

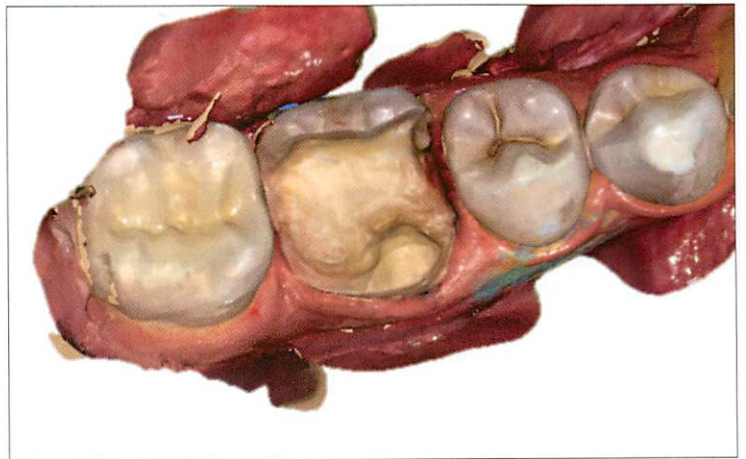
Limites et réalités de l'empreinte optique en 2018

P. CORNE

Chirurgien-dentiste
Maître de conférences associé, Nancy

P. DE MARCH

Chirurgien-dentiste
MCU-PH, Nancy



Quels sont les avantages et les inconvénients relatifs à l'utilisation des scanners intrabuccaux ?

Quels sont les domaines d'application de l'empreinte optique en 2018? Et ses limites ?

La technique conventionnelle physico-chimique est-elle encore d'actualité ?

Les auteurs ne déclarent aucun lien d'intérêt.

L'empreinte optique connaît un réel essor depuis ces dix dernières années. De nombreuses caméras intrabuccales sont maintenant disponibles sur le marché et leur technologie ne cesse de se développer. Cependant, leur utilisation dans les cabinets dentaires reste marginalisée, le coût d'investissement étant le premier frein quant à leur démocratisation. Longtemps limitée à la CFAO (Conception fabrication assistée par ordinateur, ou CAD/CAM, Computer aided design/computer aided manufacturing) directe, l'empreinte optique offre maintenant une multitude d'avantages complémentaires, permettant de développer d'autant plus l'éventail thérapeutique des chirurgiens-dentistes.

L'entrée de l'odontologie dans l'ère du numérique et de la CFAO a débuté au cours des années 1970. À cette époque, parallèlement, deux pionniers, dans deux continents différents, ont l'idée de numériser les arcades dentaires en vue de réaliser des restaurations prothétiques. En Europe, ces recherches sont menées par François Duret, alors étudiant en chirurgie-dentaire à la faculté d'odontologie de Lyon. En 1973, il soutiendra sa thèse d'exercice intitulée « L'empreinte optique » [1], qui introduit toutes les bases de la future dentisterie numérique. Sur le continent américain, ces travaux sont orchestrés par l'équipe d'Altschuler et al. [2,3].

En 1985, François Duret est le premier à réaliser une couronne par CFAO en intra-buccal durant le congrès de l'Association dentaire française [4]. Il initie ainsi une nouvelle page dans l'histoire de l'odontologie: celle de l'empreinte optique et de la CFAO directe. Depuis lors, le matériel et les logiciels qui les pilotent n'ont cessé de se développer à la vitesse que l'on connaît pour l'ensemble des technologies numériques.

L'offre s'est aussi diversifiée pour proposer aux praticiens différents moyens d'accéder aux empreintes optiques. Quels sont ces moyens? Quels sont les domaines d'indication des empreintes optiques, leurs avantages, leurs inconvénients et leurs limites par rapport aux techniques physico-chimiques conventionnelles pratiquées par tous? Cet article se propose d'y répondre en rappelant d'abord les principes et le matériel disponible pour la réalisation d'empreintes optiques au cabinet dentaire. Les domaines d'application clinique seront ensuite abordés et comparés aux techniques conventionnelles.

PRINCIPES DE L'EMPREINTE OPTIQUE

Les caméras intrabuccales reposent toutes sur le même principe de fonctionnement (*fig. 1*):

- un émetteur de lumière, qui émet le faisceau incident;
- un capteur ou récepteur de lumière, qui a pour but de recueillir la déformation du faisceau incident, autrement dit le faisceau transmis par l'objet enregistré;
- un convertisseur qui permet de transformer la perturbation analogique en données numériques;
- un système informatique, qui a pour vocation d'appliquer des filtres et de réaliser un traitement de l'image (reconstruction numérique de l'objet enregistré).

On classe et différencie les différentes techniques de numérisation des données en fonction de la source lumineuse utilisée (LED, light-emitting diode, ou laser), qui peut-être sous forme de nuage de points, ligne ou trame; mais également en fonction de la technologie mise en

Annexe I - Principes et techniques d'acquisition des données numériques en empreinte optique intra-buccale

• Technique par triangulation

Elle peut-être passive (utilise la lumière ambiante) ou active (projection d'un éclairage structuré). La technique de triangulation peut-être à partir d'un point, d'une ligne (ensemble de points formant une ligne) ou d'un masque (ensemble de points formant un ensemble de lignes). Le faisceau transmis obtenu permet de collecter plus de données à travers un masque, plutôt qu'une ligne ou un point.

