

Christian Moussally
Paris



Introduction

La CFAO directe, Conception et Fabrication Assistée par Ordinateur, permet de réaliser l'ensemble des étapes d'élaboration d'un élément prothétique au sein du cabinet et le plus souvent dans la séance.

Bien que la paternité de la CFAO dentaire revienne à François Duret qui a fait sa thèse sur l'empreinte optique en 1974, ce sont Werner Mörmann et Marco Brandestini qui ont mis au point en 1985 le premier système de CFAO directe : le CEREC®.

C'est à partir de la deuxième version du système, le CEREC® 2, que la CFAO directe a commencé à se développer au sein des cabinets dentaires. Les limitations du système étaient essentiellement d'ordre technologique, directement liées en particulier aux capacités de calcul et de mémoire des ordinateurs de l'époque. Ainsi l'empreinte optique consistait en l'acquisition d'une unique image des surfaces bucco-dentaires préalablement poudrées à l'aide de dioxyde de titane micronisé sur lesquelles était projeté un motif de franges. Ce système ne permettait que la réalisation de restaurations partielles de type inlay / onlay, mais ouvrait déjà la voie à une nouvelle approche de la dentisterie.

En effet, pour la première fois, un système numérique permettait la validation immédiate de la préparation et de l'empreinte réalisée, la détermination des limites, la modélisation en temps direct de l'élément prothétique, le choix du matériau restaurateur et la maîtrise des délais de fabrication par le praticien lui-même. L'orientation naturelle vers une dentisterie moderne, voire « avant-gardiste » permettait déjà aux praticiens équipés en CFAO directe de pratiquer une dentisterie adhésive, synonyme d'économie tissulaire tout en répondant à une demande grandissante de restaurations « sans métal » de la part des patients (Fig. 1). Les évolutions constantes concernant l'empreinte optique, les logiciels de CAO et FAO, les machines-outils à commande numérique et les biomatériaux usinables ont par la suite permis d'étendre les possibilités thérapeutiques.

Progrès en empreinte optique

Une très grande partie des évolutions est directement liée aux avantages de l'empreinte optique. La rapidité d'acquisition simplifie le geste clinique et supprime le risque de réflexe nauséux. L'enregistrement du rapport intermaxillaires (RIM) par empreinte optique des faces vestibulaires des dents en occlusion apporte une plus grande précision que les techniques conventionnelles et permet même de réaliser des empreintes optiques sous digue (Fig. 2). La grande profondeur de champ et la technologie confocale des dernières générations de scanner intra-oraux permettent d'enregistrer les volumes creux de faible largeur comme un logement de tenon intra-canaire sans avoir besoin de recourir à un corps de scannage spécifique (Fig. 3). Elle facilite également l'enregistrement des embrasures dentaires ouvertes chez les patients présentant des récessions gingivales importantes (Fig. 4). La duplication du fichier sans dégradation de l'information permet d'enregistrer une situation initiale pour s'en servir comme référentiel grâce à la corrélation des empreintes optiques entre elles (Fig. 5).

En cas de défaut au niveau de la préparation ou au niveau de l'empreinte optique, il est possible de découper une partie de l'empreinte optique et de la compléter secondairement.

Progrès logiciels

Les progrès en électronique et en informatique ont, de leur côté, également largement contribué au développement de la CFAO. Les microprocesseurs de plus en plus puissants, l'augmentation considérable de la capacité en mémoire des ordinateurs et l'implémentation d'algorithmes d'intelligence artificielle permettent aujourd'hui de travailler avec des logiciels d'une grande convivialité avec une courbe d'apprentissage assez rapide. La détermination des limites de préparation et le calcul de la morphologie des restaurations sont automatisés et ne nécessitent le plus souvent que très peu d'interventions de l'opérateur (Fig. 6).

La corrélation d'un maître modèle numérique avec les volumes « voxelisés » d'une acquisition radiologique 3D (scanner ou cone beam) permet de réaliser des planifications implantaire de haute précision, prenant en compte non seulement les volumes osseux, mais également la forme de la future prothèse implanto-portée et les épaisseurs de tissus mous, difficilement visualisables sur une imagerie radiologique 3D (Fig. 7).

