

# La CFAO *indirecte*



**Maxime Hollender**  
*Attaché hospitalier  
Département de prothèses  
Hôpital Saint Roch, Nice*



**Yves Allard**  
*MCU-PH  
Département  
de prothèses  
Hôpital Saint Roch, Nice*

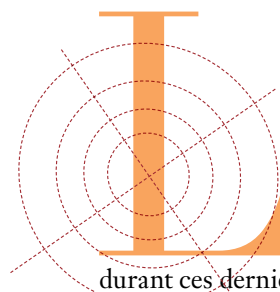


**Jean Richelme**  
*Docteur en chirurgie  
dentaire, Nice*



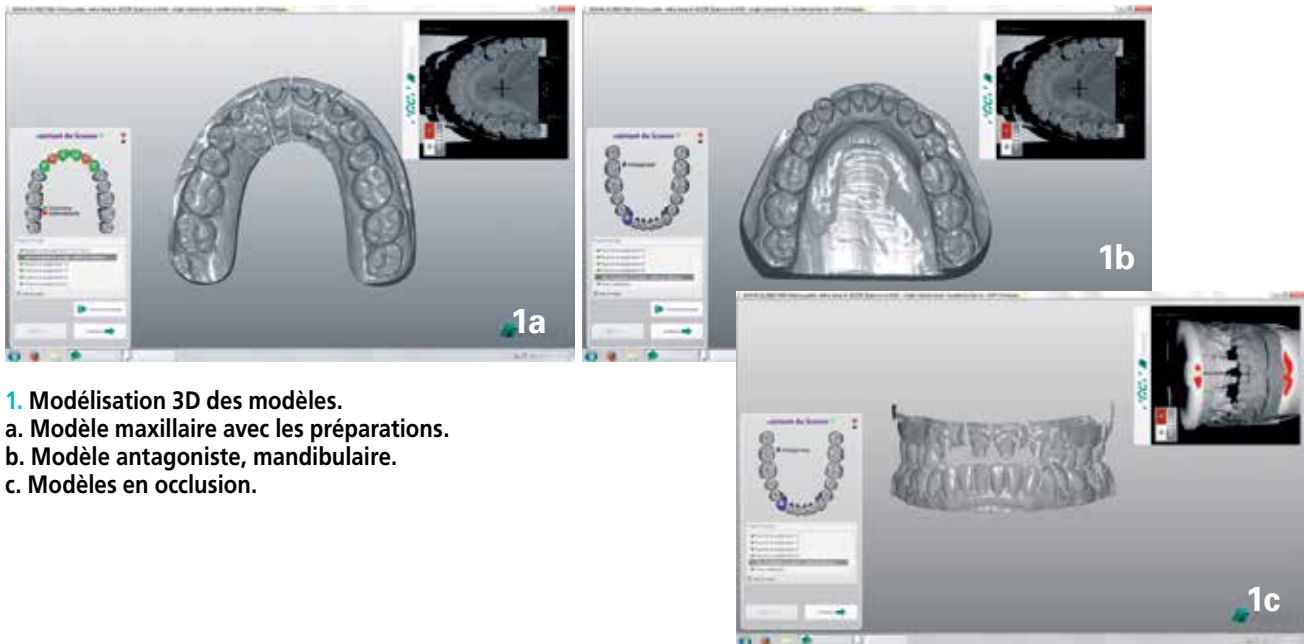
**Jean-Pierre Casu**  
*Prothésiste dentaire  
Laboratoire Kosmeteeth,  
Nice*

L'objectif de cet article est de suivre le devenir de l'empreinte réalisée selon des méthodes conventionnelles du cabinet dentaire vers un laboratoire équipé d'un système de CFAO.



La CFAO (Conception et Fabrication Assistée par Ordinateur) a connu une ascension fulgurante dans les laboratoires de prothèse durant ces dernières années.

En effet, cette technique a totalement fait évoluer leur pratique quotidienne en remplaçant certaines techniques empiriques [1]. Dès lors, ce sont ces mêmes prothésistes dentaires qui furent les premiers à se rendre compte de l'intérêt de cette technique. Cette nouvelle façon de concevoir les prothèses a permis ainsi au laboratoire d'améliorer leur réalisation en termes de précision, de reproductibilité et de diversités des matériaux, tout



**1. Modélisation 3D des modèles.**  
**a. Modèle maxillaire avec les préparations.**  
**b. Modèle antagoniste, mandibulaire.**  
**c. Modèles en occlusion.**

cela en diminuant les erreurs en liaison avec le facteur humain.