• Méthode indirecte en lumière active ou structurée

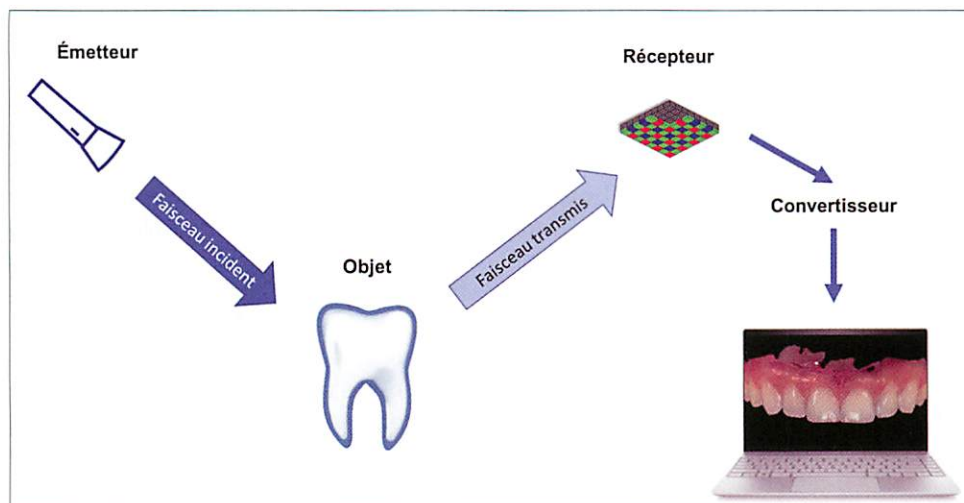
Cette technologie fait également appel au principe de triangulation. Cependant, dans ce cas, cette technique repose sur l'interprétation de la projection d'un réseau périodique, observé à travers un second réseau. Ce dernier peut être macroscopique (moirée optique) ou microscopique/ondulatoire (se rapprochant alors des méthodes par interférométrie).

• Imagerie des parallèles confocales

Cette technique repose sur le principe optique qu'une image est parfaitement nette lorsqu'elle est placée dans le plan focal. Cette technique enregistre ainsi les points lorsqu'ils sont dans la zone focale qui est fonction de la profondeur de champ connue par le système. Le système peut modifier sa distance focale en modifiant la taille d'ouverture du diaphragme. Ainsi, plus l'ouverture est large, plus la profondeur de champ diminue et inversement.

• Méthode par focalisation/défocalisation (AWS, Active Wavefront Sampling)

Cette méthode consiste à projeter sur l'objet une tache de lumière à travers une lentille mobile dans l'axe optique puis de calculer le mouvement de cette dernière pour passer de la vue floue à la vue nette. Ainsi, chaque point analysé par la tache correspond une distance Z lentille-objet.



1

œuvre (technique par triangulation, imagerie par focale parallèle, méthode par focalisation/défocalisation) (*annexe I*). L'ensemble des caméras disponibles sur le marché actuellement répond au degré de précision nécessaire à la réalisation de restaurations prothétiques. Le choix de la source lumineuse et de la technologie utilisée influence principalement le confort, la maniabilité de la caméra et la rapidité d'acquisition.

À la sortie, on obtient un fichier codé :

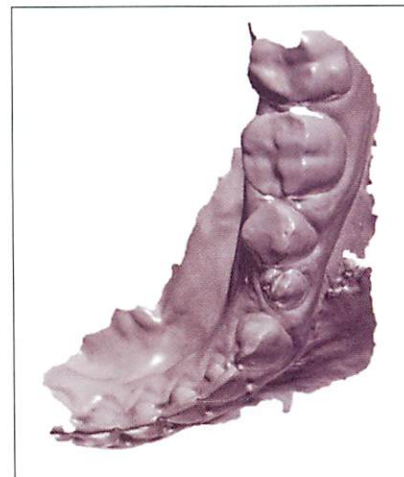
- soit au format dit .stl (STereo-Lithography), format standard universel qui décrit la géométrie de surface d'un objet en trois dimensions uniquement ;

- soit dans un format propriétaire, propre au fabricant, qui ne peut pas être échangées pour d'autres interfaces logiciels (exemples : .dcm pour les systèmes 3shape, .dxd pour les systèmes Cerec).

Le type de fichier obtenu permet de distinguer les systèmes dits « ouverts » où les empreintes optiques réalisées peuvent être lues et traitées par n'importe quel logiciel de conception, des systèmes dits « fermés » qui contraignent les utilisateurs à un logiciel de conception compatible avec le format propriétaire. Cependant, pour la grande majorité des caméras intrabuccales disponibles actuellement sur le marché, il est possible



2a



b

d'exporter les données au format .stl. Cette opération de conversion préalable entraîne alors une perte d'informations complémentaires, propre au système utilisé, comme la notion de couleur ou le marquage de la limite prothétique sur l'empreinte (*fig. 2a, b*).

PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DES SCANNERS INTRABUCCAUX

Pendant longtemps, les systèmes Cerec™ ont été leaders sur le marché du fait du manque de concurrence. En effet, à

1. Principe du fonctionnement d'une caméra intrabuccale.

2. Variations d'informations entre format propriétaire .dcm (a) et format .stl (b).

partir de 1985, les premiers systèmes par CFAO directe sont commercialisés : Cerec1™ développé par Mörman et Brandestini; et le système Henson™ de Duret [4]. Les systèmes Cerec ont rapidement fagocité le marché de la CFAO directe mais, depuis le congrès International Dental Show (IDS) de 2013, un nombre important et plus varié de nouvelles caméras intrabuccales a été développé, démontrant l’intérêt croissant de cette technique auprès des chirurgiens-dentistes.

L’ensemble du secteur de la CFAO s’est largement étendu et ne se limite plus à la seule CFAO directe, car en parallèle, les laboratoires de prothèses sont également entrés dans l’univers du CAD/CAM. Ces derniers ont d’ailleurs considérablement fait évoluer leur pratique. La CFAO s’est imposée par l’avènement de nouveaux matériaux de restauration, telle la zircone qui ne peut être mise en forme que par l’usinage commandé numériquement.