L'enregistrement de la morphologie gingivale péri-implantaire et l'utilisation d'un transfert numérique permettent de modéliser des couronnes implanto-portées avec un profil d'émergence optimisé (Fig. 8). L'intégration des maîtres-modèles virtuels et restaurations modélisées par CAO dans une photo du visage du patient via des logiciels de « smile design » permet de prendre en considération des critères anatomiques de la tête du patient et de valider l'intégration esthétique des futures restaurations (Fig. 9).

Progrès mécaniques

Les machines-outils à commande numérique destinées à la CFAO directe ont également bénéficié des progrès technologiques. Initialement constituées d'un disque abrasif et d'une fraise diamantée (système CEREC 2), elles intègrent maintenant des moteurs plus performants « brushless » et peuvent comporter jusqu'à 4 fraises. Ces avancées technologiques permettent d'étendre la gamme des biomatériaux utilisables en CFAO avec des temps d'usinage courts. L'usinage de certains matériaux, comme la zircone, peut se faire à sec avec des fraises en carbure de tungstène (Fig. 10). L'utilisation de deux jeux de fraises de diamètres et de granulométrie décroissants permet de fabriquer des restaurations présentant un niveau de détails élevé tout en réduisant le risque d'écaillage aux limites. Ceci est particulièrement intéressant pour les restaurations de fine épaisseur comme les facettes (Fig. 11).

Progrès en biomatériaux

Concernant les évolutions et les progrès en CFAO, les biomatériaux usinables ne sont pas en reste. Dans un premier temps, les matériaux les plus utilisés étaient les céramiques et vitrocéramiques. Les blocs de céramique présentant un dégradé de teinte et de saturation permettent de réaliser des restaurations monolithiques avec un rendu esthétique proche de la dent naturelle (Fig. 12). Les composites usinables à hautes performances mécaniques et les zircons multicouches sont venus, par la suite, compléter la gamme des biomatériaux destinés à la CFAO ouvrant la porte à de nouveaux types de restaurations comme les facettes palatines ou les *tabletops* (Fig. 13).