Côté statistiques, la CFAO se résume en quelques chiffres très prometteurs.

En juillet 2012, une étude [2] nous apprend que plus du tiers des laboratoires sont équipés en CFAO (34 %). En 2013, 1 616 laboratoires sont équipés, soit une augmentation de plus de 4 % en comparaison à l'année précédente.

La connaissance de cette CFAO indirecte, ainsi que le nombre de laboratoires équipés vont certainement entraîner de nombreux confrères chirurgiens-dentistes à s'intéresser à l'empreinte numérique (décrite la première fois par François Duret en 1973), dernier « maillon faible » d'une chaîne artisanale que constitue l'empreinte « classique » avec tous les risques d'erreurs.

De façon synthétique, on peut considérer que la technique de CFAO nécessite trois grandes étapes :

- la numérisation de l'arcade dentaire ou du modèle de cette arcade ;
- la modélisation informatique de la prothèse grâce à un logiciel de traitement des données ;
- la fabrication de la prothèse par usinage, prototypage ou fusion laser.

Dans les pages qui suivent, nous allons exposer le devenir de l'empreinte réalisée selon des méthodes conventionnelles du cabinet dentaire vers un laboratoire équipé d'un système de CFAO.

### ***Les 5 étapes de CFAO au laboratoire [3, 4, 5]***

- Étapes préparatoires
- Étapes de scannage
- Paramètres
- Modélisation
- Usinage

#### **Les étapes préparatoires**

Après coulée conventionnelle de l'antagoniste et du maître modèle, le prothésiste peut évaluer la qualité des empreintes, la difficulté du travail et en réaliser la planification.

#### **Les étapes de scannage**

Différents types de scanner existent pour la modélisation 3D des modèles en plâtre, soit par balayage lumineux, soit par une prise successive de clichés.

Cette première étape de modélisation des modèles permet d'obtenir une image basse définition de ces modèles. Cette modélisation globale de l'arcade inclut donc la ou les préparations ainsi que les dents adjacentes (fig. 1).

Dans un second temps, une modélisation 3D haute définition va se concentrer sur la zone de travail avec comme objectif de fournir le maximum de détails précis, afin d'obtenir une image en trois dimensions servant de support à la future modélisation de la prothèse fixée. On obtient ainsi

le maître modèle virtuel. Le même protocole de modélisation 3D est utilisé pour le modèle antagoniste (fig. 1).

Les modèles maxillaire et mandibulaire sont ensuite maintenus en occlusion et scannés de nouveau afin d'aider à la modélisation de la relation intermaxillaire (fig. 1).

Dans le cas d'occlusion stabilisée, il est possible de réaliser une empreinte en mordu, puis de réaliser la modélisation en 3D de cet enregistrement. Cela peut nous affranchir, dans certains cas cliniques, de la modélisation 3D de l'antagoniste.

Il faut noter que certains logiciels offrent une alternative à la numérisation du modèle par la réalisation d'une modélisation 3D directe de l'empreinte. Les indications de cette numérisation directe se limitent cependant à la réalisation de couronne unitaire ou encore de provisoires.

Ces deux étapes (préparatoires et scannage du modèle) n'existent plus lorsque le laboratoire reçoit directement l'empreinte numérique du cabinet dentaire.

## Paramétrages

Après le scannage du modèle (ou de l'empreinte), la limite cervicale du ou des préparations est déterminée soit automatiquement, soit manuellement.

Une correction manuelle de la limite permet d'ajuster la détermination automatisée de celle-ci, à l'aide de la souris de l'ordinateur, chaque point de la limite peut alors être modifié informatiquement (fig. 2).

L'axe d'insertion est recherché de manière automatique par le logiciel de scannage.

Cependant, selon les logiciels et dans le cas de travaux de longue portée pouvant poser certains problèmes d'insertion (contre dépouilles, problème de parallélisme...), une alerte signale par une couleur rouge le défaut d'axe d'insertion.

La réalisation de la prothèse par un système informatique permet d'autre part de s'affranchir du vernis d'espacement (die spacer), ce qui offre la possibilité d'accroître l'homothétie lors de la fabrication de la pièce prothétique, diminuant ainsi les erreurs d'occlusion (sur occlusion) et les défauts d'ajustage cervicaux.

