, une grande longévité et une excellente biocompatibilité sont également des facteurs décisifs pour un sourire durablement éclatant.

Nicolas Rohde : Les matériaux céramiques et métalliques utilisés pour les restaurations dentaires sont pratiquement inertes sur le plan chimique. Les patients ne doivent donc pas s'attendre à ce que la qualité et la tolérance de leur restauration soient modifiées au cours de leur vie. Certes, les matériaux d'impression 3D courants sont également conçus en principe pour une utilisation dentaire, mais les résines d'impression 3D contiennent souvent des substances chimiques telles que des acrylates, des isocyanates ou d'autres monomères réactifs. À l'état liquide, ces substances sont potentiellement toxiques, irritantes ou sensibilisantes. C'est pourquoi le durcissement correct des résines après l'impression nécessite un soin particulier en termes de dosage précis de la longueur d'onde UV et de la température. Les pièces qui ne sont pas suffisamment durcies sont considérées comme nocives pour la santé. Une étude récente de l'université Ludwig-Maximilian de Munich (Allemagne) a en outre montré que même les résines entièrement durcies présentent une cytotoxicité modérée à forte selon le matériau, c'est-à-dire qu'elles peuvent endommager les cellules.

dl fr : Vous avez parlé des possibilités offertes par les nouvelles technologies. Dans quels domaines l'utilisation de l'impression 3D est-elle judicieuse dans les laboratoires dentaires ?

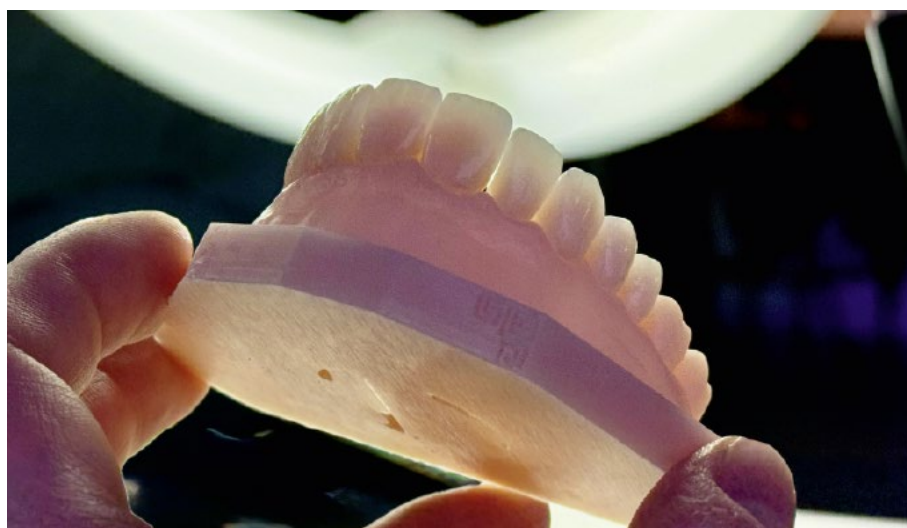
Nicolas Rohde : Les imprimantes 3D offrent la possibilité de produire un grand nombre de modèles de situation et de travail ou de guides chirurgicaux en peu de temps. L'impression peut également être une option économique pour les restaurations provisoires et rendre le travail des laboratoires dentaires plus efficace si l'impression 3D s'intègre dans leur flux de travail. En revanche, lorsqu'il s'agit de restaurations finales qui resteront en permanence dans la bouche, la durabilité du matériau joue un rôle décisif.

C'est pourquoi certains fabricants ont développé des résines pour l'impression 3D enrichies de particules de céramique. Ces résines hybrides contiennent parfois plus de 50 pour cent de céramique, mais une part importante reste de la résine. C'est en effet la seule façon d'imprimer les poudres respectives par couches. Toutefois, les résines synthétiques ont une résistance à la flexion nettement inférieure à celle des véritables céramiques. En revanche, les céramiques fraisées et polies sont intrinsèquement stables et homogènes, car la production industrielle des matériaux empêche toute inclusion d'air.



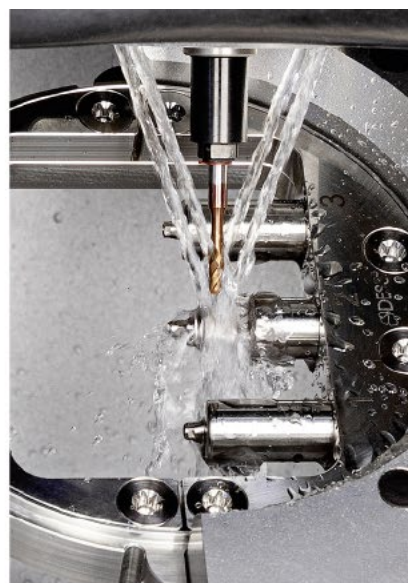
► Une couronne directement après le fraisage (à gauche) ou l'impression (à droite). Lors du fraisage, il reste une barre de maintien qui a été placée de manière relativement discrète sur le côté de la dent. Elle peut être facilement retirée à la main. La structure de soutien de l'impression 3D se compose de plusieurs barres plus fines qui se trouvent souvent directement sur la surface de mastication. Leur retrait est beaucoup plus difficile et les détails fins d'une surface de mastication élaborée sont perdus. Les restes de résine d'impression sont encore visibles sous forme de couche blanche.

▼ La translucidité de cette restauration fraisée montre la translucidité naturelle de la vitrocéramique renforcée au zirconium. Même à l'état cristallisé et durci, les moignons de dents brillent encore à contre-jour.

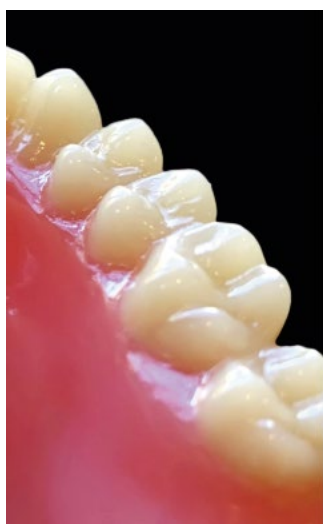


dl fr : La qualité esthétique d'une restauration est le résultat le plus visible. Comment évaluez-vous ici les deux technologies différentes ?

Nicolas Rohde : J'ajouterais à l'esthétique la qualité de surface. Après tout, les patients ne veulent pas sentir de différence avec leurs dents naturelles dans la bouche. Il existe des procédés 3D qui permettent d'imprimer des résines multicolores et qui ont un aspect plus naturel que les résines plus simples. Cependant, même ces résines n'atteignent pas la brillance et l'effet de profondeur des matériaux fraisés purement céramiques. La qualité de la surface n'atteint pas non plus le niveau des céramiques. En comparaison, les vitrocéramiques fraisées comme e.max se distinguent par leur grande translucidité. Leur comportement photo-optique est similaire à celui de la substance dentaire naturelle - elles paraissent vivantes et agissent en profondeur.



► Grande diversité d'applications et de matériaux pour le fraisage : avec la vhf R5, il est possible de passer à volonté de l'usinage sous eau à l'usinage à sec sans travaux d'équipement grâce à la directclean Technology. Ici (de gauche à droite) : meulage sous arrosage de vitrocéramique, fraisage à sec de zircon, fraisage sous arrosage de titane.



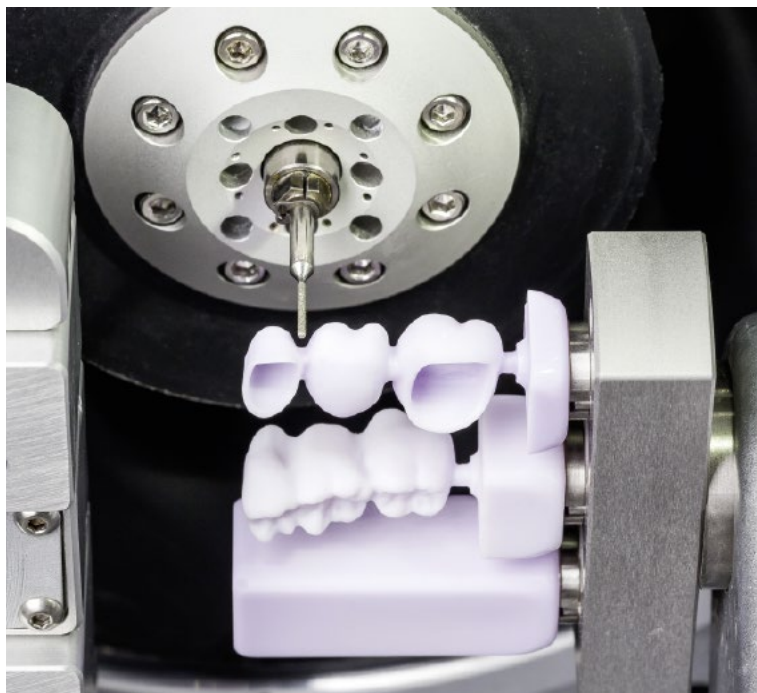
► Dents de prothèse fraisées (à gauche) et dents de prothèse imprimées (à droite) : On distingue clairement la construction par couches de l'impression. Dans ce cas, les gradins formés doivent être lissés manuellement afin de lutter contre l'augmentation de la formation de plaque.



► Les techniques de fabrication modernes permettent de réaliser des prothèses à crochets sans métal : La résine haute performance légère et flexible utilisée pour la base de la prothèse ne peut être usinée que sur une fraiseuse. Un modèle imprimé en 3D peut être utilisé pour la finition de la prothèse. Il est ainsi possible de fabriquer des prothèses partielles entièrement numériquement et sans prise d'empreinte. Un exemple d'utilisation complémentaire judicieuse des technologies de fabrication additive et soustractive.

L'oxyde de zirconium a également beaucoup évolué : il existe des matériaux qui réunissent en plusieurs couches différentes nuances de couleur et de transparence. Ces zircons multicouches ne nécessitent généralement guère de caractérisation supplémentaire pour obtenir un résultat harmonieux et hautement esthétique.

dl fr : L'un des arguments que l'on lit souvent en faveur de l'impression 3D est la vitesse de production plus élevée - partagez-vous ce point de vue ?



► Usinage de la vitrocéramique avec une précision maximale : grâce à une répétabilité de l'ordre du micromètre, il n'est pas nécessaire de faire de compromis sur la précision d'adaptation. Il est ainsi possible de fabriquer de fines limites de préparation, même pour des matériaux sensibles comme la vitrocéramique à l'état non cristallisé.

Nicolas Rohde : Si l'on considère le temps d'impression pur, cet argument peut tout à fait être valable, en particulier pour les grandes quantités. Si l'on considère l'ensemble du processus d'usinage, l'avantage en termes de temps est toutefois relatif. De nombreuses résines d'impression doivent être préparées de manière complexe. En fonction du matériau et de la température ambiante, il peut s'écouler jusqu'à deux heures et demie avant qu'une bouteille de résine neuve ne soit correctement chauffée et mélangée. L'impression proprement dite est suivie de plusieurs étapes de travail qui prennent beaucoup de temps : Le retrait de la plateforme d'impression, l'élimination des structures de support et le lissage. Ces structures se trouvent souvent à des endroits critiques sur le plan fonctionnel, comme l'occlusion. Ensuite, les pièces imprimées doivent être nettoyées à l'alcool isopropylique et séchées à l'air comprimé. Le durcissement dans l'appareil à rayons UV est également un processus critique qui, selon le

matériau, prend du temps. Ensuite, un autre nettoyage ainsi qu'un séchage ont lieu avant que les restaurations ne soient finalement lissées et polies.

dl fr : Et pour le fraisage ?

Nicolas Rohde : Pour le fraisage, le processus proprement dit est certes un peu plus long, mais la préparation et la finition demandent moins de temps et de personnel. Les ébauches peuvent être fixées dans la fraiseuse et usinées sans préparation. En aval de la fraiseuse, seules quelques étapes de travail sont généralement nécessaires : la séparation et le lissage des barrettes de fixation, le nettoyage de la surface et, pour les matériaux en zirconium et en céramique, le frittage ou la cristallisation au four. Grâce à la technique moderne des fours, les cycles de frittage sont aujourd'hui nettement plus courts. Dans de nombreux laboratoires, le frittage à grande vitesse, qui dure parfois moins de vingt minutes, fait désormais partie du quotidien. Tout bien considéré, la technique de fraisage offre donc un flux de travail allégé et marque des points, surtout pour les fabrications individuelles.

dl fr : Avez-vous vous-même une restauration en bouche ?

Nicolas Rohde : Non, j'ai heureusement des dents très saines. Si cela devait changer un jour, je me sentrais toutefois à l'aise exclusivement avec une restauration en zircon ou tout céramique. Les expériences cliniques à long terme parlent d'elles-mêmes. [\[dlf\]](#)

L'interview a été réalisée par Mira Ross-Büttgen.

La prothèse totale en pleine mutation Partie 1

La prothèse totale analogique a fait ses preuves pendant des décennies – mais elle comporte aussi des défis : un risque élevé d'erreurs, des processus opaques et de nombreuses étapes de travail marquées par la subjectivité. Dans cette série spécialisée en trois parties, le médecin-dentiste Frank Poerschke (Merz Dental) apporte un éclairage critique sur la prothèse totale analogique et l'oppose aux possibilités offertes par la procédure numérique.



La première partie est consacrée aux « Défis de la prothèse totale analogique et opportunités numériques ». Il s'agit d'une analyse structurée des deux systèmes - analogique vs numérique - avec un accent particulier sur la sécurité du processus, l'efficacité et la reproductibilité. L'objectif : aplanir le chemin entre la théorie et la mise en œuvre pratique et donner aux utilisateurs des impulsions fondées pour leur propre travail avec la prothèse totale numérique.