La précision obtenue par les usinages en prothèse fixée plurale ou sur implants en a encore favorisé l’essor. Les logiciels de conception permettent une maîtrise complète et quasi instantanée des volumes et des dimensions que les moyens de mise en forme à commande numérique matérialisent avec une précision inégalée. Les techniques de mise en forme par addition, plus rapides et plus économiques, se substituent à l’usinage pour les alliages métalliques dans une évolution technologique permanente. Au laboratoire, la CFAO permet de faire mieux et plus vite

que les techniques conventionnelles de coulée à cire perdue notamment.

À l’heure actuelle, c’est en clinique la CFAO semi-directe qui connaît un réel essor car elle contraint moins le chirurgien-dentiste à modifier ses habitudes de travail que la procédure complète de CFAO directe. La réalisation de l’empreinte est faite non plus à l’aide de matériaux physico-chimiques, mais grâce à une caméra intrabuccale. Le fichier obtenu est transféré en quelques minutes à un laboratoire de prothèses de proximité, capable de réaliser en quelques heures la conception puis la réalisation de la prothèse livrée au praticien dans la même journée.

La numérisation d’arcades intrabuccales se réalise maintenant en couleur, facilitant l’interprétation des limites cervicales par la visualisation de la démarcation gencive/dent (*fig. 3*) [5]. Cependant, cette option ne permet pas d’obtenir une information sur la couleur réelle de la dent, à l’exception des caméras Trios 2™ et 3™ de 3shape™. En effet, ces dernières sont les seules à être équipées d’un outil d’aide à la prise de couleur permettant de guider le prothésiste dans la réalisation de sa restauration. La couleur est ainsi obtenue à l’aide des nuanciers Vita™ (*fig. 4*).

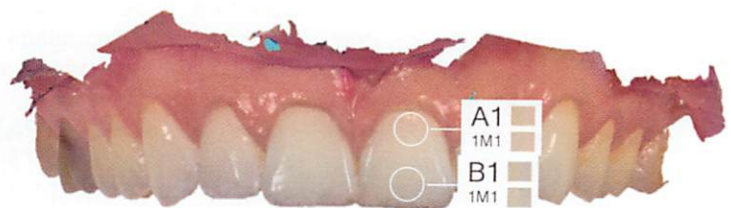
L’acquisition des données, qui se faisait jadis image par image, s’obtient désormais en flux continu. Ce mode « vidéo » permet d’améliorer le confort d’utilisation. Il suffit ainsi de balayer les surfaces à la bonne distance focale pour numériser les données. Cependant, cette technique

3. Visualisation de la démarcation gencive/dent facilitant l’interprétation de la limite cervicale.

4. Prise de la couleur à l’aide de la caméra Trios 3™ de 3shape™.



3



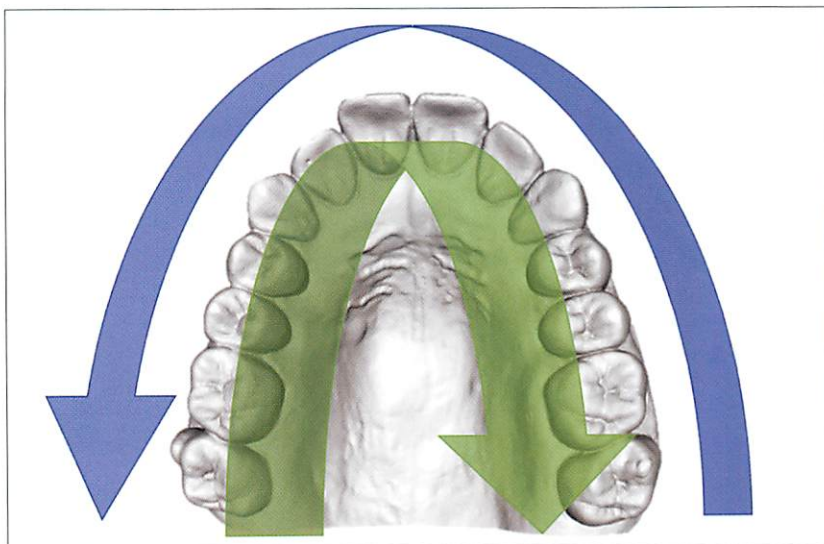
4

alourdit considérablement les fichiers et le « trop plein » d'informations nuit à la qualité de l'empreinte. En effet, numériser plusieurs fois une zone déjà acquise accroît inutilement le fichier et entraîne également une déformation du maître modèle numérique reconstruit, du fait que le logiciel moyennera les informations entre elles pour l'alléger. De ce fait, il est important de respecter une trajectoire de scannage, afin de limiter la numérisation excessive.

Selon Müller et al. [6], qui ont étudié l'impact des trajectoires de scannage sur la précision des empreintes optiques, il convient de commencer la numérisation sur les faces occlusales et palatines en commençant par la molaire la plus postérieure jusqu'à la molaire contralatérale. Ensuite, la caméra doit être basculée sur les faces vestibulaires et revenir sur la position de départ (fig. 5).

Pendant longtemps, l'empreinte optique a nécessité un poudrage préalable des surfaces à enregistrer. Ce poudrage permet d'améliorer la réflexion du faisceau incident et donc l'interprétation du faisceau transmis par augmentation des contrastes et suppression des artefacts dus aux phénomènes d'éblouissement. En effet, l'objet à numériser doit présenter des propriétés optiques particulières dites de réflexion spéculaire pure pour être numérisé [4]. Cela signifie que l'objet analysé doit permettre au faisceau transmis d'être parfaitement réfléchi et non partiellement absorbé ou diffracté. Cette étape consiste en la pulvérisation de particules de dioxyde de titane en une fine couche afin d'éviter de créer une surépaisseur sur l'objet analysé pouvant être responsable in fine d'un défaut d'ajustage.