FIG. 1 Réalisation d'un onlay en céramique par CFAO directe en 2006

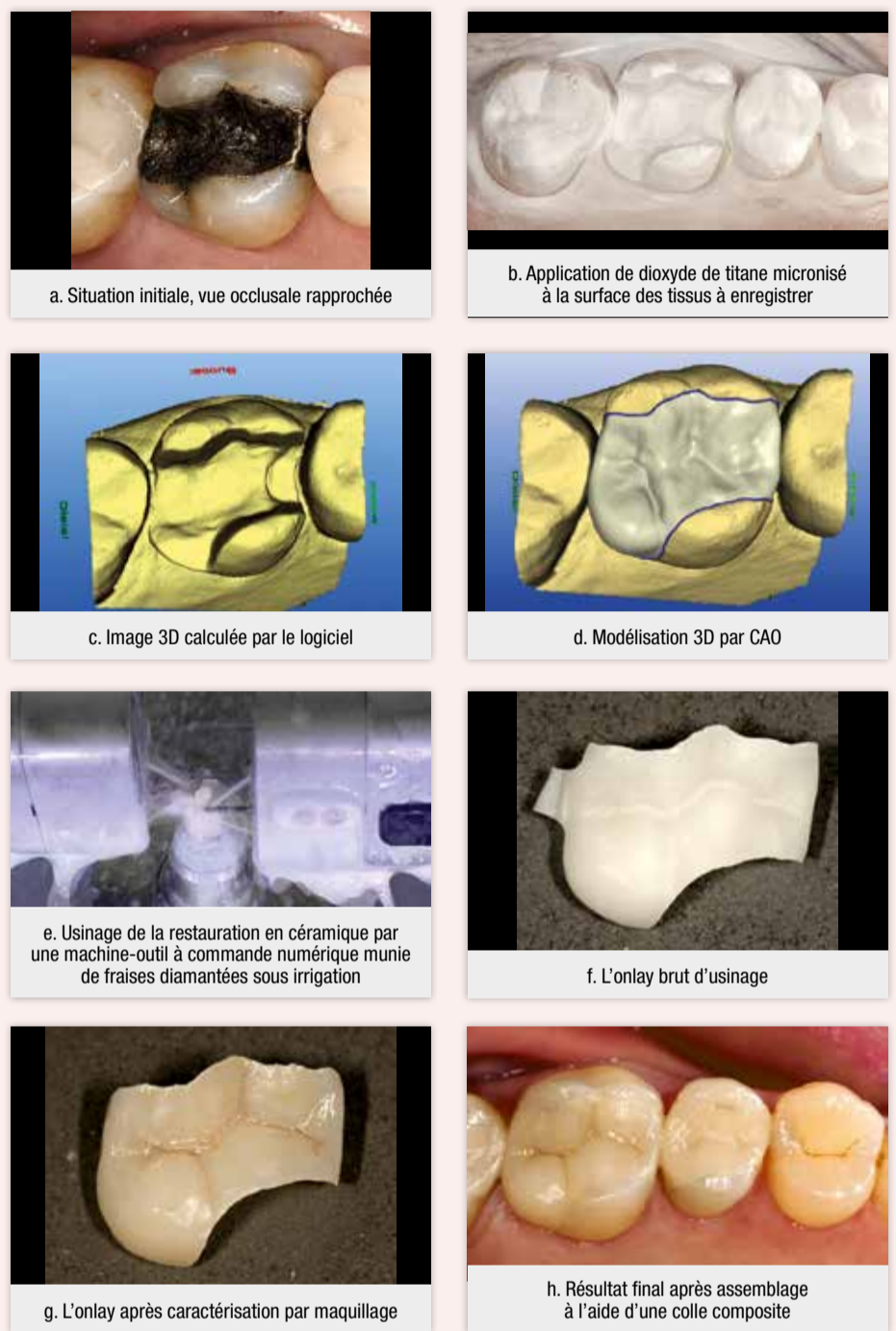


FIG. 2 Empreinte optique sous digue

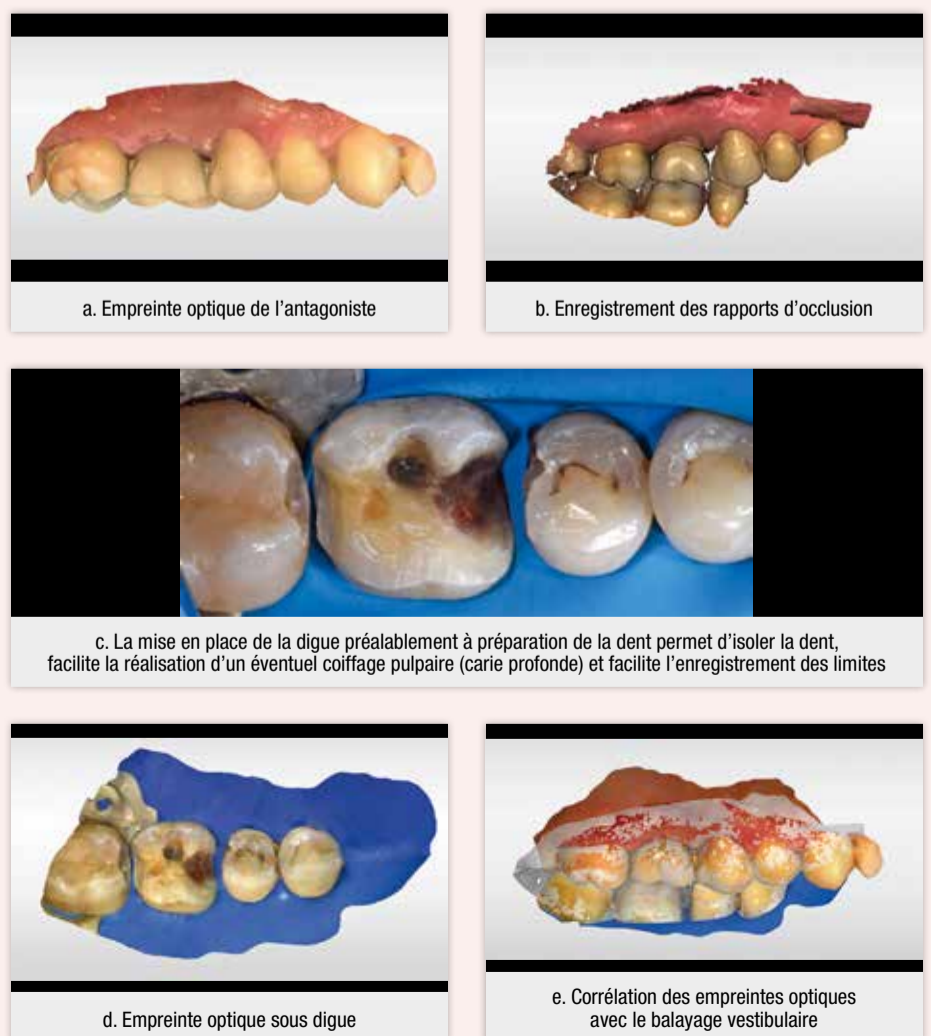


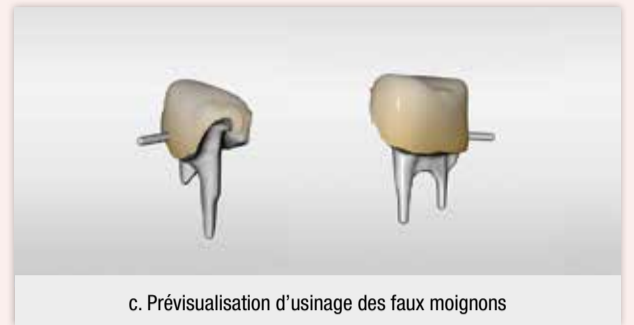
FIG. 3 Réalisation de deux faux moignons à ancrage radiculaire



a. Empreinte optique des préparations avec logements de tenons



b. Modélisation des faux moignons à ancrage radiculaire



c. Prévisualisation d'usinage des faux moignons

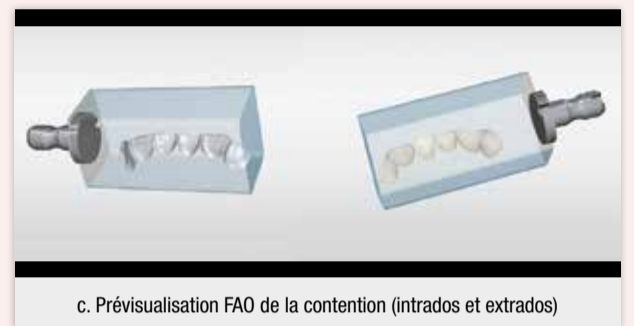
FIG. 4 Empreinte optique d'un sextant antérieur mandibulaire avec embrasures ouvertes et réalisation d'une contention en composite



a. Empreinte optique d'un sextant antérieur mandibulaire avec embrasures ouvertes



b. Modélisation de la contention par CAO

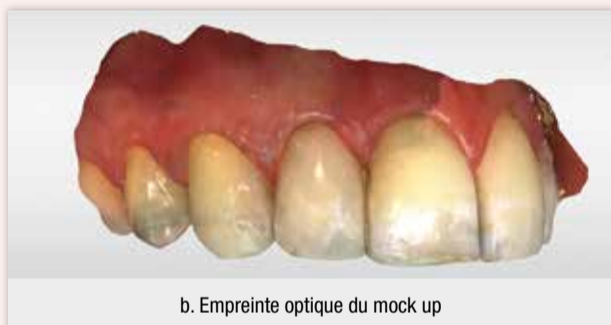


c. Prévisualisation FAO de la contention (intra et extra)

FIG. 5 Corrélation des empreintes optiques



a. Situation initiale : incisive latérale riziforme



b. Empreinte optique du mock up



c. Empreinte optique de la préparation



d. Empreintes optiques corrélées



e. Modélisation par copie numérique du mock up



f. Résultat final

FIG. 6 Intégration d'algorithmes d'intelligence artificielle dans les logiciels de CAO



a. Détection automatique de la dent préparée et des limites de préparation



b. Calcul « biogénique » de la morphologie de la restauration prenant en compte la morphologie des dents voisines et antagonistes

FIG. 7 Corrélation d'un maître modèle numérique comportant une planification prothétique avec les volumes issus d'un examen radiologique volumétrique à faisceau conique. La planification implantaire et le guide chirurgical qui en sera issu prennent en compte le volume osseux disponible, la morphologie des tissus mous et l'axe de la future couronne.