Objectif et utilité de la voie numérique

De nombreux prothésistes dentaires ressentent la progression de la numérisation comme une menace pour leur identité artisanale. En prothèse totale notamment, un domaine marqué pendant des décennies par l'expérience individuelle, le doigté et l'intuition, l'idée de confier certaines tâches à des logiciels et à des machines peut sembler, de prime abord, étrangère, voire erronée.

Mais la voie numérique n'est pas le contraire de l'artisanat - c'est une évolution ou un complément judicieux, donc un soutien ciblé. Et un outil qui aide le prothésiste dentaire à travailler de manière encore plus précise et économique, sans pour autant renoncer à ses compétences.

Précision et reproductibilité

La prothèse totale numérique offre une répétabilité remarquable. Une fois que l'on a conçu un cas qui fonctionne, il est possible de le répéter, de l'adapter ou de le faire évoluer, avec une précision difficile à obtenir dans un processus purement manuel.



Auteur

Maître prothésiste
Frank Poerschke

 www.merz-dental.de

Efficacité et gain de temps

De nombreuses étapes de travail qui, dans le monde analogique, sont manuelles et prennent beaucoup de temps, peuvent être fortement raccourcies par le numérique - sans perte de qualité. Le temps gagné peut être utilisé aussi bien par le dentiste que par le technicien dentaire pour se concentrer sur les aspects critiques de la restauration : l'analyse individuelle du patient, les subtilités esthétiques et l'optimisation du design fonctionnel.

Prévention des erreurs grâce à la structure

Dans le monde numérique, chaque conception repose sur des informations claires et compréhensibles. Il en résulte un processus structuré qui aide à identifier et à éviter les sources d'erreurs typiques. C'est surtout dans le domaine de la prothèse totale - où des informations peu claires ou manquantes spécifiques au patient conduisent souvent à des résultats sous-optimaux - qu'il est clair qu'un système numérique n'est bon que dans la mesure où les informations qu'il reçoit le sont.

Un exemple : même le meilleur logiciel ne peut pas (encore) détecter une occlusion mal enregistrée. C'est pourquoi il est essentiel que les « mesures préparatoires au travail » - comme les porte-empreintes fonctionnels, les enregistrements centriques et d'occlusion - soient déjà pensées numériquement et créées de manière ciblée.

L'homme reste la mesure de toute chose

Pour les prothésistes dentaires expérimentés, le processus numérique est une chance d'élever leur compétence à un nouveau niveau. Car seul l'être humain peut juger si une proposition numérique est judicieuse, si un sourire est esthétique et si une ligne et une position de dents sont adaptées au visage. Le logiciel fournit des outils - mais c'est le prothésiste dentaire qui donne la direction.

Conclusion : la numérisation n'est pas une perte de l'artisanat, mais son évolution logique. Elle offre de nouveaux outils permettant d'utiliser les anciennes connaissances de manière encore plus ciblée. Et elle ouvre la possibilité de gagner plus de temps pour ce qui fait la différence : les soins individuels des personnes.

Délimitation : analogique vs. numérique

La prothèse totale a une longue tradition analogique. De nombreux principes en vigueur aujourd'hui - par exemple pour la détermination de l'occlusion, l'analyse du modèle ou la mise en place des dents - ont été développés et affinés pendant des décennies de manière analogique ou manuelle. Ces techniques sont profondément ancrées dans le travail quotidien des prothésistes et des dentistes. C'est précisément pour cette raison qu'il est important, lors de la numérisation, de ne pas simplement superposer de nouvelles étapes aux anciens processus, mais de comprendre quels paradigmes sont en train de changer - et lesquels doivent être conservés.

Penser en termes d'étapes de travail

La procédure analogique est souvent marquée par une pensée linéaire en termes d'étapes de processus individuelles : Prise d'empreinte, modèle, enregistrement de l'occlusion, mise

en place, essayage, fabrication. Les transitions entre ces étapes se font souvent par des transferts physiques ou une communication informelle. Chaque étape est contrôlée de manière indépendante - mais souvent aussi considérée de manière isolée.

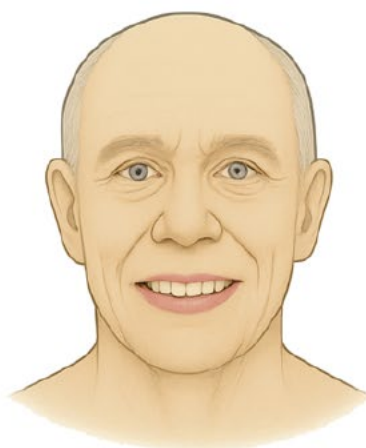
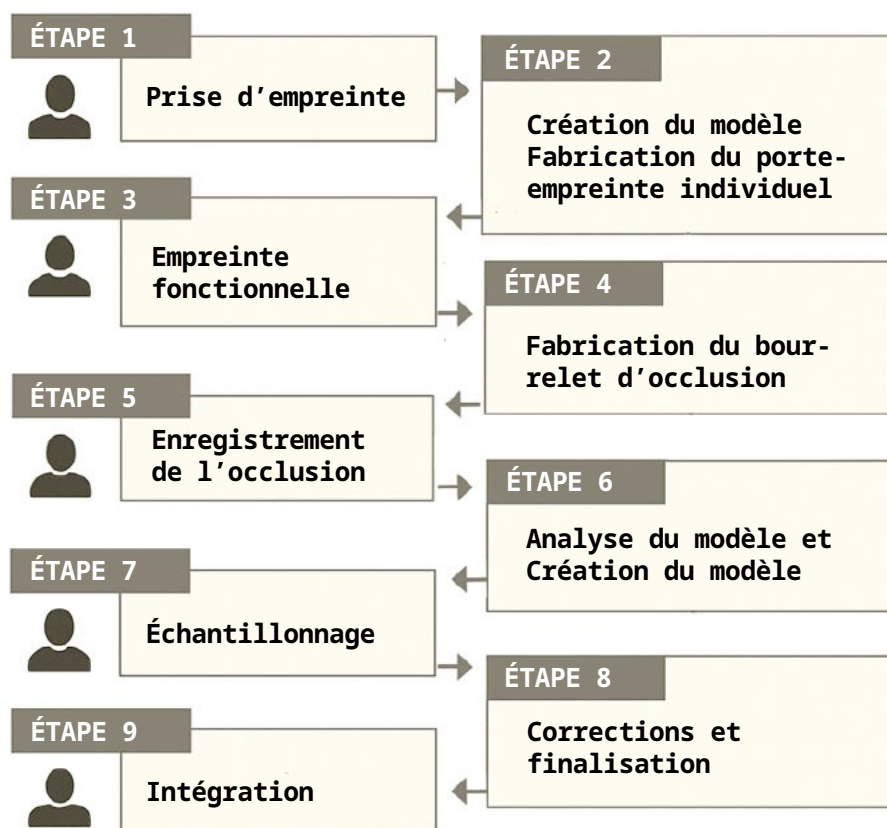
Neuf étapes individuelles sont nécessaires dans la prothèse totale analogique, selon le manuel, pour passer du premier rendez-vous au cabinet à la prothèse terminée au laboratoire (▼ 1). Entre-temps, le processus s'est raccourci. La séance séparée d'enregistrement de l'occlusion est très souvent regroupée avec l'empreinte fonctionnelle (▼ 2). Cela recèle au moins une source d'erreur potentielle. En effet, cette procédure conduit à des bases mal adaptables des enregistrements de l'occlusion sur les maîtres-modèles et donc à un montage imprécis des modèles sur l'articulateur. De ce fait, les réaménagements sont généralement « préprogrammés ».



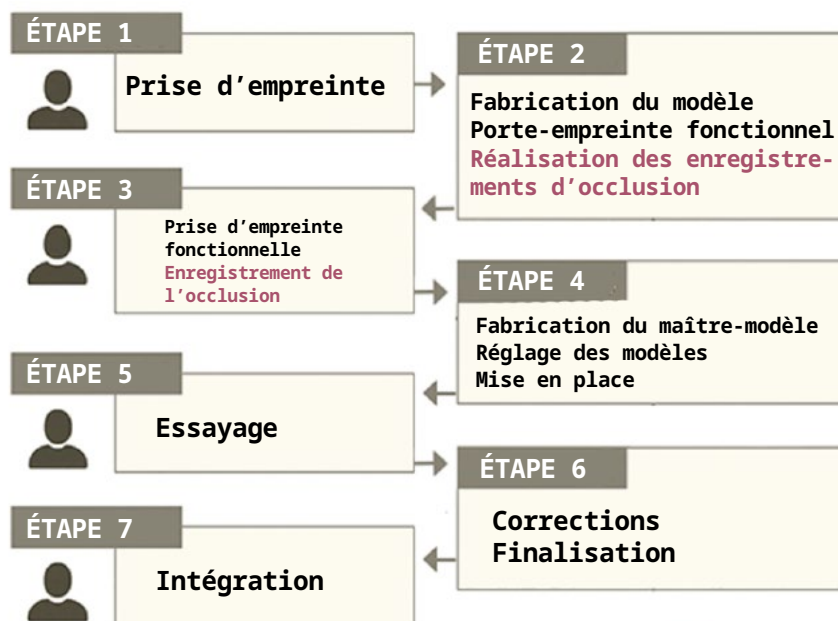
CABINET DENTAIRE



LABORATOIRE DENTAIRE



▼ 1 Le déroulement de la fabrication de prothèses totales selon le « manuel ».



4
séances

▼ 2 Déroulement
analogique « abrégé »



Le déroulement :

- ❶ Le dentiste prend une empreinte conventionnelle avec un porte-empreinte standard. Il la transmet au laboratoire avec des notes manuscrites sur la hauteur d'occlusion.
- ❷ Au laboratoire, le prothésiste dentaire réalise un modèle en plâtre sur la base de cette empreinte - en réglant que les informations de cette situation ne sont pas encore complètes et correctes pour fabriquer une base adaptée.
- ❸ Le prothésiste dentaire fabrique un porte-empreinte fonctionnel pour la prise d'empreinte et un bourrelet d'occlusion pour enregistrer la position des mâchoires l'une par rapport à l'autre - en se basant sur la première prise d'empreinte de la situation. Il n'existe aucune information sur le plan d'occlusion ou sur la relation entre les mâchoires et le visage.
- ❹ Le dentiste prend une empreinte fonctionnelle des mâchoires avec les porte-empreintes fonctionnels fabriqués et enregistre la position d'occlusion avec le bourrelet d'occlusion et la renvoie au laboratoire. Si des aspects importants (par exemple la hauteur d'occlusion, l'alignement centré et la position par rapport aux plans) sont ignorés ou pris en compte de manière superficielle, ces informations importantes ne sont pas disponibles correctement à l'étape suivante et sont simplement « emportées » dans la suite du processus.
- ❺ Au laboratoire, les maîtres-modèles sont créés et l'on tente d'y adapter les enregistrements d'occlusion - ce qui ne réussit jamais à 100 %. Il y a donc de premières imprécisions dans la procédure.

- 6 La mise en place des dents s'effectue dans l'articulateur - bien que, par exemple, le plan d'occlusion sur le visage n'ait peut-être pas été correctement déterminé ou contrôlé. Le contrôle se fait d'abord exclusivement par examen visuel sur le modèle, avec l'aide de l'expérience du prothésiste dentaire. La ou les erreurs ne se révèlent alors qu'une fois de plus en relation avec le patient.

Problème : aucune étape de travail ne permet de constater que la position d'occlusion initiale était imprécise. Et aucun des participants ne vérifie si ce qui semble bon sur le modèle fonctionne également chez le patient. Ce n'est qu'au moment de l'essayage que le (mauvais) réveil survient - et tout doit être corrigé ou renouvelé avec les informations corrigées.

La numérisation exige une pensée systémique

Dans le flux de travail numérique, ce déroulement linéaire se transforme en un système global en réseau. Le flux d'informations est centralisé, les données ne se déplacent pas physiquement, mais sous forme de fichiers structurés entre les participants. Cela signifie que :

- Les processus doivent être réfléchis dès le départ.
- La collecte des données ne se fait pas « en route », mais de manière planifiée et en vue de l'objectif.
- Les modifications apportées à un endroit se répercutent systématiquement sur toutes les étapes suivantes

Cette structure peut sembler être une contrainte au premier abord - mais en réalité, elle constitue un avantage considérable. Car elle rend visible ce qui est souvent resté ou reste caché dans le processus analogique.

Comment la numérisation aide-t-elle ?

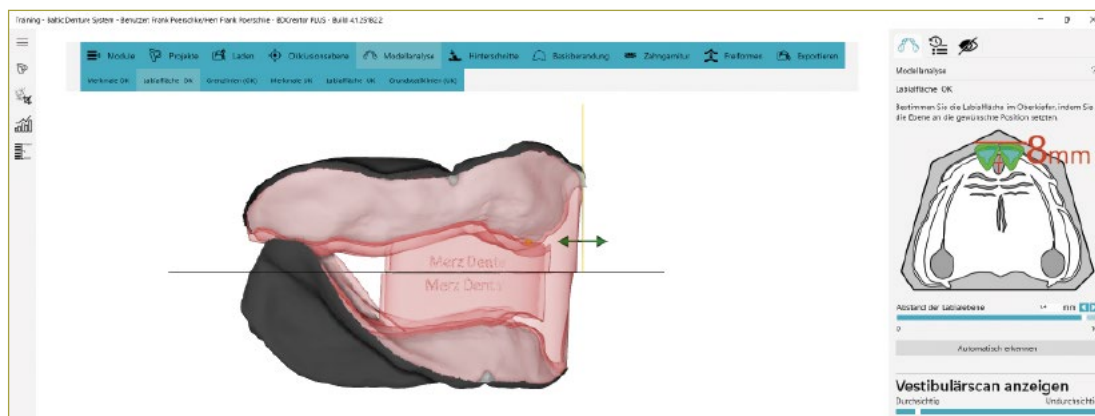
La réponse est simple : elle crée de la transparence.