Cette étape particulièrement délicate qui nécessite de l'expérience [7], s'avère de moins en moins nécessaire avec l'évolution des technologies et du matériel qui, depuis quelques années, ont permis le développement de nombreuses caméras sans poudrage. Cependant, dans certaines situations comme la présence de métal favorisant l'éblouissement, le poudrage peut encore s'avérer nécessaire pour faciliter l'acquisition des données. Il



5



6a



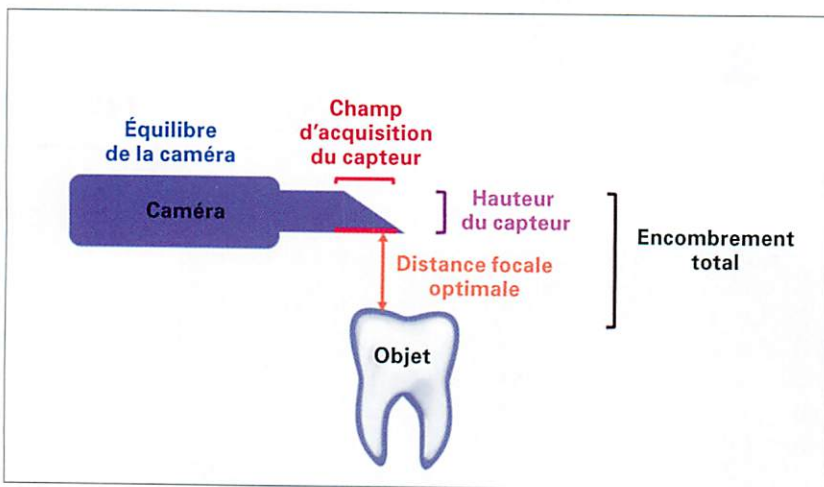
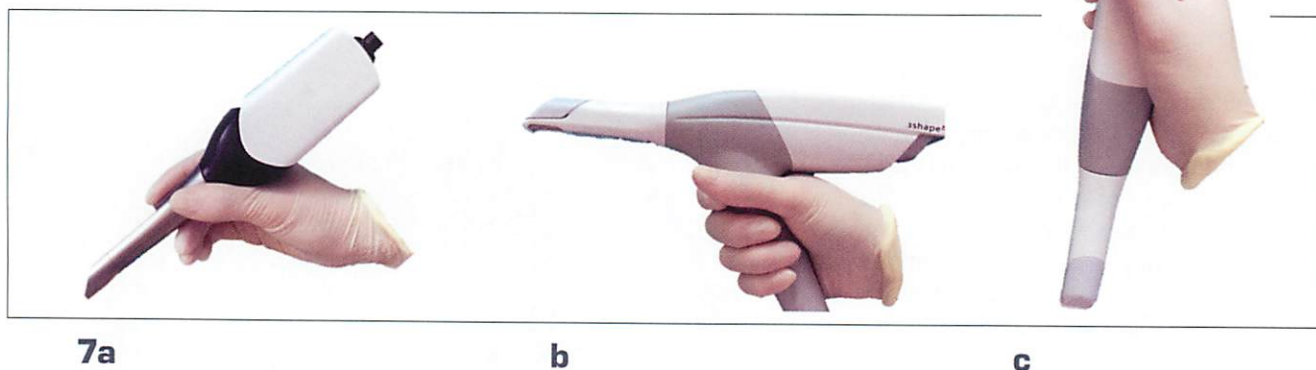
b

faut tout de même retenir que la présence de poudrage entrave forcément la capture de la couleur (fig. 6a, b).

Le poids ainsi que la forme de la caméra sont des paramètres jouant sur l'ergonomie de cette dernière. Une caméra lourde est plus difficile à contrôler, en particulier en mode d'acquisition en flux continu et peut entraîner, à la longue, une fatigue musculaire. Sur le marché actuel,

5. Trajectoire de scannage pour empreinte full-arch préconisée par l'étude de Müller et al. [6].

6. Influence du poudrage sur les surfaces dentaires : dents non poudrées (a), dents poudrées (b).



la caméra Condor scan™ affiche un poids plume de 110 g, quand l’Align Technology™ impose 470 g. Cependant, c’est surtout l’équilibre de la caméra qui influence sa maniabilité plus que son poids. Les caméras se présentent principalement pour une prise en main en mode stylo/turbine, dont le positionnement semble plus naturel. Certaines se déclinent en mode pistolet qui nécessitent une certaine flexibilité du poignet et du coude ou en mode « pleine main », améliorant le travail de scannage (fig. 7a-c).

8

7. Prise en main des caméras: mode stylo (a), mode pistolet (b), mode pleine main (c).
 8. Paramètres influençant l’encombrement de la caméra.

| Tableau I. Les principales caractéristiques de différents systèmes d’empreintes optiques intrabuccales | | | | | |
|--|----------------------------|----------|---------------------|-------------------------|--------------------|
| | Année de commercialisation | Poudrage | Prise en couleur | Technique d’acquisition | Type d’acquisition |
| Trios 3™ 3shape™ | 2015 | non | oui + nuancier vita | Parallèle confocale | Flux vidéo |
| CS 3600™ Carestream™ | 2016 | non | oui | Triangulation | Flux vidéo |
| Cerec Omnicam™ Dentpsly Sirona™ | 2012 | non | oui | Triangulation | Flux vidéo |
| Emerald™ Planmeca™ | 2017 | non | oui | Triangulation | Flux vidéo |
| Itero Element™ Align technology™ | 2015 | non | oui | Parallèle confocale | Flux vidéo |

Concernant la maniabilité et surtout l'encombrement de la caméra, la taille et la forme de son embout s'additionnent à la distance focale nécessaire pour l'acquisition ainsi qu'à la dimension du capteur (fig. 8).

