

UNIVERSITÉ DE LILLE
FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année de soutenance : 2022

N°:

THESE POUR LE
DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement le 17 janvier 2022

Par Assiya KHARMAZ

Née le 17 octobre 1995 – MAROC

CFAO DIRECTE ET SEMI-DIRECTE : LA RÉALITÉ DU COÛT DES PRINCIPAUX
SYSTÈMES COMMERCIALISÉS

JURY

Président :

Professeur Pascal BEHIN

Assesseurs :

Docteur François DESCAMP

Docteur Philippe BOITELLE

Docteur Edwine FLEUTRY

Présentation de la Faculté Dentaire et de l'Université de Lille

Président de l'Université	:	Pr. J-C. CAMART
Directrice Générale des Services de l'Université	:	M-D. SAVINA
Doyen UFR3S	:	Pr. D. LACROIX
Directrice des Services d'Appui UFR3S	:	G. PIERSON
Doyen de la faculté d'Odontologie – UFR3S	:	Pr. C. DELFOSSE
Responsable des Services	:	M. DROPSIT
Responsable de la Scolarité	:	G. DUPONT

PERSONNEL ENSEIGNANT DE L'U.F.R.

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS :

P. BEHIN	Prothèses
T. COLARD	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
C.DELFOSSE	Responsable du Département d' Odontologie Pédiatrique Doyen de la faculté d'Ontologie – UFR3S
E. DEVEAUX	Dentisterie Restauratrice Endodontie

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES :

K. AGOSSA	Parodontologie
T. BECAVIN	Dentisterie Restauratrice Endodontie
A. BLAIZOT	Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale.
P. BOITELLE	Prothèses
F. BOSCHIN	Responsable du Département de Parodontologie
E. BOCQUET	Responsable du Département d' Orthopédie Dento-Faciale
C. CATTEAU	Responsable du Département de Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale.
X. COUTEL	Biologie Orale
A. de BROUCKER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
M. DEHURTEVENT	Prothèses
T. DELCAMBRE	Prothèses
F. DESCAMP	Prothèses
M. DUBAR	Parodontologie
A. GAMBIEZ	Dentisterie Restauratrice Endodontie
F. GRAUX	Prothèses
P. HILDELBERT	Responsable du Département de Dentisterie Restauratrice Endodontie
C. LEFEVRE	Prothèses
J.L. LEGER	Orthopédie Dento-Faciale
M. LINEZ	Dentisterie Restauratrice Endodontie
T. MARQUILLIER	Odontologie Pédiatrique
G. MAYER	Prothèses
L. NAWROCK	Responsable du Département de Chirurgie Orale Chef du Service d'Odontologie A. Caumartin - CHRU Lille
C. OLEJNIK	Responsable du Département de Biologie Orale
P. ROCHER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
L. ROBBERECHT	Dentisterie Restauratrice Endodontie
M. SAVIGNAT	Responsable du Département des Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
T. TRENTESAUX	Odontologie Pédiatrique
J. VANDOMME	Responsable du Département de Prothèses

Réglementation de présentation du mémoire de Thèse

Par délibération en date du 29 octobre 1998, le Conseil de la Faculté de Chirurgie Dentaire de l'Université de Lille a décidé que les opinions émises dans le contenu et les dédicaces des mémoires soutenus devant jury doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'ainsi aucune approbation, ni improbation ne leur est donnée.

Aux membres du jury,

Monsieur le Professeur Pascal BEHIN

Professeur des Universités – Praticien Hospitalier des CSERD

Section Réhabilitation Orale

Département Prothèses

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur en Odontologie de l'Université Paris Descartes

Habilitation à Diriger des Recherches - Université de Lille

Certificat d'Etudes Supérieures de Biomatériaux dentaires - Paris Descartes

Certificat d'Etudes Supérieures de Prothèse Fixée - Paris Descartes

Responsable Unité Fonctionnelle de Prothèses

Vous me faites l'honneur de présider le jury de ma thèse, je vous en suis extrêmement reconnaissante.