- Les outils numériques permettent d'afficher ou de masquer de manière ciblée des étapes de travail - par exemple, de considérer le positionnement des dents de manière isolée ou de le vérifier par rapport au centre du visage.
- Les fonctions de zoom et les vues 3D permettent d'évaluer même les plus petits détails : Axes des dents, symétries, contre-dépouilles ou tracés des bords.
- Les plans de référence tels que le plan d'occlusion et le plan médian sont rendus visibles - et peuvent être contrôlés par rapport au tracé de la crête et au positionnement des dents.

En résumé : La numérisation rend visibles les parties invisibles du processus analogique et donne au prothésiste dentaire plus de contrôle et de liberté de décision.

Récupération des informations perdues

Les scanners intra-oraux et les scanners de laboratoire modernes permettent une saisie exacte des structures de la mâchoire. La définition numérique des coordonnées anatomiques permet de placer les plans et les rangées de dents de manière structurée et compréhensible. À l'aide d'outils de planification assistés par logiciel et d'articulateurs virtuels, la réalisation fonctionnelle devient plus précise et plus reproductible. Le prothésiste dentaire se charge de la planification numérique et la met en œuvre dans le logiciel ^{BD}CreatorPLUS.



▼ 3 Dans la construction numérique, il est possible d'afficher ou de masquer de manière ciblée des informations pertinentes.

Détection précoce des erreurs

La conception numérique permet d'identifier les problèmes potentiels en amont - bien plus tôt et de manière plus rentable que dans le processus analogique. Alors qu'auparavant, les dégradés de plans ou la visibilité des arcades dentaires ne pouvaient être évalués qu'au moment de l'essayage, la conception numérique fournit des aperçus immédiats : les informations pertinentes peuvent être affichées ou masquées de manière ciblée, ce qui simplifie considérablement l'analyse et l'optimisation (▼ 3).

Analogue à peine possible : versions alternatives

Un grand avantage réside dans la possibilité de dupliquer des états de construction afin de créer différentes variantes :

- Par exemple, un montage de dents peut être copié et modifié dans la copie, par exemple avec une hauteur d'occlusion différente ou un positionnement modifié.
- Les deux versions peuvent être examinées côte à côte, comparées et, le cas échéant, imprimées pour discussion et discutées avec le dentiste sur le patient.
- Cela crée de nouvelles voies de concertation - sans l'effort de créer plusieurs fois des modèles, de les placer dans un articulateur et de créer différents montages en cire. Dans le quotidien analogique, cela ne serait réalisable qu'au prix d'un effort considérable, de l'utilisation de matériel et d'une perte de temps - numériquement, cela réussit en quelques clics de souris.

Il en résulte une nouvelle responsabilité dans la planification et la communication. Car dans le système analogique, beaucoup de choses pouvaient être compensées par une improvisation artisanale ou des retouches. Dans le système numérique, en revanche, la responsabilité se déplace : celui qui ne fournit pas dès le départ des informations complètes et valables bloque l'ensemble du processus. Cela signifie que la planification, la communication et la définition des paramètres cibles deviennent une nouvelle discipline artisanale.

Où en sommes-nous aujourd'hui ?

La prothèse totale numérique se trouve actuellement dans une phase de transformation active :

- La technique est arrivée à maturité, mais elle n'est pas encore établie à grande échelle.
- Il manque souvent une compréhension du système, plus que des outils ou des machines.
- De nombreux laboratoires utilisent déjà des outils numériques individuels - mais le processus numérique global est encore rarement vécu de manière conséquente.

Celui qui s'occupe aujourd'hui de la numérisation n'est pas confronté à une décision : Analogique ou numérique ? Mais plutôt la question suivante : comment puis-je combiner intelligemment le meilleur des deux mondes ? C'est précisément là qu'intervient le guide - pour ouvrir la voie à une prothèse totale numérique bien pensée.

« La prothèse totale numérique concerne différents groupes professionnels avec des perspectives individuelles ».

Ce qui les unit, c'est un objectif commun : un traitement précis, efficace et orienté vers le patient pour les patients édentés - en utilisant des technologies modernes.

Prothésistes dentaires : leur expérience reste indispensable - même dans l'environnement numérique. Les principes artisanaux éprouvés sont associés aux nouveaux outils numériques afin d'automatiser les tâches de routine et de consacrer du temps là où l'expertise fait la plus grande différence.

Dentistes : ils sont le point de départ de la qualité de l'ensemble du processus prothétique. Il est essentiel de saisir les informations pertinentes de manière ciblée, claire et reproductible. La numérisation montre qu'une bonne collaboration avec le prothésiste dentaire est essentielle pour la saisie des informations, l'enregistrement et la planification.

Les étudiants : Vous entrez dans une phase de changement. Celui qui comprend aujourd'hui non seulement les bases analogiques, mais aussi les principes des systèmes numériques, sera demain en mesure de participer activement à l'élaboration de concepts de soins innovants.

Décideurs dans les laboratoires et les cabinets médicaux : ils planifient à long terme et de manière stratégique. La voie numérique ouvre de nouvelles possibilités - mais comporte aussi des défis. Il est important de disposer de structures claires, de processus compréhensibles et d'indications concrètes pour prendre des décisions fondées sur l'introduction ou le développement de processus numériques.

Tout le monde n'est pas obligé de passer immédiatement au numérique - mais chacun devrait d'abord comprendre comment fonctionne la voie numérique, quelles sont ses exigences et quels sont ses potentiels.

Nouvelle répartition des rôles

La prothèse totale numérique modifie fondamentalement l'interaction entre le cabinet dentaire et le laboratoire dentaire. Alors qu'avec l'approche analogique, les informations étaient souvent obtenues par un processus d'essai et d'erreur, avec une mise en place et une vérification manuelles dans la bouche du patient, aujourd'hui, les décisions essentielles se déplacent vers la phase de planification clinique précoce.

Aperçu des résultats : Dans la deuxième partie, l'auteur analyse la perte d'informations due à l'édentement et comment les procédés numériques aident à reconstruire de manière ciblée ces paramètres perdus.

Ses remerciements vont au professeur Jeremias Hey (Université de Halle, Allemagne) pour l'échange d'idées sur l'article.

[dlf]



Un retard technologique

Alors qu'auparavant, les modèles et les prototypes étaient réalisés manuellement, ce qui prenait du temps et coûtait cher, on utilise aujourd'hui de nombreux procédés de production automatisés. Les modèles pour la fabrication sont développés par ordinateur, ce qui permet de supprimer en grande partie la construction classique de modèles avec des cartons, des mousses ou de l'argile. Cela permet d'économiser des quantités considérables de temps et d'argent dans le développement des produits, tout en améliorant la précision et la répétabilité. Parallèlement, la chaîne numérique permet une documentation complète et un contrôle des versions des conceptions et des paramètres de fabrication.

Premiers jalons de l'impression 3D

► Voir la vidéo :



Une rétrospective particulièrement passionnante de l'histoire de l'impression 3D est un enregistrement de l'émission télévisée Good Morning America, diffusée en janvier 1989. Dans cette vidéo, aujourd'hui accessible sur YouTube (voir code QR), on entend notamment Raymond Freed, alors PDG de 3D Systems, et Chuck Hull, le fondateur de 3D Systems.

Hull a développé dès 1984 la stéréolithographie (SLA), le premier procédé de fabrication additive commercialement utilisable. Dans les années qui ont suivi, d'autres technologies ont vu le jour, comme le 3DP (Three-Dimensional Printing) et le FDM (Fused Déposition Modeling), qui ont été protégées par des brevets et se sont rapidement imposées dans l'industrie. Ils ont constitué la base du développement des applications actuelles dans le prototypage rapide et au-delà.

Auteur

Rédaction 3Druck.com

Du prototype au produit final

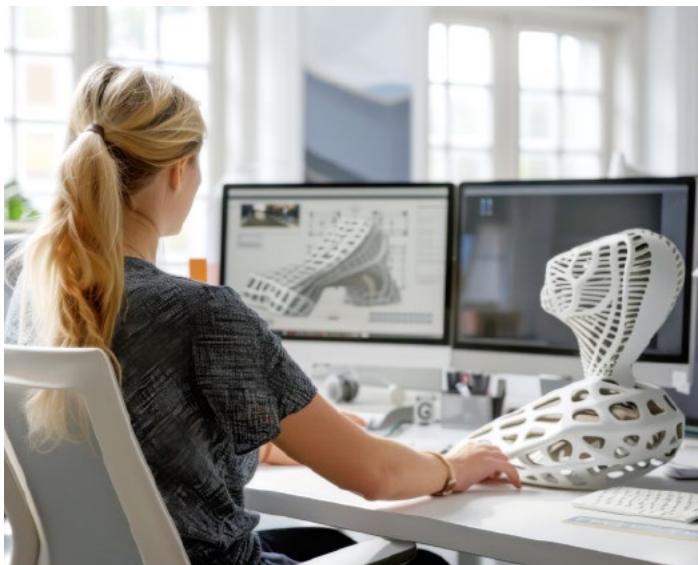
Au début, l'impression 3D servait principalement à créer à moindre coût des prototypes de conception et de fonction pour le développement de produits (en anglais Rapid Prototyping). Comme il ne s'agissait que de modèles visuels, les exigences en matière de qualité, de stabilité et de durabilité n'étaient pas particulièrement élevées. Les modèles étaient utilisés en interne pour évaluer la forme, l'ajustement ou l'ergonomie. Mais le niveau de qualité s'est progressivement élevé et certains procédés ont finalement permis de fabriquer des objets qui pouvaient remplir plus que la fonction de prototypes. Avec l'augmentation de la variété des matériaux, une meilleure résolution et un support logiciel optimisé, l'impression 3D a continué à évoluer vers des pièces fonctionnelles et la production en série. La frontière entre le prototype et ce que l'on attend d'un produit final fini est devenue de plus en plus mince. Une nouvelle catégorie a vu le jour : la petite et moyenne série fabriquée par fabrication additive. Les applications vont aujourd'hui des produits médicaux personnalisés aux composants fonctionnels dans l'aéronautique et l'aérospatiale, en passant par les pièces de consommation finale dans la construction automobile. Cette évolution a donné naissance aux termes Rapid Manufacturing (production rapide) et Direct Manufacturing (production directe), à partir du terme Rapid Prototyping.

Nouvelles technologies, nouveaux marchés

La différenciation des procédés additifs a donné naissance à une multitude de nouvelles technologies, dont la fusion par jets multiples (MJF), la fusion par faisceau d'électrons (EBM), le frittage laser direct de métaux (DMLS) et la fusion par jets de liants. Chacune de ces technologies répond à des besoins spécifiques en termes de taille des pièces, de résolution, de choix des matériaux et de propriétés mécaniques. Parallèlement, les marchés se sont développés : outre les industries classiques comme la construction mécanique ou la technique médicale, de nouveaux segments comme l'architecture, la mode, la production alimentaire et la construction se sont progressivement ouverts. Et l'intégration de l'impression 3D avec la robotique industrielle a rendu possible des processus de fabrication à grande échelle : des procédés basés sur l'extrusion avec des robots à six ou plusieurs axes permettent aujourd'hui de fabriquer des objets à l'échelle du mètre - par exemple pour la construction navale, le secteur du bâtiment ou la production de grandes géométries dans l'aéronautique. Les installations hybrides, qui combinent la fabrication additive et soustractive, gagnent également en importance afin d'exploiter les avantages des deux procédés.



► Le prototypage classique à la main est extrêmement chronophage.



► Aujourd'hui, la conception est de plus en plus virtuelle, pour ensuite mettre en œuvre la construction par fabrication additive.



► Chuck Hull a fondé l'entreprise 3D Systems, dont il est aujourd'hui le vice-président. On le voit ici en 2023 lors de la remise de la médaille nationale de la technologie et de l'innovation qui lui a été décernée par l'ex-président américain Joe Biden. Hull a déclaré à ce sujet : « Je suis humble et honoré de recevoir cet incroyable prix. Je crois vraiment qu'il n'y a pas de limites à ce qui est possible grâce à l'impression 3D et je suis ravi de faire partie de la prochaine génération de ce qui est possible avec la médecine régénérative grâce à la bioimpression ».

Le tournant : expiration du brevet

Le brevet initial pour le procédé Fused Déposition Modeling (FDM) de Stratasys (inventeur : Scott Crump) a été déposé en 1989 et a expiré en 2009. Avec l'expiration de ce brevet, d'autres entreprises et des particuliers ont pu développer et vendre des imprimantes 3D basées sur la technologie FDM sans devoir payer de droits de licence à Stratasys. Cela a entraîné un tournant significatif dans la perception et la diffusion de l'impression 3D. L'expiration du brevet FDM a ouvert la voie à une multitude d'imprimantes de bureau bon marché et à l'émergence d'une communauté mondiale de fabricants. Des plateformes comme Thingiverse ou MyMiniFactory ont encouragé l'idée d'open source, tandis que les plateformes de crowdfunding ont accéléré l'arrivée de nouveaux fabricants sur le marché. La tendance à la décentralisation et à la démocratisation de la production a pris son envol.

Parallèlement, des prestataires de services professionnels tels que Shapeways, Sculpteo ou Materialise se sont développés et ont proposé la fabrication additive comme service à la demande. Ces prestataires combinaient différents procédés, matériaux et techniques de post-traitement pour fournir des produits finis de haute qualité. L'investissement initial élevé dans les machines, la formation et l'infrastructure a ainsi été amorti - ce qui a créé de nouvelles opportunités, notamment pour les start-ups, les PME et les designers. Il est difficile de comprendre pourquoi les systèmes de fabrication rapide ont fait l'objet d'un véritable engouement autour de 2014. Malgré l'expiration des brevets, l'amélioration du matériel et des performances des systèmes et d'autres explications, l'ampleur de ce



► L'entreprise Materialise est active dans plusieurs domaines d'activité liés à l'impression 3D. Elle propose non seulement une multitude de solutions logicielles, mais aussi des services d'impression 3D pour différents secteurs, dont la technologie médicale, l'aérospatiale et la construction automobile.

boom soudain reste un phénomène en soi. De la communauté du bricolage, qui souhaitait réaliser des projets complexes confortablement installée chez elle, à ceux qui espéraient une nouvelle révolution industrielle ainsi qu'une décentralisation et / ou une démocratisation de la production, en passant par les représentants influents de l'économie et de la science de différents secteurs ... tous voyaient désormais avec enthousiasme l'énorme potentiel de ces procédés.