En effet, les secteurs postérieurs sont parfois difficiles d'accès pour l'embout de la caméra, notamment chez les enfants. Ainsi la Condor scan™ qui nécessite un recul de 11 mm malgré une tête de caméra fine, peut engendrer des difficultés de scannage [8]. Toutefois, un capteur avec un large champ permettra d'acquérir plus d'informations et de faciliter la maniabilité de la caméra, même avec un embout encombrant.

Les caractéristiques des principales caméras disponibles sont présentées dans le *tableau I*.

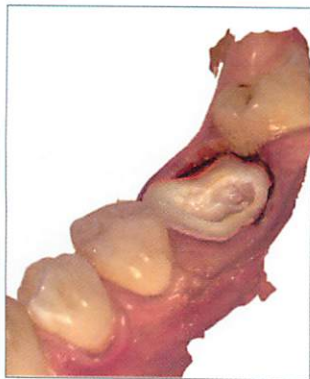
EMPREINTE OPTIQUE ET APPLICATIONS CLINIQUES

Les caméras intrabuccales sont des dispositifs qui permettent d'obtenir une cartographie précise de la situation clinique pour répondre à un nombre croissant de

situations différentes et d'objectifs de traitement. De nombreuses études ont démontré la remarquable précision de l'empreinte optique sur l'ajustage cervical réalisé par CFAO [9-12]. La revue de littérature systématique menée par Boitelle et al. montre tout de même qu'il existe une grande variabilité entre les systèmes [13].

La qualité maximale et reproductible des empreintes optique semble pour l'instant se limiter aux restaurations unitaires [14,15] ou aux restaurations plurales étendues à une héli-arcade maximum. Au-delà, les empreintes d'arcades complètes sont à envisager uniquement pour la réalisation de prothèse partielle amovible, notamment pour les châssis de prothèses à infrastructure métallique, mais également pour les gouttières ou les traitements d'orthodontie, ou tout simplement pour la fabrication de modèles d'étude. En effet, dans la dernière étude menée par Goracci et al. [16], il semblerait que les dispositifs pour empreintes optiques intrabuccales (Itero Element™ et Lava COS™ (3M™ ESPE) ne soient pas

| | Poids de la caméra | Possibilité de sorties de fichiers en .stl | Informations complémentaires |
|--|--------------------|--|--|
| | 340 g | oui | <ul style="list-style-type: none"> • Existe en format sans fil • Nécessite une licence annuelle • Embout autoclavable |
| | 315 g | oui | <ul style="list-style-type: none"> • Embout autoclavable |
| | 313 g | oui (à partir de la version 4.5) | <ul style="list-style-type: none"> • Aucun surcoût pour son utilisation pendant trois ans |
| | 183 g | oui | <ul style="list-style-type: none"> • Mise à jour payante • Embout autoclavable |
| | 470 g | oui | <ul style="list-style-type: none"> • Nécessite une licence annuelle • Embout à usage unique |



9

9. Enregistrement d'une limite intra-sulculaire à l'aide d'une caméra intrabuccale.

suffisamment précis pour permettre la réalisation de restaurations prothétiques fixées plurales sur arcade complète.

On limite souvent l'usage de l'empreinte optique aux situations cervicales supra-gingivales, mais les caméras enregistrent toutes les limites visibles. Ainsi, si une limite est visible à l'œil, cette dernière sera également visible sur l'empreinte optique (fig. 9). Toutes les techniques de déflexion gingivale peuvent ainsi être utilisées pour faciliter l'acquisition d'une empreinte optique. Seule la présence de saignements peut limiter l'usage de l'empreinte optique. Certaines caméras permettent même des acquisitions en HD permettant d'augmenter considérablement la profondeur d'acquisition, pour la fabrication d'endocouronne par exemple. Les caméras Trios™ sont les seules à être dotées d'un système permettant une acquisition en intra-canal pour la fabrication d'ancrages radiculaires. La mise en place de scanpost calibré en fonction de la marque et du diamètre du foret est nécessaire. Cela offre la possibilité de diversifier les matériaux disponibles pour les restaurations intraradiculaires.

L'enregistrement des rapports intermaxillaires se réalise majoritairement par un scan des faces vestibulaires des dents permettant un repositionnement des arcades maxillaires et mandibulaires entre elles en position statique et en occlusion d'intercuspidie maximale (OIM). L'occlusion dynamique ou l'occlusion en absence de repère dentaire restent encore difficiles à obtenir. Cependant, de nombreuses avancées technologiques vont dans ce sens, comme le dispositif Modjaw™ qui permet l'enregistrement de la dynamique des arcades maxillaires.

La CFAO a permis de grandes avancées en implantologie, notamment par la convergence des différentes données numériquement acquises. L'empreinte des volumes dentaires qui peut être réalisée à l'aide d'une caméra peut ainsi être couplée à la radiographie permettant la réalisation d'un guide chirurgical tenant, compte du projet prothétique, mais également des impératifs chirurgicaux [5]. La réalisation de prothèse

unitaire sur implant est également possible à l'aide de l'empreinte optique, donnant lieu à une réalisation personnalisée et plus rapide de piliers implantaires et couronnes prothétiques sur implant [17]. Cependant, cette technique ne semble pas encore fiable pour des restaurations plurales sur implants [18]. La revue de littérature de Mizumoto et Yilmaz [19] pointe des défauts d'ajustage entre les différents scanpost implantaires et l'implant pouvant être à l'origine de défauts d'empreinte. Une attention particulière sur le choix et la mise en place du scanpost est donc indispensable.