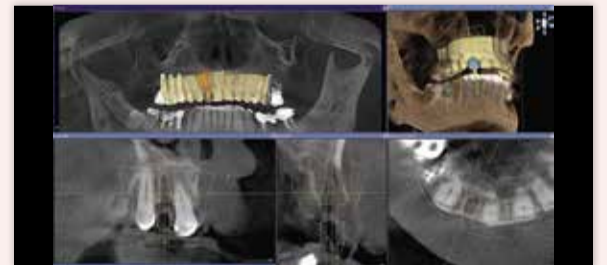
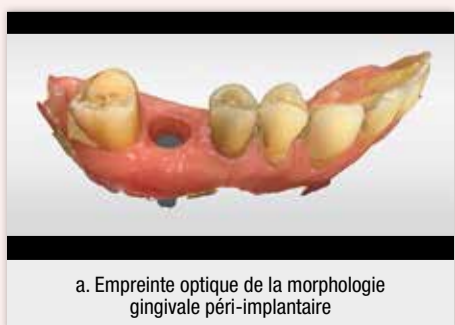


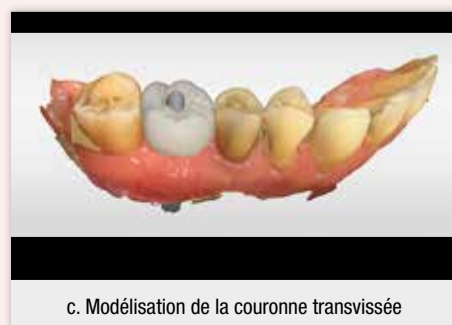
FIG. 8 Fig. 8 : Réalisation d'une couronne implanto-portée



a. Empreinte optique de la morphologie gingivale péri-implantaire



b. Enregistrement de la position de l'implant à l'aide d'un transfert numérique



c. Modélisation de la couronne transilluminée



d. Création d'un profil d'émergence respectant la morphologie gingivale péri-implantaire



DEXTER
VECTEUR DE PROGRÈS

*Dexter vous fournit
tous les produits de
votre quotidien.*

**CONGRÈS
INTERNATIONAL
ADF**
22-26 NOVEMBRE
2022

Stand: 1P18

Chirurgie



**Hygiène et
protection**



Empreintes



Endodontie



Restauration



FIG. 9 L'intégration de la modélisation des futures restaurations dans la photo du visage du patient permet de prendre en compte l'axe de symétrie du visage, la forme des lèvres, l'orientation du plan de Frankfort lors des étapes de CAO et permet de valider l'intégration esthétique des futures restaurations



FIG. 10 Couronne antérieure en zircone multicouche usinée à sec à l'aide de fraises en carbure de tungstène



FIG. 11 Usinage extra-fin



a. Machine-outil à commande numérique équipée de 2 jeux de fraises de diamètres et de granulométrie distincts



b. Facette usinée en mode extra-fin

FIG. 12 Réhabilitation complète par CFAO directe d'une jeune patiente atteinte d'amélogénèse imparfaite à l'aide de restaurations monolithiques en vitrocéramique pour les secteurs postérieurs et en céramique feldspathique multicouche pour les secteurs antérieurs

a. Situation initiale



b. Résultat final



FIG. 13 Tabletop de très fine épaisseur en composite usiné



Conclusion

Le recul clinique de plus de 20 ans que nous avons sur la CFAO directe nous permet d'affirmer que ce mode d'élaboration des restaurations prothétiques fait partie des données acquises de la science. Longtemps considérée comme avant-gardiste, la CFAO directe s'intègre aujourd'hui de plus en plus dans la pratique d'une dentisterie contemporaine.