Impulsion politique et stratégies économiques

Avec le temps, les politiques ont également reconnu le potentiel des procédés additifs pour renforcer la souveraineté industrielle. Pour ne citer qu'un exemple, le programme américain AM Forward, qui sera lancé en 2022, vise à accélérer le transfert de technologie vers les PME par le biais des grands groupes. Des initiatives similaires existent en Europe, en Chine et au Royaume-Uni. L'objectif est d'établir des chaînes de valeur résilientes, durables et axées sur l'innovation dans leur propre pays.

La pandémie COVID-19 a démontré de manière impressionnante la flexibilité et la rapidité avec lesquelles la fabrication additive peut réagir aux crises. La production à court terme de composants pour l'équipement médical ou les EPI a démontré la capacité d'adaptation de la technologie. Le secteur s'est montré résistant et a accéléré les innovations tout en consolidant les structures.

Actuellement, le secteur de l'impression 3D se trouve dans une phase de consolidation. Les alliances stratégiques, les acquisitions et les litiges de licence déterminent l'évolution du marché. Parallèlement, la pression en faveur de la standardisation augmente, notamment en ce qui concerne l'assurance qualité, les normes de matériaux et les processus de certification. Les développements futurs devraient être marqués par des progrès dans la conception basée sur l'IA, les matériaux durables et l'intégration fonctionnelle (par exemple, l'électronique imprimée). 

La première partie de cette série d'articles est parue dans le numéro 4/25 de « dl France ».

À propos de 3Druck.com

3Druck.com est le plus grand magazine en ligne indépendant de langue allemande consacré à la fabrication additive. La plateforme informe en temps réel et de manière complète sur les nouvelles importantes, les tendances, les études et les applications réussies du monde de la fabrication additive. La plateforme indépendante d'actualités et d'informations se considère comme le porte-parole de et pour l'ensemble de la communauté de l'impression 3D ainsi que comme un lien entre les personnes intéressées, l'industrie et la science.



► L'Américain Scott Crump est l'inventeur de la technologie de modélisation par dépôt de matière fondue (Fused Deposition Modeling - FDM), le cofondateur de Stratasys et l'actuel directeur de l'innovation de l'entreprise. Sa première pièce imprimée en 3D était une grenouille-jouet pour sa fille.

Comment la lentille du projecteur et le miroir influencent-ils mes résultats d'impression ?

Tutoriel d'impression 3D #2

La lentille du projecteur et le miroir sont des composants essentiels à la réussite de toute imprimante 3D basée sur la technologie DLP. Leur tâche consiste à projeter avec précision la lumière UV sur le bac de matériau afin de durcir la résine liquide, couche par couche. Mais que se passe-t-il lorsque de la poussière ou des saletés se déposent sur ces composants ? Dans cet article, vous apprendrez comment les impuretés influencent vos résultats d'impression et comment vous pouvez éviter ces problèmes.

D

ans les imprimantes DLP, la lentille du projecteur et le miroir veillent à ce que la lumière atteigne la résine exactement à l'endroit où elle est nécessaire pour durcir la couche prévue de l'objet. Une lentille et un miroir propres sont donc essentiels pour la précision et la netteté des produits imprimés. La moindre salissure peut provoquer une lumière parasite et nuire considérablement à la qualité d'impression.

Comment se forment les pollutions ?

Aucune imprimante 3D n'est conçue de manière que son boîtier retienne complètement la poussière. La poussière s'accumule sur la lentille ou le miroir au fil du temps, même si l'imprimante est placée dans un environnement propre. C'est encore pire si l'imprimante est placée dans un endroit poussiéreux ou mal aéré. Malgré toutes les précautions prises, par exemple en couvrant l'appareil, l'accumulation de poussière et de saleté est inévitable.

Quels sont les effets de la pollution ?

La poussière et la saleté bloquent la lumière nécessaire au processus de durcissement de la résine. Cela entraîne différents problèmes.

- **Flou :** même de petites impuretés peuvent affecter la netteté de l'image projetée, rendant les détails de l'objet flous. Cela détériore la réalisation des détails d'impression.
- **Surfaces malpropres / couches irrégulières :** La poussière ou d'autres saletés sur la lentille ou le miroir produisent une lumière diffuse qui entraîne des expositions non souhaitées. En conséquence, la qualité de la surface en pâtit.
- **Les défauts d'impression :** En cas d'encrassement prononcé, la lumière est si fortement bloquée qu'il en résulte des impressions complètement erronées.

Auteur

Matthias Mohr
Technique d'application
dentona

Comment reconnaître les salissures ?

Un contrôle régulier de la lentille et du miroir est essentiel pour éviter les problèmes d'impression. Utilisez la fonction lampe de poche de votre smartphone pour identifier la poussière ou les particules de saleté sur la lentille ou le miroir. Les imprimantes telles que celles de Rapid Shape proposent également la fonction "Measure Straylight" ; celle-ci permet de détecter les salissures à l'aide du capteur de lumière fourni, en fonction de la dispersion de la lumière.



► Surface du modèle rendue rugueuse et imprécise par la lumière diffusée

Comment nettoyer la lentille ou le miroir ?

Le nettoyage de ces éléments fragiles nécessite des précautions. Voici un guide étape par étape :

■ enlever la plaque de verre de protection

Vous devez d'abord retirer avec précaution la plaque de verre de protection qui recouvre la lentille. Portez des gants pour éviter les empreintes digitales.

■ nettoyage en douceur

Utilisez un chiffon propre pour nettoyer les lunettes afin d'enlever la poussière ou la saleté de la lentille ou du miroir. En cas de salissures plus importantes, vous pouvez vaporiser un peu de nettoyant pour vitres sur le chiffon. Évitez toutefois d'utiliser trop de liquide.

■ contrôle

Après le nettoyage, vérifiez à nouveau la lentille ou le miroir avec une lampe de poche pour vous assurer qu'il n'y a plus de résidus.



► Comme pour la lentille, l'encrassement du miroir peut réduire les performances de l'imprimante 3D.

Conclusion

La lentille du projecteur et le miroir de votre imprimante 3D sont d'une importance capitale pour la qualité d'impression. La moindre impureté peut perturber la projection de la lumière et entraîner de moins bons résultats d'impression. En nettoyant régulièrement et en contrôlant soigneusement ces composants, vous vous assurez que vos impressions atteignent toujours la qualité souhaitée. [dlf]

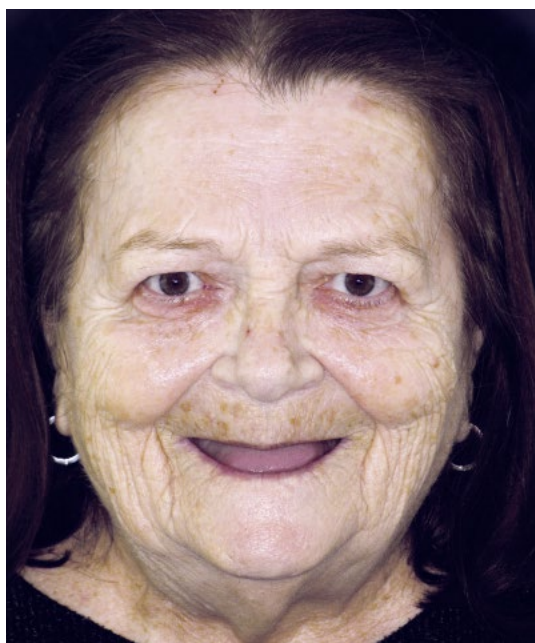


« ask dentona » propose des tutoriels compacts pour les petits et grands défis du quotidien du laboratoire. Les principaux trucs et astuces pour une impression 3D parfaite sont résumés dans cette série d'articles. Dans la première partie, parue dans dl fr 4-25, l'accent était mis sur le bac à matériaux avec des conseils sur l'entretien et le nettoyage ainsi que sur le filtrage des résines.

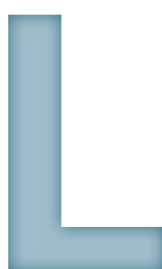
Prothèse totale

Flux de travail numérique simplifié

Cet article présente un flux de travail numérique simplifié pour la fabrication de prothèses totales, qui exploite les avantages des technologies modernes de numérisation et de CFAO. L'accent est mis sur une approche optimisée qui vise la précision, l'efficacité et la satisfaction du patient et qui utilise les technologies modernes de manière ciblée afin d'obtenir des résultats convaincants.



► 1 Situation initiale avant le début du traitement



Le flux de travail présenté suit un concept progressif qui associe la numérisation intra-orale, la construction numérique et les méthodes conventionnelles d'enregistrement de l'occlusion - pour un processus de fabrication plus fluide et plus précis, qui améliore considérablement le niveau de soins pour les patients.

Situation de départ

Une patiente édentée de 73 ans avait besoin de prothèses totales pour rétablir la fonctionnalité et améliorer l'esthétique. L'examen clinique et les résultats radiologiques ont révélé une résorption osseuse prononcée, en particulier à la mandibule (► 1).



Auteur

Dr. Theodoros Tasopoulos ▪ ProEsthetic Dental Services ▪ Athènes, Grèce
✉ tasopoulost@gmail.com

Première séance de traitement

Lors de la première séance de traitement, l'enregistrement numérique de la situation initiale a été effectué.

Étape 1 : Scan intra-oral

Des scans intra-oraux des mâchoires supérieure et inférieure édentées sont réalisés avec le scanner TRIOS 5 (3Shape) en utilisant le module « Removab-le/Intraoral Scan » ([▼ 2a](#) et [▼ 2b](#)). Ces scans fournissent une saisie numérique détaillée et précise de l'anatomie spécifique au patient.



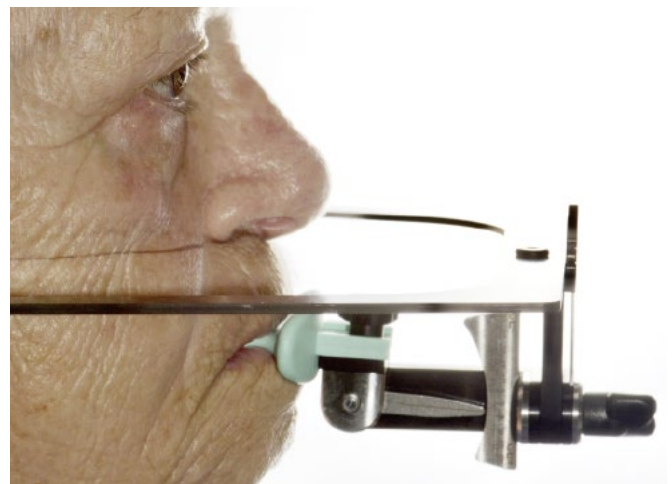
[▼ 2a](#) Scan intra-oral de la crête édentée du maxillaire



[▼ 2b](#) Scan intra-oral de la crête édentée de la mandibule



[▼ 3](#) Prise d'occlusion provisoire avec Centric Tray



[▼ 4](#) Enregistrement avec le système d'arc facial de transfert UTS CAD

Étape 3 : Adaptation de l'arc facial

L'arc de transfert CAO UTS (Ivoclar Vivadent) a été fixé à l'adaptateur du porte-empreinte Centric Tray. L'arc facial a ensuite été ajusté pour correspondre à la ligne pupillaire et au plan de Camper afin d'assurer un alignement précis ([▼ 4](#)).



► 5a Scan extra-oral de la surface d'empreinte supérieure du Centric Tray avec le scanner intra-oral Trios 5



► 5b Scan extra-oral de la surface d'empreinte inférieure du Centric Tray avec le scanner intra-oral Trios 5

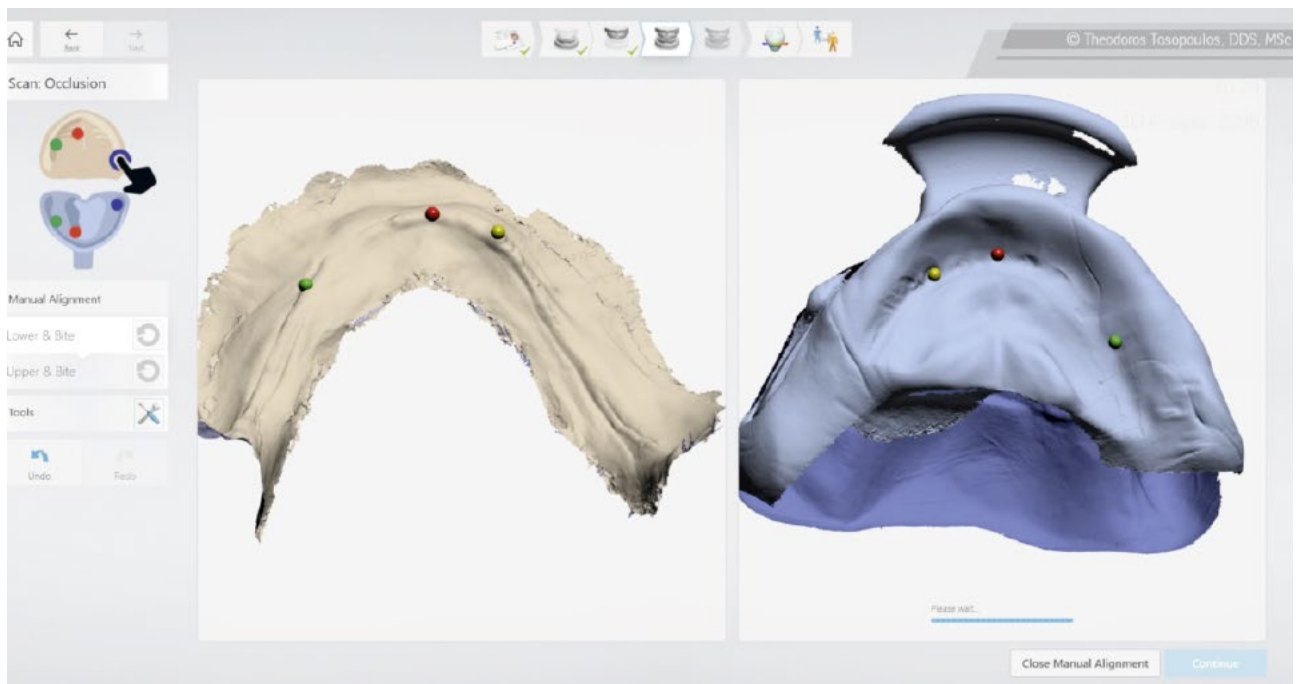
Étape 4 : Numérisation du porte-empreinte Centric Tray

La surface intérieure des parties supérieure et inférieure du Centric Tray a été numérisée avec le scanner TRIOS 5 (► 5a et ► 5b).