EMPREINTE OPTIQUE ET TECHNIQUES CONVENTIONNELLES

L'empreinte optique se différencie de l'empreinte conventionnelle physico-chimique par l'ajout d'outils informatiques complémentaires. Tout d'abord, cette technique permet de visualiser directement un maître modèle dématérialisé sur un écran, et non plus une empreinte en négatif. La visualisation de défauts d'empreinte est ainsi facilitée, d'autant plus que les logiciels d'empreinte optique sont équipés d'outils d'analyse de préparation qui permettent, entre autres, de mettre en évidence les contre-dépouilles ou le manque d'espace prothétique en fonction de l'arcade antagoniste.

En cas de défauts de préparation, l'empreinte optique peut être partiellement corrigée. Il suffit d'effacer la zone nécessitant une retouche puis de rescanner uniquement la zone concernée. Cette dernière fusionnera avec le scan précédent, ce qui fournit un avantage considérable par rapport à l'empreinte physico-chimique qui doit être intégralement reprise en cas de défaut, aussi localisé soit ce dernier. Ces outils d'autoanalyse aident ainsi le praticien à améliorer ses performances sur ses préparations et à procéder à une correction immédiate de la préparation avant le transfert au laboratoire.

L'utilisation des pré-scans a été développée pour faciliter la conception de la future restauration en numérisant le projet prothétique. Mais cette

fonction permet également, sur les caméras Trios™, de faciliter la numérisation intrabuccale. En effet le pré-scan du projet prothétique qui peut être fait sur un modèle en plâtre peut être fusionné avec l’empreinte intrabuccale, n’obligeant pas le praticien à numériser l’intégralité des données en intrabuccal (fig. 10a, b). De plus, le pré-scan peut également servir à numériser les arcades en présence de prothèse amovible jouxtant des dents qui seront restaurées par CFAO pour faciliter les rapports intermaxillaires. Dans cette situation, le scan des préparations sera fusionné au scan avec la prothèse amovible (fig. 11a, b) et permettra de visualiser la position de la prothèse amovible lors des étapes de conception.

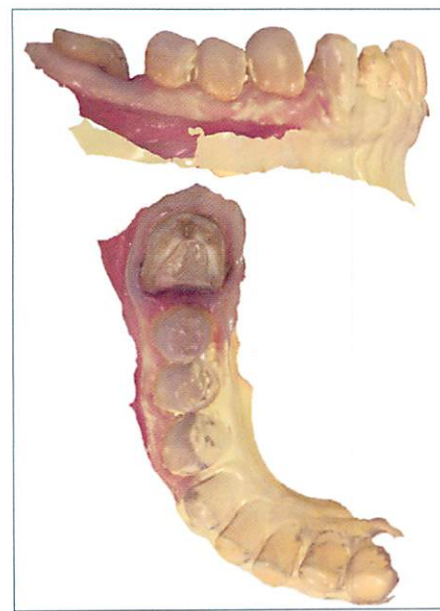
Le temps de numérisation est fonction de l’habileté du praticien à réaliser l’empreinte optique, ainsi que du contexte clinique. Même si cette technique requiert tout de même un temps d’apprentissage, en temps normal, une empreinte optique comprenant les deux arcades et le ou les scans vestibulaires pour le repositionnement intermaxillaire se réalise en quelques minutes (entre quatre et quinze) [20] et est donc, en moyenne, plus rapide qu’une méthode conventionnelle [9,20-22].

Il n’y a aucun temps de prise et les scans en flux continu peuvent être entrecoupés autant de fois que nécessaire. Cela facilite donc le travail d’empreinte chez les patients présentant un fort réflexe nauséeux, phobique, ou chez les enfants (fig. 12a, b). En effet, les caméras en flux continu reprennent automatiquement l’acquisition lorsqu’elles retrouvent une correspondance avec une séquence déjà acquise.

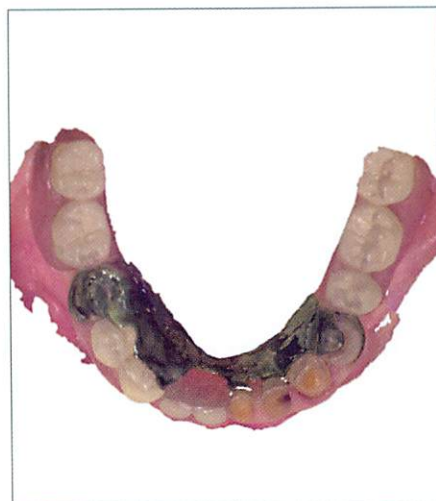
La gestion du stock des modèles est aussi facilitée grâce au stockage numérique et surtout par l’absence d’usure ou détérioration des données [5]. Il existe de plus en plus de propositions de « cloud » permettant la conservation de ces dernières durant toute leur durée légale. Notons tout de même que le stockage numérique reste subordonné à l’existence et à la pérennité des logiciels et système capables de lire et d’exploiter



10a



b



11a



b

10. Utilisation du pré-scan sur Trios 3™ de 3shape™ : fusion d’un modèle en plâtre (a) avec une empreinte intrabuccale (b).

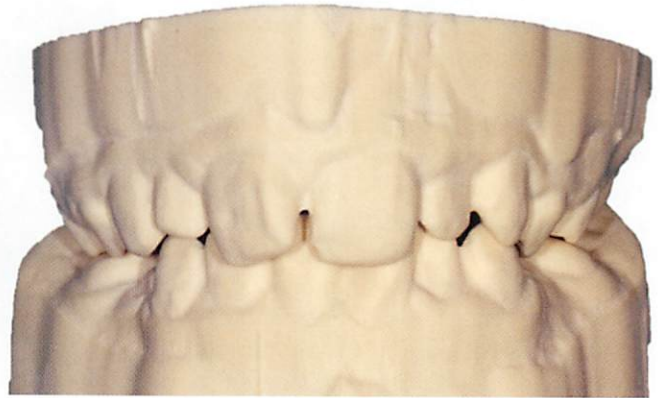
11. Utilisation du pré-scan sur Trios 3™ de 3shape™ : fusion de l’empreinte de la situation clinique avec la prothèse amovible à infrastructure métallique (a) avec l’empreinte des préparations sans le châssis métallique (b).

ces données. De plus, la fiabilité des supports de stockage numérique n’est pas non plus absolue.