## Modélisation

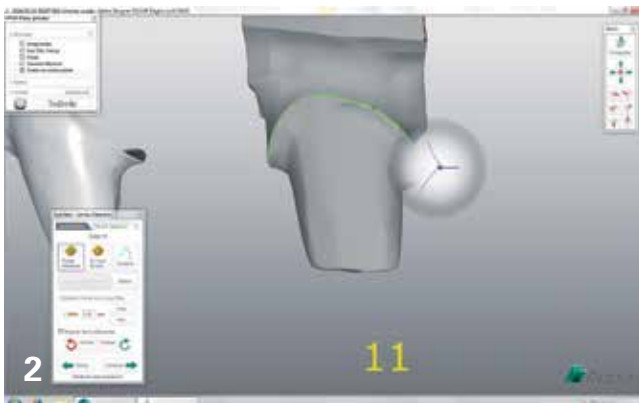
Une cire de diagnostic (wax up) est proposée par le logiciel grâce à une banque de données de morphologies dentaires qui peuvent être modifiées, permettant de visualiser le projet prothétique.

Il est souvent recommandé de réaliser une étude esthétique en amont puis de scanner les cires de diagnostic validées cliniquement avant la modélisation (fig. 3).

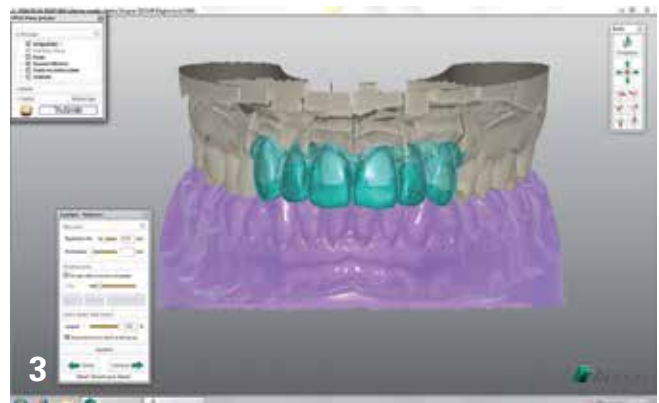
Cette étape d'ajustage des cires de diagnostic va permettre la réduction homothétique de ces cires. Les poignets d'ajustage et de modification de la forme (ou morphing) permettent certaines corrections anatomiques de la future pièce prothétique.

En fonction des logiciels, il est possible de modifier la table occlusale, voire de créer des caractérisations morphologiques de type abrasion.

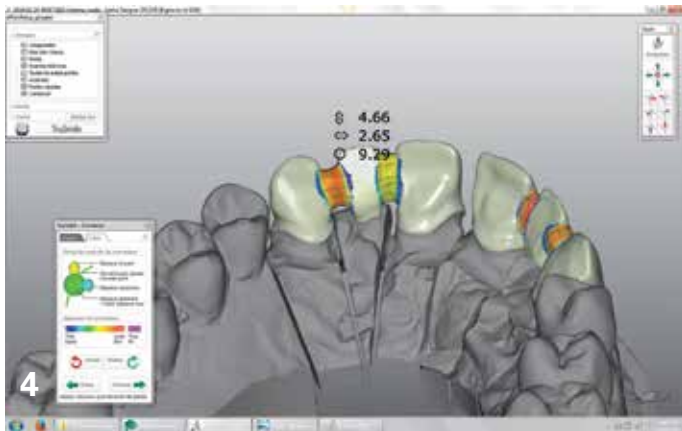
Les points de contact sont placés sur la ligne du plus grand contour coronaire des dents adjacentes, tout en conservant une possibilité de modification manuelle.



**2. Détermination de la limite cervicale.** La correction manuelle permet de mieux définir, si nécessaire, le contour de la limite des préparations.



**3. Cires virtuelles de diagnostic.** Ces cires permettent de visualiser les futures morphologies prothétiques.



4. Diamètre requis des connexions des pontiques. Ici pour une connexion dans une armature zirconium environ  $9 \text{ mm}^2$ .

Les logiciels de CFAO imposent des épaisseurs minimales de matériau pour les connexions entre les intermédiaires de bridge et les chapes des dents piliers afin de répondre aux caractéristiques mécaniques de chaque matériau (fig. 4).