Les points de référence anatomiques issus du scan intra-oral ont été alignés sur les surfaces intactes du Centric Tray. Cet alignement garantissait une fusion précise des données intra-orales avec les informations du plateau et permettait en outre de saisir la relation maxillomandibulaire initiale (► 6a à ► 6c).



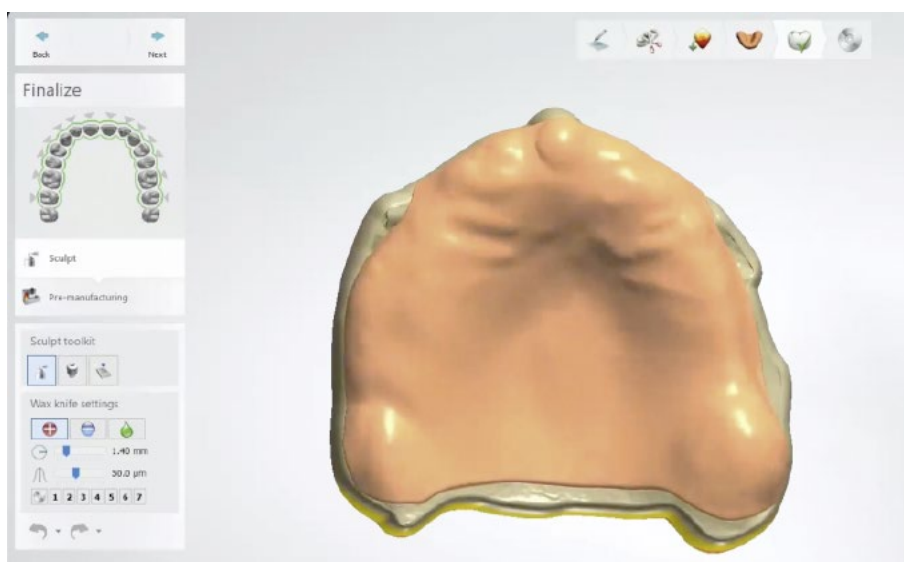
► 6a Alignement de l'empreinte maxillaire sur la surface intrados du Centric Tray supérieur



► 6b Alignement de l'empreinte mandibulaire sur la surface intrados du Centric Tray supérieur



► 6c Ce positionnement définit la relation intermaxillaire initiale

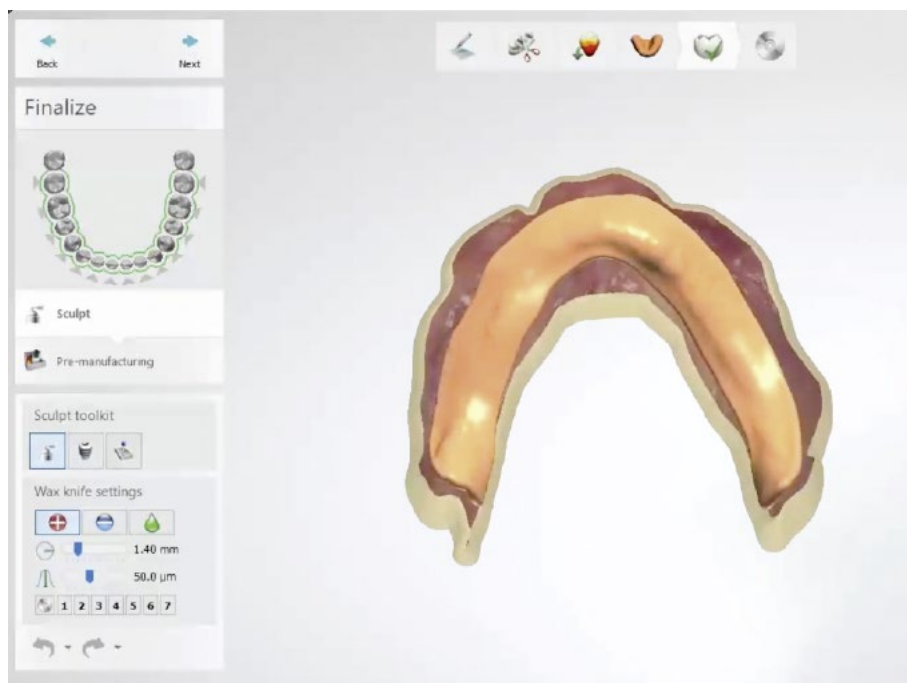


► 7a Conception de la plaque base supérieure pour les bourrelets d'occlusion

Étape 5 : Traitement au laboratoire

Le prothésiste dentaire utilise les données de numérisation appariées pour concevoir des plaques de base en 3D à l'aide du module 3Shape Ivotion Denture (3Shape), les fabrique par impression 3D et adapte ensuite la base en cire (▶ 7a et ▶ 7b).

▶ 7b Conception de la plaque base inférieure pour les bourrelets d'occlusion

**Deuxième séance de traitement**

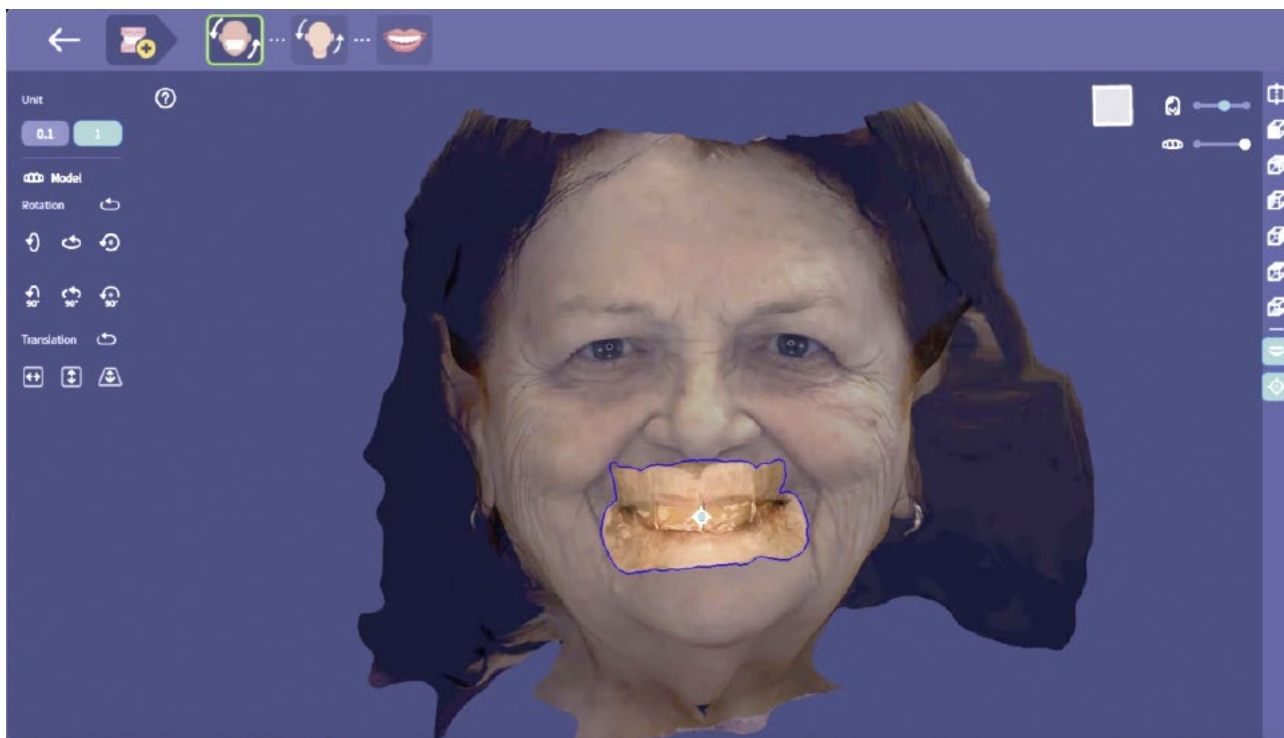
Lors de la deuxième séance de traitement, la finalisation des données de relation intermaxillaire a eu lieu.

Étape 1 : Enregistrement interocclusal, relation maxillomandibulaire et numérisation extraorale à 360° des bourrelets d'occlusion

Les relations intermaxillaires ont été enregistrées à l'aide de méthodes conventionnelles et de bourrelets de cire fabriqués en laboratoire. Un scannage extra-oral a ensuite été effectué avec le scanner Trios 5 (3Shape) (▶ 8).



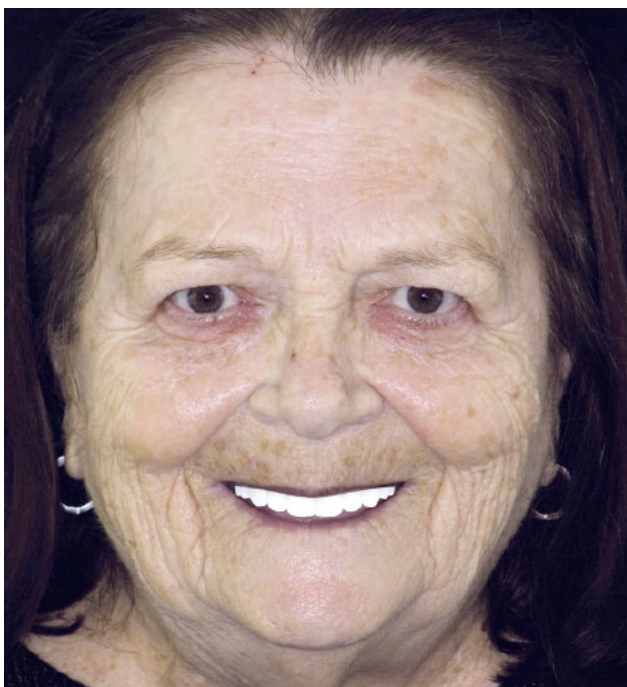
▶ 8 Scan extra-oral à 360° des bourrelets d'occlusion



➤ 9a Le scan facial 3D extra-oral avec les bourrelets en cire en place a servi à compléter les données de planification

Étape 2 : Smile Design et scan facial

Un scan facial extra-oral en 3D de la patiente a ensuite été réalisé avec les bourrelets de cire mis en place. Un Digital Smile Design (DSD) a été créé à l'aide du logiciel TRIOS Smile Design. Pour une première évaluation du résultat esthétique, le Smile Design virtuel 2D individualisé a été montré à la patiente (➤ 9a et ➤ 9b).



➤ 9b Simulateur de traitement pour le smile design virtuel

Étape 3 : Intégration numérique

Au début du processus de conception, le prothésiste dentaire a superposé le scan extra-oral des bourrelets d'occlusion aux scans intra-oraux des mâchoires édentées. Une fois les données du scan alignées avec succès, la conception numérique a pu commencer (▶ 10a et ▶ 10b). L'image Digital Smile Design (DSD) et le scan facial 3D ont été importés dans le logiciel de CAO, dans lequel l'alignement numérique des dents a ensuite pu être optimisé. Cela permet d'améliorer à la fois les résultats esthétiques et fonctionnels.



▶ 10a Disposition dentaire virtuelle par combinaison de l'image DSD et du scan facial 3D



▶ 10b Élaboration d'un modèle numérique du patient avec planification diagnostique en wax-up

Troisième séance de traitement

Lors de la troisième séance de traitement, l'évaluation des prothèses provisoires a été réalisée.



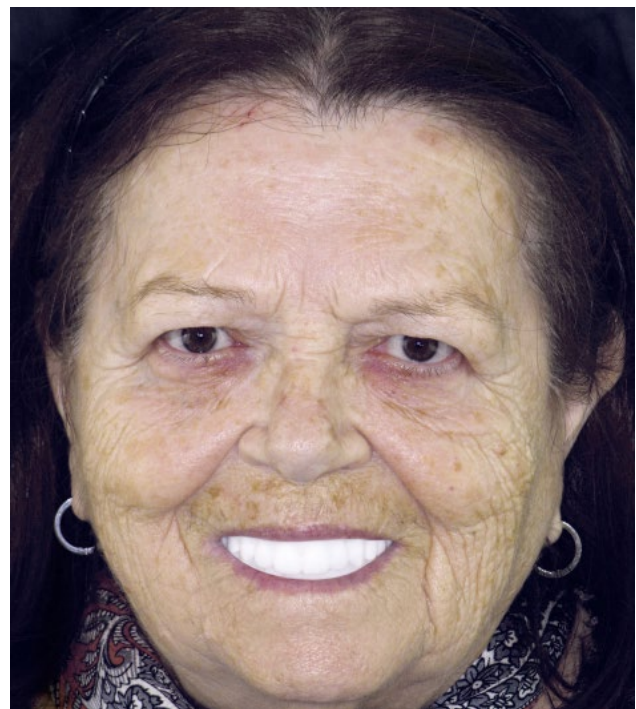
► 11 Prothèses complètes provisoires fraisées pour le maxillaire et la mandibule

Étape 1 : Prototypage rapide ou fraisage des provisoires

Le prototypage rapide ou une technique de fraisage peut être utilisée afin de fabriquer des provisoires aux dimensions précises (► 11). À l'aide du ProArt CAD Try-In (Ivoclar Vivadent), un try-in monobloc a été fabriqué avec la fraiseuse PrograMill PM7 (Ivoclar Vivadent).