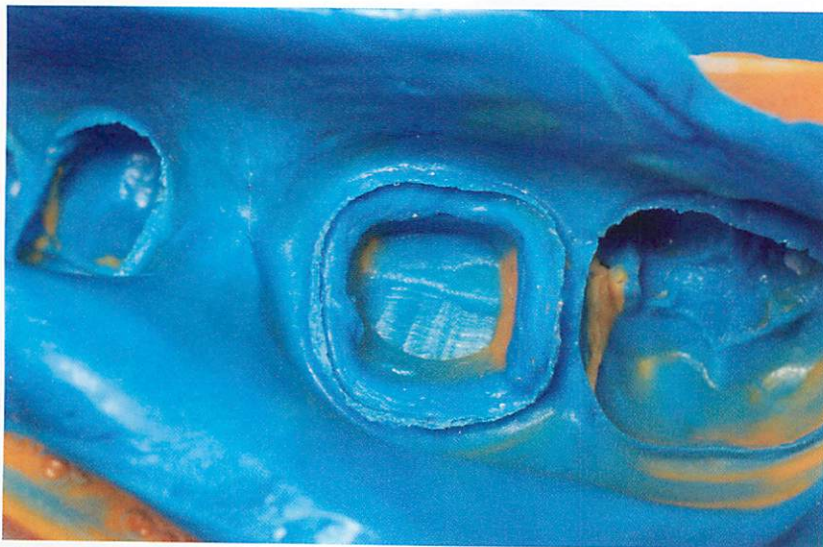
L’avantage principal de l’empreinte optique réside, par ailleurs, dans l’amélioration de la communication entre le



12a



b



13

12. Réalisation d’empreintes optiques chez un patient présentant un réflexe nauséux (a) pour la fabrication de modèles d’étude (b).

13. Enregistrement des limites profondes d’une préparation grâce à l’action mécanique du matériau sur les tissus marginaux (wash-technique).

praticien, le laboratoire de prothèses et le patient. L’envoi des données se réalise en quelques minutes après les acquisitions, et le prothésiste est ainsi en mesure de procéder directement à la conception, sans avoir besoin de procéder à la désinfection et à la coulée des empreintes. Cette chaîne de traitement raccourcie réduit le risque d’erreurs et de perte de données. De plus, il est possible, pour le praticien, de tracer sur la préparation la limite prothétique, afin d’éviter des erreurs d’interprétation par le prothésiste.

Enfin, la numérisation des arcades en intrabuccal facilite la communication avec le patient qui visualise en direct sa situation clinique et l’évolution de son traitement, ce qui contribue à apporter une image moderne de l’odontologie [20].

L’investissement financier, qui est le premier frein dans l’acquisition d’une caméra intrabuccale, est à relativiser par l’arrêt des coûts annexes en lien avec les empreintes physico-chimiques (matériaux à empreinte, porte-empreintes, systèmes de désinfection). Les restaurations simples se réalisent sans maître modèle physique, ce qui engendre une diminution des dépenses. Le prix d’une caméra varie entre 25 000 (Condor scan™) et 50 000 euros (Omnacam™, Trios™) à l’achat. Mais à ce coût s’ajoute, pour certaines, le prix des licences, des mises à jour et de la maintenance, sans oublier le coût d’un éventuel traitement des fichiers pour pouvoir les envoyer au prothésiste de son choix.

De plus en plus d’offres de prêt apparaissent sur le marché, avec notamment l’entreprise Lyra™, qui assure non seulement la mise en place et la maintenance mais également la mise à disposition de formateurs et formations pendant toute l’offre de prêt. Cela permet ainsi une immersion personnalisée et accompagnée dans le monde de la CFAO. De plus, les offres de prêt permettent de renouveler plus aisément son matériel dont l’obsolescence est très importante, et de

suivre ainsi l'évolution des dispositifs au cours du temps.

Malgré tout, les empreintes physico-chimiques conservent des caractéristiques particulières que les caméras n'ont pas encore atteintes. La précision des enregistrements conventionnels pour les arcades complètes demeure supérieure et plus fiable que les acquisitions numériques. Mais la principale caractéristique inégalable de l'empreinte physico-chimique est son action physique sur les tissus marginaux et les fluides biologiques. Les caméras peuvent effectivement enregistrer des limites intrasculaires si des opérations de déflexion gingivales les rendent visibles, mais les empreintes physiques peuvent contribuer, lors de l'insertion du porte-empreinte à repousser une gencive marginale « élastique », voire des fluides créviculaires en quantité modérée (fig. 13).

CONCLUSION

Depuis près de cinquante ans, les procédés, la précision et les domaines d'application des empreintes optiques se sont développés à la vitesse de toutes les technologies numériques. Les dispositifs intrabuccaux pour empreinte optique sont des outils qui ne permettent plus uniquement de réaliser des empreintes de situation, mais proposent une diversité d'applications.