Par exemple, pour e.max (Ivoclar-Vivadent), l'épaisseur de connexion doit se situer entre  $12$  et  $16 \text{ mm}^2$ ; pour une armature en zirconium, la connexion doit être aux environs de  $9 \text{ mm}^2$ . Rappelons que pour une connexion métallique, l'épaisseur de la connexion se situe aux environs de  $6 \text{ mm}^2$  [6].

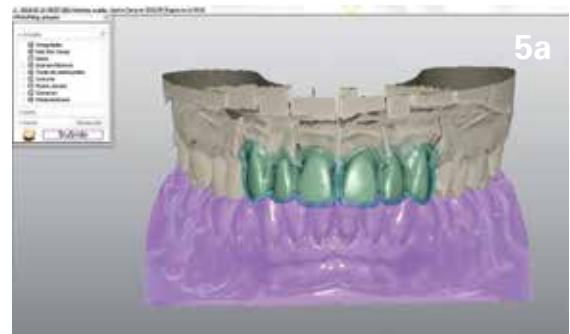
Puis, une superposition du wax up virtuel par transparence est recommandée pour contrôler l'adéquation avec le projet final, tout comme les clés en silicone le permettent en technique conventionnelle (fig. 5).

La modélisation de l'infrastructure est ainsi finalisée. Certains logiciels (Dental Wings, 3Shape...) permettent d'aller encore plus loin par la possibilité de réaliser des coiffes télescopes, des inlay-cores simples ou à clavette, d'utiliser des articulateurs virtuels ou encore d'effectuer un effet spécifique type « miroir » réalisant une symétrie de la dent naturelle [2].

## Usage

La terminologie distingue deux types de machines d'usinage dans le cadre de la CFAO indirecte: les machines d'établi (fig. 6), dont la particularité réside dans leur dimension, compatible avec un laboratoire, et les stations d'usinage, destinées à la production de masse.

Le logiciel utilisé va permettre l'usinage du design prothétique dans des disques de dimension s'échelonnant de  $98,2$  à  $98,5 \text{ mm}$  de diamètre pour  $25$  à



5. Superposition du projet prothétique sur les armatures permettant le contrôle des épaisseurs.  
a. Vue vestibulaire.  
b. Vue palatine.



6. Exemple de machine d'usinage (machine d'établi).



7. Pièces prothétiques usinées au sein du disque.

30 mm d'épaisseur et selon des axes bien définis [7] (fig. 7).

Les différentes machines d'usinage se différencient par le nombre d'axes de déplacement qu'elles comportent et qui leur permettent de déplacer de façon plus ou moins précise leurs outils et les blocs à usiner. Selon les machines, ces axes sont au nombre de 3 à 5.

- Axe 1 : axe vertical.
- Axe 2 et 3 : déplacement de la pièce à plat de droite à gauche et inversement.
- Axe 4 : basculement de la pièce à gauche et à droite, ce qui permet de répondre aux problèmes de contre-dépouilles dans les plans latéraux.
- Axe 5 : basculement de la pièce d'avant en arrière, ce qui permet de répondre aux problèmes de contre-dépouilles dans les plans frontaux.

La stratégie d'usinage débute par un dégrossissage avec des outils de gros diamètre, pour poursuivre sur les finitions via des outils très précis et fins.

Les premières machines de CFAO travaillaient comme telles, par soustraction ou usinage, terme employé par analogie aux usines et autres machines outils [8, 9].

Cette technique existe encore de nos jours et consiste en la conception d'une pièce prothétique modélisée informatiquement à partir d'un bloc de matériau.

Une autre technique de prototypage de particules de métal en poudre fusionnées par l'intermédiaire d'un rayon laser, contrôlée informatiquement, permet d'aboutir à la future restauration souhaitée [8, 10].

De la même manière, il est possible de concevoir par adjonction de matière des maquettes en résine photo polymérisable.

## Cas cliniques

### 3 exemples

**1** Réalisation, à l'aide de la technique CFAO, d'un projet esthétique, de coiffes provisoires en PMMA (polyméthacrylate de méthyl) et d'une armature en zircone [11, 12, 13].

La première étape clinique va consister à démonter l'ancien bridge (fig. 8), à faire une empreinte des dents sous-jacentes et à réaliser des coiffes provisoires de première génération par isomoulage grâce à une empreinte effectuée avant le démontage.

L'empreinte des dents va permettre, après étude des photographies et analyse de l'esthétique, la réalisation de cires de diagnostic (wax up) (fig. 9).