Étape 2 : Évaluation clinique

Le try-in monobloc a été évalué cliniquement en termes d'esthétique, de phonétique et de fonctionnalité. Si la disposition des dents n'est pas satisfaisante, des ajustements peuvent être effectués directement au fauteuil, par meulage, par ajout de composite ou de cire, ou par rebasage du provisoire à l'aide de vinyl-polysiloxane de faible viscosité. Toutes les modifications sont documentées dans le logiciel de conception (► 12).



► 12 Validation de la fonction prothétique au maxillaire et à la mandibule

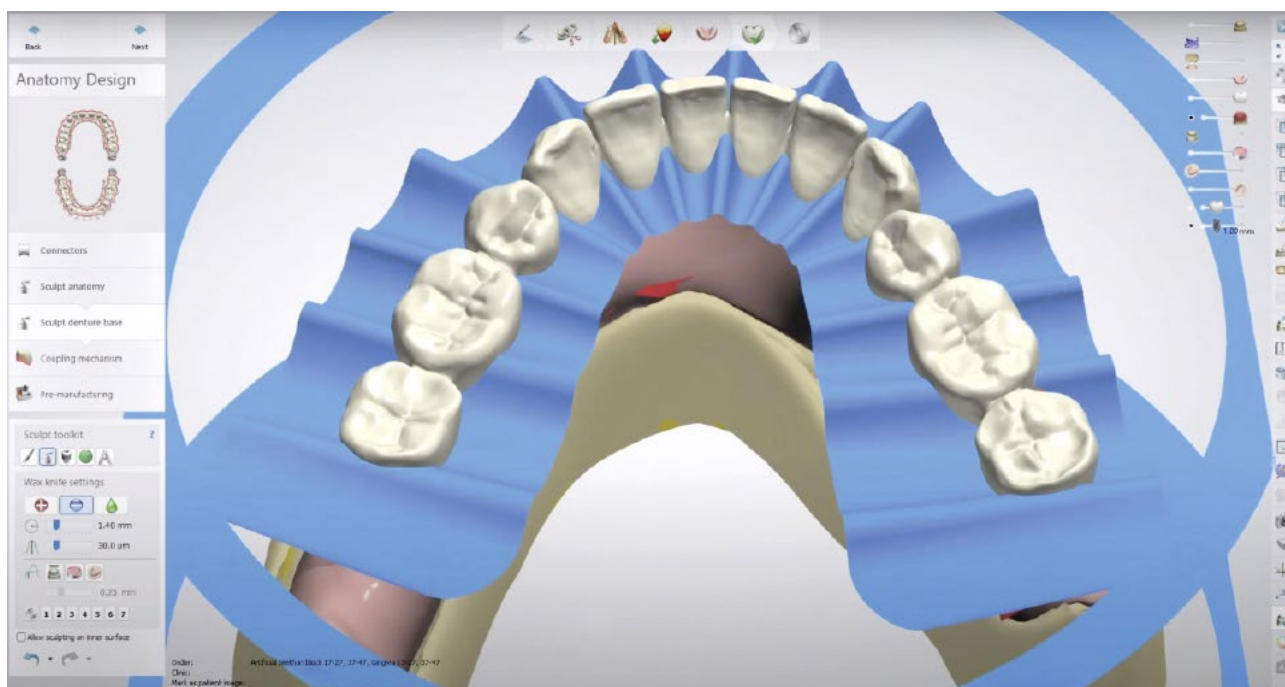
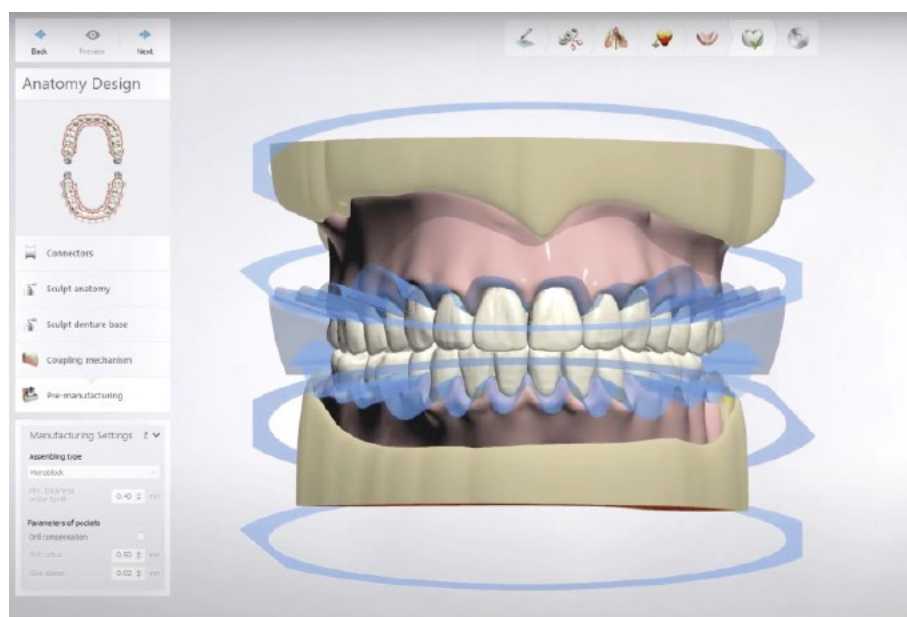
Phase de production

Au cours de cette phase, la fabrication des prothèses définitives a été réalisée.

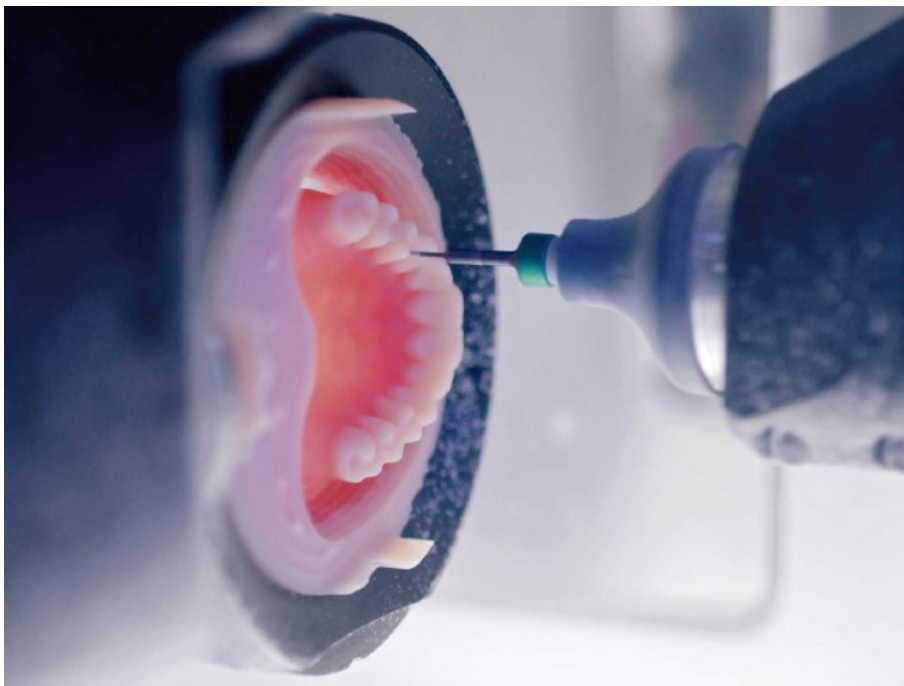
Étape 1 : Conception CAD finale de la disposition dentaire des prothèses complètes maxillaire et mandibulaire

L'orientation du disque virtuel à l'aide de la « Shell Geometry » permet une adaptation optimale du contour gingival par rapport à la disposition des dents (▼ 13a et ▼ 13b). Lors de la création d'une prothèse

▼ 13a La Shell Geometry (anneaux bleus) marque la zone de transition entre la disposition dentaire et la base prothétique



▼ 13b Développée pour la fabrication précise des prothèses, elle est intégrable comme bibliothèque dentaire distincte dans le logiciel CAD 3Shape



▼ **14a** Processus de fraisage de la base et des dents avec des disques PMMA monolithiques pré-polymérisés (Ivotion)



▼ **14b** Prothèses fabriquées par CAD/CAM après fraisage, avant la finition



amovible Ivotion, la forme et la taille appropriées des dents peuvent être sélectionnées à partir d'une bibliothèque dentaire virtuelle et positionnées avec précision à l'aide du module Ivotion Denture de 3Shape (3Shape).

Étape 2 : Fraisage de la base prothétique en PMMA et des dents

Les prothèses définitives sont fabriquées à partir de disques Ivotion monolithiques bicolores hautement réticulés, à l'aide du logiciel CAM PrograMill CAM V4.2.14.0 (Advanced). Le processus de fraisage garantit une grande précision, une durabilité élevée et une qualité esthétique des prothèses finales (▼ **14a** et ▼ **14b**).

Conception assistée par données avec Shell Geometry

La Shell Geometry est une géométrie tridimensionnelle dentaire et d'arcade basée sur des données pour les prothèses maxillaires et mandibulaires. Elle est située à l'intérieur du disque et définit la transition entre le matériau des dents et celui de la base prothétique. Au cours de la conception CAD intuitive, les prothèses sont individualisées pour chaque patient à l'aide de la Shell Geometry associée. Ce procédé numérique innovant prend en compte différentes formes et tailles de mâchoires et permet la fabrication efficace de prothèses de haute qualité, spécifiques au patient.

Le matériau Ivotion

Les prothèses complètes fraisées à partir de disques Ivotion monolithiques offrent une meilleure adaptation tissulaire et empêchent les déplacements dentaires par rapport aux prothèses fabriquées de manière conventionnelle. Cela s'explique par le fait qu'elles ne sont pas affectées par le retrait de polymérisation lors du durcissement ^[1,2]. Il en résulte une meilleure adaptation de la base prothétique, ce qui améliore la rétention et la stabilité ^[1,3]. La minimisation des pressions excessives sous la prothèse permet également de prévenir la résorption de l'os résiduel et de réduire l'apparition d'ulcérations traumatiques ^[1].



► **15a** Mise en bouche finale des prothèses définitives



► **15b** Prothèses maxillaire et mandibulaire finalisées avec morphologie de surface individualisée

Ivotion est conçu de manière que le matériau composite présente une porosité réduite et moins d'irrégularités de surface, ce qui diminue l'adhésion et la formation de biofilm ^[1,4]. De plus, selon la littérature, le PMMA pré-polymérisé utilisé dans Ivotion présente d'excellentes propriétés mécaniques, notamment une résistance accrue à la flexion et aux chocs, ainsi qu'une densité et une dureté améliorées ^[4,5].

Aperçu des avantages

- Simplicité et clarté : Le flux de travail structuré associe des outils numériques modernes à des techniques conventionnelles, simplifie les processus et réduit la complexité.
- Précision : Des empreintes intra-orales exactes et un alignement correct de l'arc facial minimisent les erreurs de fabrication des prothèses.
- Efficacité : La collecte et l'intégration coordonnées des données font gagner du temps au praticien comme au prothésiste dentaire.
- Prévisibilité esthétique : La combinaison du Digital Smile Design (DSD) et du scan facial assure une disposition dentaire harmonieuse et naturelle.
- Satisfaction du patient : L'approche numérique améliore le confort de port et l'adaptation grâce à une conception homogène et une grande précision.

[dif]

Littérature

- 1 Faty MA, Sabet ME, Thabet YG. A comparison of denture base retention and adaptation between CAD-CAM and conventional fabrication techniques. *Int J Prosthodont.* 2022;36:469–478.
- 2 Mubarak MQ, Moaleem MMA, Alzahrani AH, Shariff M, Alqahtani SM, Porwal A, Al-Sanabani FA, Bhandi S, Tribst JPM, Heboyen A, Patil S. Assessment of Conventionally and Digitally Fabricated Complete Dentures: A Comprehensive Review. *Materials (Basel).* 2022;15(11):3868.
- 3 Wang C, Shi YF, Xie PJ, Wu JH. Accuracy of digital complete dentures: A systematic review of in vitro studies. *J Prosthet Dent.* 2021 Feb;125(2):249–256.
- 4 Srinivasan M, Kamnoedboon P, McKenna G, Angst L, Schimmel M, Özcan M, Müller F. CAD-CAM removable complete dentures: A systematic review and meta-analysis of trueness of fit, biocompatibility, mechanical properties, surface characteristics, color stability, time-cost analysis, clinical and patient-reported outcomes. *J Dent.* 2021;113:103777.
- 5 Al-Dwairi ZN, Tahboub KY, Baba NZ, Goodacre CJ. A comparison of the flexural and impact strengths and flexural modulus of CAD/CAM and conventional heat-cured polymethyl methacrylate (PMMA). *J Prosthodont.* 2020;29:341–349.

Aperçu succinct

La fabrication numérique des prothèses complètes

La fabrication numérique des prothèses complètes dentaires s'est considérablement développée ces dernières années et constitue une alternative de plus en plus établie à la fabrication analogique conventionnelle. Les technologies CAD/CAM modifient également la production prothétique en termes de flux de travail et de méthodes de fabrication : des procédés modernes et rentables, tels que les scanners et l'informatique, remplacent progressivement les techniques traditionnelles ^[1].