Ces dispositifs, qui sont aussi des moyens de perfectionnement et d'apprentissage, participent à la communication entre le praticien, le laboratoire de prothèse et le patient. Ils s'intègrent maintenant à la majorité des situations cliniques quotidiennes et offrent de nouvelles perspectives de thérapeutique parfois plus

Auto-évaluation



- | | | |
|--|--------------------------|--------------------------|
| 1. La réalisation d'un bridge complet à l'aide d'une empreinte optique intrabuccale "full-arch" est préconisée à l'heure actuelle. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2. Les caméras en prise couleur permettent de renseigner le prothésiste sur la couleur des dents. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3. L'empreinte optique permet la confection de piliers implantaires et de couronnes unitaires sur implants. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4. Les limites cervicales sous-gingivales représentent une contre-indication à l'utilisation de l'empreinte optique. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5. La réalisation d'une restauration bordant le châssis métallique d'une prothèse amovible partielle est impossible avec une empreinte optique.. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

précises, plus rapides, plus ergonomiques ou plus souples que les techniques conventionnelles. Les avancées technologiques de ces dernières années offrent aussi plus de simplicité d'utilisation.

La diversité des offres d'achat, de mise à disposition ou de location concourt aussi à faciliter l'accès de ces technologies au plus grand nombre. Cependant, l'empreinte optique et son traitement requièrent des compétences particulières et imposent de facto une courbe d'apprentissage assez importante pour les praticiens novices en ces domaines. Les avantages évidents et la vitesse de ces possibilités laissent néanmoins présager un avenir prometteur à l'empreinte optique.

Bibliographie

1. Duret F. Empreinte optique. Thèse d'exercice. Lyon, 1973.
2. Altschuler BR. Holodontography: An introduction to dental laser holography. USAF Sch Aerosp Med. 1973.
3. Young JM, Altschuler BR. Laser holography in dentistry. J Prosthet Dent. 1977;38:216-25.
4. Landwerlin O. L'empreinte optique Intra-buccale : et ses applications au cabinet dentaire. Sarrebruck : Éditions universitaires européennes. cop. 2011.; 2011.
5. Zimmermann M, Mehl A, Mörmann WH, Reich S. Intraoral scanning systems - a current overview. Int J Comput Dent. 2015;18:101-29.
6. Müller P, Ender A, Joda T, Katsoulis J. Impact of digital intraoral scan strategies on the impression accuracy using the TRIOS Pod scanner. Quintessence Int. 2016;47(4):343-9.
7. Dehurtevent M, Robberecht L, Béhin P. Influence of dentist experience with scan spray systems used in direct CAD/CAM impressions. J Prosthet Dent. 2015;113:17-21.
8. Cantayre G, Nasr K. Sept caméras d'empreintes optiques intra-orales au banc d'essai. Le fil dentaire. 2018.
9. Gjølvd B, Chrčanovic BR, Korduner E-K, Collin-Bagewitz I, Kisch J. Intraoral Digital Impression Technique Compared to Conventional Impression Technique. A Randomized Clinical Trial. J Prosthodont Off J Am Coll Prosthodont. 2016;25:282-7.
10. Ting-Shu S, Jian S. Intraoral Digital Impression Technique: A Review. J Prosthodont Off J Am Coll Prosthodont. 2015;24:313-21.
11. Ender A, Attin T, Mehl A. In vivo precision of conventional and digital methods of obtaining complete-arch dental impressions. J Prosthet Dent. 2016;115:313-20.
12. Ahlholm P, Sipilä K, Vallittu P, Jakonen M, Kotiranta U. Digital Versus Conventional Impressions in Fixed Prosthodontics: A Review. J Prosthodont Off J Am Coll Prosthodont. 2018;27:35-41.
13. Boitelle P, Mawussi B, Tapie L, Fromentin O. A systematic review of CAD/CAM fit restoration evaluations. J Oral Rehabil. 2014;41:853-74.
14. Iwaki Y, Wakabayashi N, Igarashi Y. Dimensional accuracy of optical bite registration in single and multiple unit restorations. Oper Dent. 2013;38:309-15.
15. Berrendero S, Salido MP, Valverde A, Ferreira A, Pradies G. Influence of conventional and digital intraoral impressions on the fit of CAD/CAM-fabricated all-ceramic crowns. Clin Oral Investig. 2016;20:2403-10.
16. Goracci C, Franchi L, Vichi A, Ferrari M. Accuracy, reliability, and efficiency of intraoral scanners for full-arch impressions: a systematic review of the clinical evidence. Eur J Orthod. 2016;38:422-8.
17. Van der Meer WJ, Andriessen FS, Wismeijer D, Ren Y. Application of intra-oral dental scanners in the digital workflow of implantology. PloS One. 2012;7.
18. Ajioka H, Kihara H, Odaira C, Kobayashi T, Kondo H. Examination of the Position Accuracy of Implant Abutments Reproduced by Intra-Oral Optical Impression. PloS One. 2016;11.
19. Mizumoto RM, Yilmaz B. Intraoral scan bodies in implant dentistry: A systematic review. J Prosthet Dent. 2018.
20. Richert R, Goujat A, Venet L, Viguie G, Viennot S, Robinson P, et al. Intraoral Scanner Technologies: A Review to Make a Successful Impression. J Healthc Eng. 2017.
21. Yuzbasioglu E, Kurt H, Turunc R, Bilir H. Comparison of digital and conventional impression techniques: evaluation of patients' perception, treatment comfort, effectiveness and clinical outcomes. BMC Oral Health. 2014;14:10.
22. Burhardt L, Livas C, Kerdijk W, van der Meer WJ, Ren Y. Treatment comfort, time perception, and preference for conventional and digital impression techniques: A comparative study in young patients. Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod. 2016;150:261-7.

COORDONNÉES DES AUTEURS:

**Pascale CORNE et Pascal DE MARCH - Faculté d'odontologie de Lorraine
7, avenue de la forêt de Haye, BP 20199, 54505 Vandœuvre-lès-Nancy cedex
Email: pascale.corne@univ-lorraine.fr, pascal.de-march@univ-lorraine.fr**