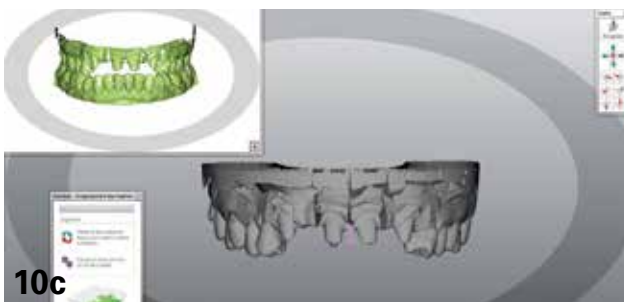


8. Etat initial.



9. Préparation du projet prothétique.

- a. Cires de diagnostic réalisées de façon « classique ».  
b. Modélisation virtuelle du projet esthétique.



Le projet esthétique en cire va pouvoir alors être modélisé (fig. 9) et transformé en résine pour élaborer un masque esthétique de validation (mock up). Après validation en bouche du projet esthétique en résine, il est possible de réaliser un bridge provisoire de seconde génération en CFAO indirecte en résine PMMA. Ce second bridge provisoire est conçu à partir de la modélisation des cires de diagnostic et de la modélisation de l’empreinte des piliers en bouche (fig. 10).

Une fois le bridge de seconde génération validé d’un point de vue fonctionnel et esthétique (fig. 10d), une nouvelle empreinte des préparations terminées est réalisée.

Cette empreinte va être modélisée. Les différents éléments modélisés, l’empreinte et les cires de diagnostic vont permettre la conception d’armatures en zircone de deux bridges de trois éléments (fig. 11a) qui, après essayage, seront finis d’un point de vue esthétique (fig. 11b).



**10.** Étapes cliniques et prothétiques de réalisation du bridge provisoire de seconde génération par CFAO indirecte.

- a. Préparations avec fils permettant l’ouverture sulculaire, le jour de l’empreinte traditionnelle.
- b. Modélisation des préparations.
- c. Modélisation du nouveau bridge provisoire.
- d. Provisoire de seconde génération (CFAO indirecte) en situation.

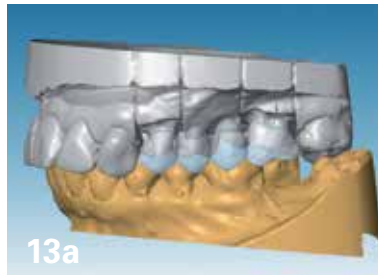
**11.** Conception prothétique et finition clinique.

- a. Armatures sur le modèle en plâtre.
- b. Mise en place le jour de la pose.

**2 Réalisation d'un bridge 4 éléments postérieurs sans obligation d'étude esthétique et fonctionnelle préalable [11, 12 13]:** d'où la possibilité de faire appel à une technique de « wax up virtuel » pour élaborer l'armature en zircone en CFAO à partir d'une visualisation du futur bridge à l'écran (fig. 12, 13, 14).



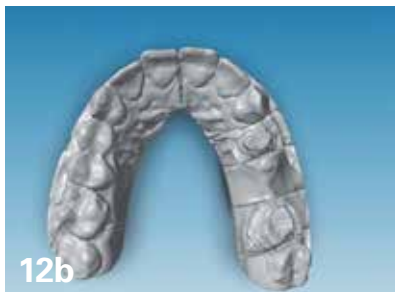
12a



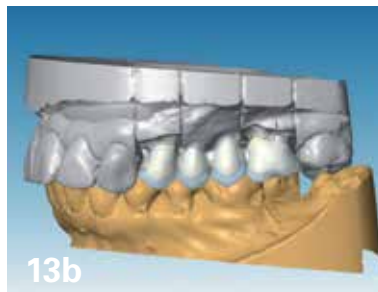
13a



14a



12b



13b



14b

**12. Modélisation de l'empreinte coulée.**  
 a. Modèle en plâtre issu d'une empreinte classique en vue occlusale  
 b. Image du modèle en plâtre scanné en vue occlusale.

**13. Phases d'élaboration.**  
 a. Prévisualisation de la future prothèse par l'intermédiaire des cires virtuelles de diagnostic.  
 b. Réalisation virtuelle des armatures et contrôle des épaisseurs.