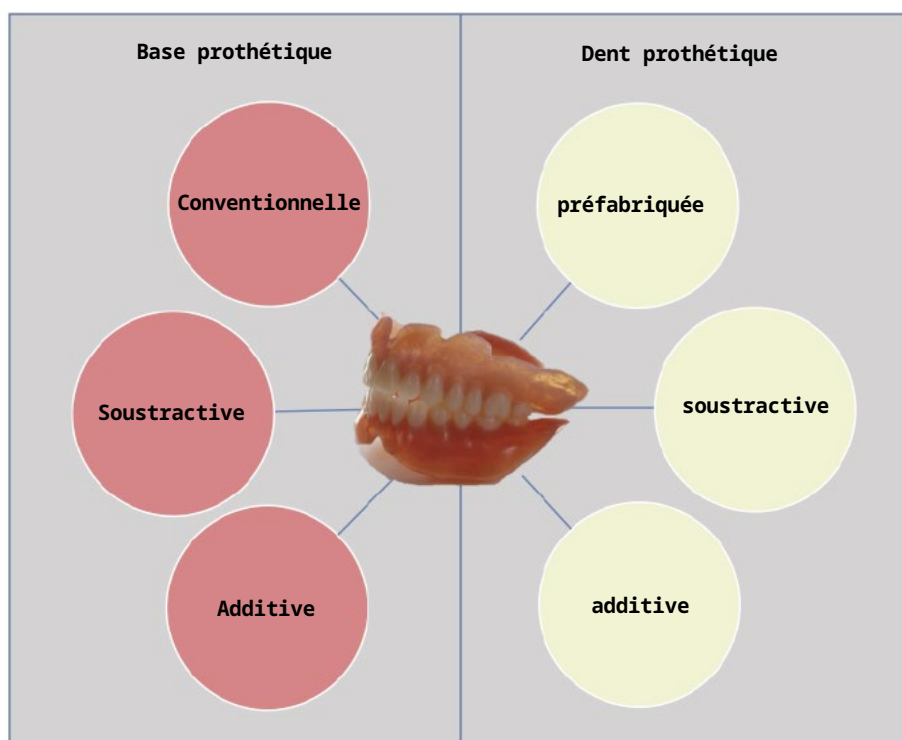


La numérisation permet l'utilisation de technologies soustractives et additives ainsi que de multiples combinaisons pour la fabrication de prothèses (► 1). À cet effet, des matériaux spécialement développés et continuellement optimisés sont également utilisés. Des études récentes montrent, par exemple, que les prothèses fabriquées par CAD/CAM atteignent une précision et une qualité comparables, voire parfois supérieures, à celles des prothèses réalisées selon des procédés analogiques traditionnels ^[2]. Un avantage majeur de la fabrication numérique réside dans la structuration efficace des processus. Les jeux de données peuvent être sauvegardés, reproduits et, par exemple, en cas de perte ou de fracture d'une prothèse, réutilisés sans nouvelle prise d'empreinte. En outre, le flux de travail numérique peut réduire le nombre de séances de traitement nécessaires, ce qui peut augmenter l'acceptation par les patients ^[3].

Néanmoins, la fabrication numérique des prothèses est un domaine très vaste ; c'est pourquoi un bref aperçu des possibilités actuelles de fabrication soustractive et additive ainsi que des matériaux disponibles pour les prothèses complètes est présenté ci-après. Une prothèse numérique peut être fabriquée en une seule pièce ; cependant, du point de vue technique, on distingue souvent deux composants fonctionnels : les dents prothétiques et la base prothétique ^[4].

**Auteurs**

Prothésiste dentaire Jakob Rossel, Dr Michael Schmidt, Prof Dr Sebastian Hahnel, Prof Dr Martin Rosentritt • UKR Universitätsklinikum Regensburg, Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik, Allemagne • ✉ jakob.rossel@ukr.de



► 1 Possibilités de combinaison pour la fabrication d'une prothèse numérique

Dents prothétiques

Les dents prothétiques préfabriquées classiques à base de résine sont disponibles sous différentes formes et teintes dentaires ainsi que pour divers concepts fonctionnels. Une stratification multicouche garantit une esthétique optimale grâce à des structures dentaires à gradation de couleur (émail, dentine) ^[5]. Les dents prothétiques construites à partir de différents matériaux présentent des propriétés spécifiques pour chaque couche : les couches d'émail possèdent une résistance à l'usure plus élevée, tandis que les masses cervicales présentent une meilleure adhésion chimique à la base prothétique. Il est également possible d'obtenir une grande résistance pour une utilisation dans les secteurs postérieurs ou une esthétique optimisée pour les secteurs antérieurs. La stratification permet ainsi d'optimiser les propriétés en fonction de l'application clinique.

En revanche, les dents prothétiques fabriquées par procédés soustractifs ou additifs sont souvent constituées de méthacrylates ou de composites, généralement monochromes ou monolithiques. Cela peut compliquer l'adaptation optimale des propriétés du matériau et/ou limiter l'esthétique lorsque les mêmes matériaux sont utilisés. L'avantage de la fabrication numérique assistée par ordinateur réside dans la possibilité de concevoir individuellement la forme, la structure et la fonction des dents prothétiques numériques. La fabrication numérique des dents prothétiques s'effectue soit par procédés soustractifs, par fraisage ou rectification, soit par procédés additifs, par impression 3D ^[6].

Fabrication soustractive

Dans les procédés de fabrication soustractive, les dents sont réalisées à partir de blocs ou de disques polymériques préfabriqués industriellement ^[6]. Il est possible de fabriquer des dents individuelles pour une mise en place personnalisée ou des arcades partielles ou complètes (► 2). Les dents individuelles peuvent être positionnées de manière per-

▼ 2 Fabrication soustractive des dents à partir d'un disque



sonnalisée, tandis que les arcades complètes peuvent présenter des avantages lors du collage combiné à la base prothétique. Une fois le processus de fabrication soustractive des dents terminé, celles-ci sont retirées du disque et retravaillées, par exemple par des corrections au niveau des zones de jonction ou par la préparation des collets dentaires pour le collage. Les dents fabriquées par procédé soustractif se distinguent par une grande précision, une bonne résistance à l'abrasion et de bonnes propriétés mécaniques, grâce à la fabrication industrielle des disques.

Dans des systèmes soustractifs intégrés (par exemple Ivotion, Ivoclar Vivadent), le fraisage combiné de la prothèse complète – comprenant dents et base – est possible à partir d'un brut dit « Shell », qui comporte à la fois une partie préfabriquée de couleur dentaire et une partie de couleur gingivale. D'autres variantes sont également possibles : dans certains systèmes, des dents prothétiques préfabriquées sont déjà intégrées dans le disque et seule la base prothétique est réalisée par procédé soustractif (Baltic Denture System, Merz Dental). Ainsi, l'assemblage entre les dents et la base peut être réalisé industriellement et optimisé en conséquence.

Fabrication additive

Dans le domaine de la fabrication additive, des systèmes de résines photopolymérisables sont utilisés, mis en œuvre par stéréolithographie (SLA), Digital Light Processing (DLP) ou procédé PolyJet. Les avantages de ces procédés résident dans la fabrication rapide et économique de formes dentaires individualisées offrant une grande liberté de conception et de fonction. L'équipement de fabrication additive est généralement plus simple sur le plan technologique et donc plus abordable que celui requis pour les procédés soustractifs.

Après le processus de fabrication additive, les structures de support sont éliminées et les dents sont nettoyées puis post-polymérisées afin d'obtenir des propriétés optimales. Des corrections sont ensuite effectuées et les collets dentaires préparés pour le collage. La qualité des dents est influencée notamment par leur orientation et leur position sur la plateforme de fabrication, l'épaisseur des couches ainsi que la nature et la durée de la post-polymérisation. Des études montrent que les dents imprimées présentent généralement une résistance mécanique ainsi qu'une stabilité de forme et de couleur inférieures à celles des alternatives fraisées [7, 8]. Des technologies d'impression multi-matériaux et multicolores sont également disponibles en impression 3D, permettant la fabrication simultanée des dents prothétiques et de la base (par exemple TrueDent, Stratasys).

Grâce à l'application de peintures polymériques, tous les types de dents prothétiques peuvent être personnalisés sur le plan esthétique [8]. Des systèmes de primers chimiques permettent d'optimiser l'adhésion à la base prothétique. Des dispositifs d'aide au collage sont également fréquemment utilisés pour assurer le positionnement correct et stable des dents ou des arcades dentaires numériques (▼ 3 et ▼ 4).



▼ 3 Dents prothétiques dans un dispositif d'aide au collage



▼ 4 Adhésif pour la fixation des dents prothétiques dans la base prothétique

Base prothétique

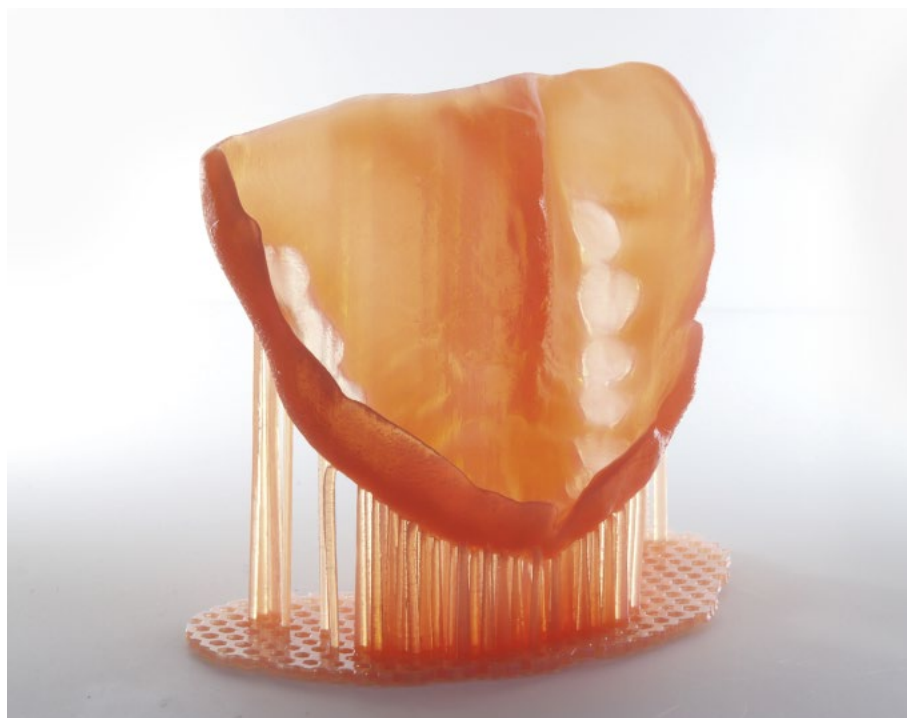
Traditionnellement, les bases prothétiques sont souvent réalisées par coulée, compression ou injection sur des montages en cire. En tant que procédés semi-numériques, les bases en cire peuvent également être fabriquées par procédés additifs ou soustractifs, tandis que les dents sont montées de manière conventionnelle. Comme pour les dents prothétiques, la fabrication numérique de la base prothétique suit un flux de travail soustractif ou additif. La production repose sur un modèle numérique (par exemple un fichier STL) créé à l'aide de logiciels de conception. En combinaison avec des logiciels CAD tels que 3Shape Dental System ou exocad DentalCAD, des formes de base spécifiques au patient sont conçues numériquement, puis converties en fichiers de fabrication. Ces procédés sont également bien adaptés à la duplication ou à la refabrication d'une prothèse existante^[6, 5].

Fabrication soustractive

Dans la variante soustractive, la base, tout comme les structures dentaires, est fraisée à partir d'un brut préparé industriellement. Ce procédé garantit une excellente adaptation marginale et une grande stabilité dimensionnelle de la base prothétique^[3, 9]. En revanche, l'esthétique gingivale limitée (par exemple avec des bruts monochromes) ainsi que le temps de fraisage relativement élevé peuvent constituer des facteurs limitants.

Fabrication additive

À l'inverse, la fabrication additive offre une méthode rapide, économique et reproductible (► 5). Ses inconvénients résident principalement dans une stabilité mécanique souvent plus faible et dans des variations dimensionnelles sous l'influence de l'humidité^[10].



► 5 Base prothétique fabriquée par procédé additif

Qualité

Les critères essentiels pour comparer la qualité des prothèses fabriquées selon différents procédés (► 6) comprennent notamment les propriétés mécaniques telles que la résistance à la flexion ou la ténacité des matériaux. Des méta-analyses mettent en évidence des différences en termes de résistance et de module de flexion entre les procédés, souvent en faveur des systèmes soustractifs [4]. Les systèmes additifs présentent généralement des performances légèrement inférieures. Des observations similaires s'appliquent à la ténacité à la rupture, en tant qu'indicateur de la susceptibilité à la fracture. En revanche, aucune différence significative n'est généralement observée en ce qui concerne la dureté ^[11].

Concernant la stabilité chromatique des bases prothétiques, les différents systèmes présentent parfois des résultats divergents. En revanche, l'analyse des études portant sur les dents prothétiques fabriquées selon divers procédés révèle peu de différences en matière de stabilité de couleur. Plusieurs méta-analyses n'ont montré aucune ou que très peu de différences d'adaptation entre les prothèses fraisées ou imprimées par rapport aux prothèses fabriquées de manière conventionnelle ^[4]. Peu d'études sont disponibles concernant la rétention des prothèses fabriquées selon différents procédés, mais celles portant sur les systèmes CAD/CAM montrent des valeurs satisfaisantes.

Sur le plan des coûts, des différences apparaissent quant à la charge de travail en laboratoire ^[12]. Des différences existent également en termes de temps clinique requis. La satisfaction des patients est généralement indépendante du fait que les prothèses soient fabriquées de manière numérique ou conventionnelle ^[13].

Série photographique

La série photographique présentée (► 2 et suivantes) illustre à titre d'exemple une possible procédure de fabrication en laboratoire d'une prothèse numérique combinée. La base prothétique a été fabriquée par impression 3D (V-Print dentbase, VOCO, P30+,



► 6 Prothèse complète numérique (dents fabriquées par procédé soustractif, base prothétique fabriquée par procédé additif, collée)

Straumann), tandis que les dents prothétiques ont été réalisées par procédé soustractif (CediTEC DT, VOCO ; Ceramill Motion 3, Amann Girrbach). La clé de positionnement des dents sur la base prothétique a été conçue numériquement (module de gouttières, exocad, Surgical Guide Clear, Straumann). Les dents et la base ont ensuite été assemblées à l'aide d'un adhésif (CediTEC Adhesive, VOCO). Étant donné que les produits d'un même fabricant sont généralement bien coordonnés entre eux, il est techniquement judicieux de les utiliser de manière cohérente dans la chaîne de fabrication.

Conclusion

Les procédés CAD/CAM offrent des approches et des solutions intéressantes pour la fabrication des prothèses. La combinaison de différents systèmes ouvre de nouvelles perspectives prometteuses pour les laboratoires et les cabinets. Toutefois, la combinaison de techniques numériques et de techniques analogiques éprouvées requiert actuellement une approche pragmatique, notamment lorsque des personnalisations fonctionnelles ou esthétiques sont nécessaires.

[dlf]

Littérature

- 1 Tamimi, Faleh (2019): Digital Restorative Dentistry. A Guide to Materials, Equipment, and Clinical Procedures. Unter Mitarbeit von Hiroshi Hirayama. Cham: Springer International Publishing AG. Online verfügbar unter <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kxp/detail.action?docID=5781087>.
- 2 Chaudhari, Prabhat Kumar (2022): 3D Printing in Oral Health Science. Applications and Future Directions. Unter Mitarbeit von Dinesh Bhatia und Jitendra Sharan. 1st ed. Cham: Springer International Publishing AG. Online verfügbar unter <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kxp/detail.action?docID=7102074>.
- 3 Bidra, Avinash S.; Taylor, Thomas D.; Agar, John R. (2013): Computer-aided technology for fabricating complete dentures: systematic review of historical background, current status, and future perspectives. In: The Journal of prosthetic dentistry 109 (6), S. 361–366. DOI: 10.1016/S0022-3913(13)60318-2.
- 4 Srinivasan, Murali; Kamnoedboon, Porawit; McKenna, Gerald; Angst, Lea; Schimmel, Martin; Özcan, Mutlu; Müller, Frauke (2021): CAD-CAM removable complete dentures: A systematic review and meta-analysis of trueness of fit, biocompatibility, mechanical properties, surface characteristics, color stability, time-cost analysis, clinical and patient-reported outcomes. In: Journal of dentistry 113, p. 103777. DOI: 10.1016/j.jdent.2021.103777.
- 5 Rosentritt M, Ilie N, Lohbauer M (2018): Werkstoffkunde in der Zahnmedizin. Moderne Materialien und Technologien: 442 Abbildungen. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag.
- 6 Kurzendorfer, Laura; Schmidt, Michael; Hahnel, Sebastian; Rosentritt, Martin (2023): Die digitale Prothesenfertigung. In: Quintessenz Zahntechnik 49 (6), p. 612–620.
- 7 Revilla-León, Marta; Sadeghpour, Mehrad; Özcan, Mutlu (2020): An update on applications of 3D printing technologies used for processing polymers used in implant dentistry. In: Odontology 108 (3), p. 331–338. DOI: 10.1007/s10266-019-00441-7.
- 8 Ahlholm, Pekka; Sipilä, Kirsi; Tarvonen, Pirkko-Liisa; Silvast, Tuomo; Lappalainen, Reijo (2024): Accuracy of Dental Restorations Fabricated Using Milling vs 3D-Printed Molds: A Pilot Study. In: International Journal of Prosthodontics 37 (7), p. 79–88. DOI: 10.11607/ijp.8236.
- 9 Goodacre, Brian J.; Goodacre, Charles J. (2022): Additive Manufacturing for Complete Denture Fabrication: A Narrative Review. In: Journal of prosthodontics: official journal of the American College of Prosthodontists 31 (S1), p. 47–51. DOI: 10.1111/jopr.13426.
- 10 Kalberer, Nicole; Mehl, Albert; Schimmel, Martin; Müller, Frauke; Srinivasan, Murali (2019): CAD-CAM milled versus rapidly prototyped (3D-printed) complete dentures: An in vitro evaluation of trueness. In: The Journal of prosthetic dentistry 121 (4), p. 637–643. DOI: 10.1016/j.prosdent.2018.09.001.
- 11 Valenti, Chiara; Isabella Federici, Maria; Masciotti, Francesca; Marinucci, Lorella; Xhimitiku, Iva; Cianetti, Stefano; Pagano, Stefano (2024): Mechanical properties of 3D printed prosthetic materials compared with milled and conventional processing: A systematic review and meta-analysis of in vitro studies. In: The Journal of prosthetic dentistry 132 (2), p. 381–391. DOI: 10.1016/j.prosdent.2022.06.008.
- 12 Casucci, Alessio; Ferrari Cagidiaco, Edoardo; Verniani, Giulia; Ferrari, Marco; Borracchini, Andrea (2025): Digital vs. conventional removable complete dentures: A retrospective study on clinical effectiveness and cost-efficiency in edentulous patients: Clinical effectiveness and cost-efficiency analysis of digital dentures. In: Journal of dentistry 153, S. 105505. DOI: 10.1016/j.jdent.2024.105505.
- 13 Zandinejad, Amirali; Floriani, Franciele; Lin, Wei-Shao; Naimi-Akbar, Aron (2024): Clinical outcomes of milled, 3D-printed, and conventional complete dentures in edentulous patients: A systematic review and meta-analysis. In: Journal of prosthodontics: Official journal of the American College of Prosthodontists 33 (8), p. 736–747. DOI: 10.1111/jopr.13859.

dental labor france

Magazine internationale de la technologie dentaire,

No. 1 : 5e Année, Janvier - Février 2026

À PROPOS DE NOUS

Éditeur : Burkhard P. Bierschenck

Directrice éditoriale et du texte : Mira Ross-Büttgen

Pour joindre la rédaction écrire à redaction@bc-publications.com

Consultant scientifique en prothèse dentaire : Eric Liebmann

Gestion de l'édition/publicité et gestion des ventes :

Elke Zimmermann (responsable), elke.zimmermann@vnmonline.de

Marketing et d'abonnement : marketing@bc-publications.com

Graphiste responsable & Design : Joachim Ullmer

PÉRIODICITÉ

L'e-paper **dental labor france** est publié bimestriel sous la forme d'un numéro double. Il y a six numéros par an.

SERVICE ET COORDONNÉES POUR LES ODRS DE LIVRES SPÉCIALISÉS

Verlag Neuer Merkur, service client, 74569 Blaufen, Allemagne,

T +49 (0)7953 / 88 36 91, F +49 (0)7953 / 88 31 60,

adresse mail : buchbestellung@fachbuchdirekt.de

L'ADRESSE POSTALE

dental labor france est édité par BC Publications International, une société du BC Publications GmbH, Behringstraße 10, 82152 Planegg, Allemagne,

T +49 (0)89 / 31 89 05-0, F +49 (0)89 / 31 89 05-38 (en même temps, l'adresse de toutes les personnes concernées), Site web: www.dental-labor-france.fr

Directeur exécutif : Burkhard P. Bierschenck

Fondée de pouvoir : Elke Zimmermann

NOTIFICATION DE DROIT D'AUTEUR ET DROIT DE L'ÉDITION

Aucune responsabilité n'est acceptée pour les manuscrits et images non demandés. Le journal et tous les articles individuels et les illustrations qu'il contient sont protégés par le droit d'auteur. Dès l'acceptation du manuscrit, le droit de publication ainsi que les droits de traduction, d'octroi de droits de réimpression, de stockage électronique dans des bases de données, de production de tirés à part, de photocopies et de microcopies sont transférés à l'éditeur BC Publications GmbH. L'auteur concède également à l'éditeur les droits exclusifs suivants d'utilisation de la contribution, illimité quant au temps et au lieu :

- le droit à l'enregistrement lisible par machine et au stockage électronique sur un support de données et dans la base de données en ligne de l'auteur ou d'un tiers, au téléchargement dans un ordinateur propre ou tiers, à la reproduction sur écran et à la mise à disposition dans une base de données hors ligne propre ou tierce pour une utilisation par des tiers.

- l'utilisation secondaire totale ou partielle et l'octroi de licences pour des traductions et comme publications électroniques. Toute utilisation et reproduction en dehors des limites fixées par la loi sur le droit d'auteur n'est pas autorisée sans le consentement de l'éditeur. Toutes les informations, résultats, etc. contenus dans cette publication ont été préparés par les auteurs au mieux de leurs connaissances et vérifiés par eux et l'éditeur avec le plus grand soin. Néanmoins, les erreurs de contenu ne peuvent pas être complètement exclus.

Par conséquent, toutes les informations sont fournies sans aucune obligation ou garantie de la part de l'éditeur ou des auteurs. Ils ne garantissent pas et n'acceptent pas la responsabilité pour toute inexactitude dans le contenu (exclusion de la responsabilité du produit).

Lieu de juridiction : Munich, Allemagne

© BC Publications International, une société du BC Publications GmbH.

Les textes de la section « Editorial » et les autres contributions signées par un nom reflètent l'opinion personnelle de l'auteur. Cela ne correspond pas nécessairement à l'opinion de l'équipe éditoriale dans tous et chacun des cas.

Coordonnées bancaires de l'éditeur :

Stadtparkasse München, IBAN DE65 7015 0000 0042 1738 23

Version allemande : das dental labor; Verlag Neuer Merkur GmbH, Behringstr. 10, 82152 Planegg;

Version norvégienne : Tenner i fokus, Norges Tannteknikerforbund, C J Hambros Plass 2 C, 0164 Oslo;

Version polonaise : Dental Labor; PZWL Wydawnictwo Lekarskie sp. z o. o., ul. Gottlieba Daimlera 2, 02-460 Warszawa;

Version roumaine : OTDR – Ordinul Tehnicienilor Dentari Romania, Attila Dombai, Soseaua Iancului 4B-4K, sector 2, 021723 Bucuresti;

Version espagnole : Ediciones Especializadas Europeas S.A., C/ Joaquim Molins, 5, 4.º, 2.a, ES-08028 Barcelona;

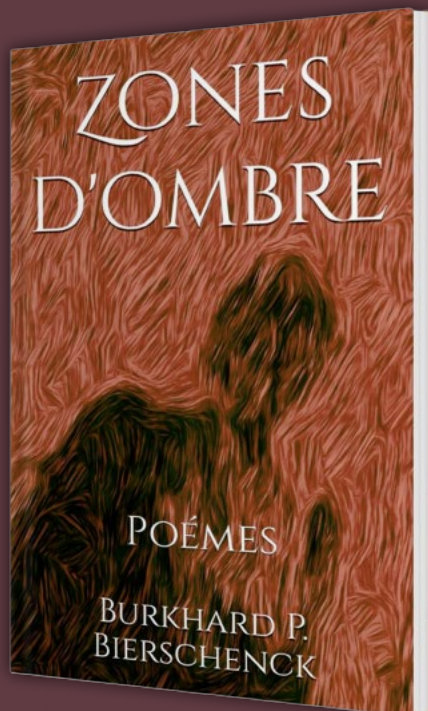
Tous les noms de produits, marques commerciales et marques déposées mentionnés dans cette publication sont la propriété de leurs détenteurs respectifs, même s'ils ne sont pas expressément identifiés comme tels. Leur mention est uniquement fournie à titre informatif et ne constitue en aucun cas une violation des droits de propriété intellectuelle existants.

Ne manquez pas le prochain numéro



Prothèses hybrides repensées

L'article montre comment rendre les prothèses hybrides plus stables et plus respectueuses des implants grâce à un concept occlusal éprouvé issu de la prothèse complète. Il met en avant le principe d'occlusion dent-à-dent lingualisée développé par le professeur Albert Gerber, qui réduit les forces horizontales et oriente les charges vers l'os. À travers un cas clinique, il explique étape par étape l'analyse des zones de charge et la définition d'un corridor d'appui sûr. Conclusion : le transfert du concept de Gerber aux restaurations implantoprotées améliore la stabilité fonctionnelle et la longévité des prothèses hybrides.



Zones d'ombre
Burkhard P. Bierschenck
Magical Media Publishing, 2022
ISBN 978-3-943998-04-7
55 pages

Zones ombres contient des poèmes que l'on ne peut pas se sortir de la tête si rapidement. Différents thèmes de la vie sont abordés de manière suggestive, toujours de manière concise, toujours avec sensibilité, toujours à plusieurs niveaux. Deux thèmes prédominent : La guerre et la mort. La perte de sa fille a libéré chez le poète Burkhard P. Bierschenck une force poétique qui oblige le lecteur à réfléchir et à compatir. Des poèmes qui vont sous la peau, touchent et incitent à lire et relire. Un must !



Fitzmorton et le mort qui sourit
Peter B. Hardcastle
Magical Media Publishing, 2022
ISBN 978-3943998160
209 pages



Phileas Fitzmorton, l'inspecteur boiteux de Scotland Yard, et son assistant le sergent John Miller sont appelés au domaine de Sir Travis Crimpleby. Là, dans une apparente idylle, ils trouvent une victime souriante, des passions refoulées, un amour interdit et de nombreux suspects. Fitzmorton doit utiliser ses talents de détective pour démasquer le tueur au sang-froid.



Fraîchement imprimé !