**14. Traitement terminé.**  
 a. Au laboratoire, céramisation du bridge.  
 b. Vue vestibulaire du bridge en place.

**3 Prothèse sur implants. Réalisation d'une armature titane transviscée par CFAO** après validation à l'aide d'une prothèse provisoire (fig. 15, 16).

Après prise d'empreinte conventionnelle, confection d'une armature en titane fraisée. Une empreinte du bridge provisoire après validation esthétique et fonctionnelle est réalisée. Cette empreinte permet la réalisation d'une clef en silicone. Cette clef va servir au technicien de laboratoire de guide esthétique pour réaliser sur le modèle en plâtre une maquette en résine confectionnée sur des piliers en titane (fig. 16). Cette maquette en cire va alors être scannée pour permettre la réalisation d'une armature en titane par fraisage. Cette armature en titane est secondairement céramisée (fig. 17).

**15. Réhabilitation d'une hémio-arcade supérieure sur implants.**  
 a. Vue occlusale.  
 b. Bridge provisoire. Vue vestibulaire. Cette étape permet de valider le projet prothétique d'un point de vue esthétique et occlusal.



15a



15b



**17. Etapes de modélisation et de finition.**  
a. Vue vestibulaire de la maquette en résine et du bridge céramique sur titane fini.

Noter la concordance parfaite entre ces deux éléments.  
b. Bridge fini sur modèle en plâtre.



c. Vue occlusale du bridge en bouche avant la fermeture des puits occlusaux des vis de fixation par de la résine composite.

d. Bridge dans le sourire. On observe la similitude avec le projet prothétique du bridge provisoire (voir fig. 15b).



## Conclusion

L'objectif de cet article est d'aider à la compréhension de la chaîne de fabrication de la prothèse au laboratoire.

De nombreuses techniques et de multiples matériaux sont désormais accessibles aux prothésistes permettant la gestion de la quasi-totalité des cas cliniques.

La CFAO directe c'est-à-dire réalisée directement par le praticien au fauteuil n'a pas été abordée dans cet article mais l'est dans ce numéro spécial.

CFAO directe et indirecte sont étroitement liées. C'est l'exercice de demain pour nous tous : prothésistes et dentistes.

## bibliographie

1. Duret F. Année 2010, année CFAO. Réal Clin 2009 ; 4 (20) : 213-214.
2. Guillaume A. Enquête baromètre des laboratoires. Les dossiers de technologie dentaire, juillet/août 2012 ; 307/308 : 11-30.
3. Guillaume A. Procédure conjointe. Les dossiers de technologie dentaire, juillet/août 2013 ; 319/320 : 35-57.
4. Montenero J. La CFAO indirecte dans un laboratoire de prothèse. Réal Clin 2009 ; 4 (20) : 257-263.
5. Christensen GJ. PFM vs zirconia restorations. How are they comparing clinically ? Clinician's Report, nov 2008 ; 1 (11) : 1-2.
6. Rezaei SM et al. Influence of connector with on the stress distribution of posterior bridges under loading. J Dent (Tehran), 2011 Spring ; 8 (2) : 67-74.
7. Bodenmiller A. Usinage des prothèses par fraiseuse numérique à cinq axes. Strat Proth 2003 ; 3 (5) : 365-370.
8. Pelissier B. Matériaux, clinique et CFAO dentaire. Le fil dentaire, mai 2011 ; 63 : 58-62.
9. Bennasar B et al. La confection des armatures métalliques par CFAO en prothèse fixée. Strat Proth 2011 ; 2 (11) : 137-148.
10. Attal J-P, Tirlot G. La CFAO appliquée à l'odontologie restauratrice et à la prothèse. Réal Clin 2009 ; 4(20) : 215.
11. Richelme J et al. Du projet esthétique à la confirmation par les provisoires, quelles méthodologies ? Strat Proth 2011 ; 3 (12) : 187-197.
12. Huas J. Esthétique du sourire : combinaison de thérapeutiques esthétiques. Strat Proth, 2013 ; 4 (13) : 241-252.
13. Pelekanos S et al. Micro-CT evaluation of the marginal fit of different In-Ceram alumina copings. Eur J Esthet Dent, 2009 Autumn ; 4 (3) : 278-292.

Correspondance  
Maxime Hollender  
94 boulevard de Cimiez, Villa « Olga Daisy », 06000 Nice

Les auteurs déclarent ne pas avoir de lien d'intérêt relatif au sujet abordé