Je vous remercie infiniment pour votre disponibilité et pour l'ensemble de vos précieux conseils qui ont contribué à la rédaction de cette thèse. C'est un privilège pour moi de vous avoir eu comme enseignant. Soyez assuré de mon plus grand respect

Monsieur le Docteur François DESCAMP

Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier des CSERD

Section Réhabilitation Orale

Département Prothèses

Docteur en Chirurgie Dentaire

Maîtrise de Sciences Biologiques et Médicales

Maîtrise Universitaire de Pédagogie des Sciences de la Santé

Diplôme d'Etudes Supérieures Spécialisées Education et Santé

Diplôme d'Etudes Approfondies Sciences de l'Education

Diplôme Universitaire de CFAO Clinique

Lauréat de l'Académie Nationale Chirurgie Dentaire

Médaille de Bronze de la Défense Nationale (Agrafe « service de santé »)

Médaille d'Outre-Mer (Agrafe « Tchad »)

Titre de reconnaissance de la Nation

Croix du Combattant.

C'est sans aucune hésitation que vous avez accepté de diriger cette thèse, et pour cela je tenais à vous adresser mes plus sincères remerciements ; en espérant que ce travail soit à la hauteur de vos attentes.

C'est grâce à vos enseignements que s'est développée ma passion pour la prothèse.

Tout au long de mon parcours, j'ai apprécié nos longues conversations qui m'ont beaucoup appris. Merci d'avoir embelli mes vacances cliniques avec vos anecdotes. Aussi, merci pour votre confiance et vos précieux conseils. Je suis chanceuse de vous avoir eu comme enseignant et directeur de thèse.

Veuillez recevoir ma plus haute considération et mes pensées les plus respectueuses.

Monsieur le Docteur Philippe BOITELLE

Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier des CSERD

Section Réhabilitation Orale

Département Prothèses

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur de l'Université Paris 13, Sorbonne Paris Cité. Spécialité : Mécanique des matériaux.

Master 2 recherche Biologie et Santé, mention Biologie cellulaire et biologie quantitative – Université Lille 2

Maîtrise de Sciences Biologiques et Médicales – Université Lille 2

Certificat d'Etudes Supérieures d'Odontologie Prothétique option Prothèse fixée – Université

Paris Descartes

Prix 2006 Annual Scholarship Award for outstanding academic achievements in dentistry – Pierre Fauchard Academy Foundation – New-York – U.S.A

Assesseur à la Formation Continue

C'est un honneur que vous me faites en siégeant dans ce jury. Merci pour l'intérêt que vous portez à mon sujet. J'ai beaucoup apprécié votre rigueur et votre exigence lors de mes vacances cliniques. Travailler à vos côtés était un véritable plaisir. Soyez assuré de mon profond respect

Madame le Docteur Edwine FLEUTRY

Assistante Hospitalo-Universitaire des CSERD

Section Réhabilitation Orale

Département Sciences Anatomiques

Docteur en chirurgie dentaire

Master 2 Sciences du médicament et des Produits de santé, Mention dispositifs médicaux et biomatériaux : Conception et Evaluation

C'est sans hésitation que tu as accepté de juger ce travail, et pour cela je te remercie. Aussi, merci pour ton enthousiasme ainsi que ta curiosité concernant mon sujet, en espérant qu'il sera à la hauteur de tes attentes. C'est un plaisir de te compter parmi les membres dans mon jury.

Je tenais à adresser mes plus sincères remerciements à ...

Table des matières

1	Introduction	14
2	Généralités	15
2.1	Définitions	15
2.1.1	CFAO directe (<i>chairside</i>).....	15
2.1.2	CFAO semi directe (<i>labside</i>)	15
2.1.3	CFAO indirecte.....	15
2.2	Les étapes de la CFAO	16
2.2.1	Empreinte optique et scanner intra oral	16
2.2.1.1	Préalable à l’empreinte et poudrage	16
2.2.1.2	Configuration	16
2.2.1.3	Définitions.....	16
2.2.2	CAO	17
2.2.3	Les logiciels de CAO.....	18
2.2.4	FAO	18
2.2.5	Format des fichiers.....	18
3	CFAO semi-directe : coût des principaux IOS	19
3.1	Primescan® : la nouveauté de Dentsply Sirona®	20
3.1.1	Présentation de la caméra	20
3.1.2	Le portail Sirona Connect.....	21
3.1.3	Fonctionnalités	22
3.1.4	Les différences entre l’Omniscam ® et Primescan®.....	23
3.1.5	Coût	24
3.2	Les caméras Medit®	25
3.2.1	i500®.....	25
3.2.1.1	Présentation de la caméra.....	25
3.2.1.2	Fonctionnalités	25
3.2.2	i700®.....	26
3.2.3	Coût	27
3.3	L’environnement 3shape®	28
3.3.1	Description des caméras.....	28
3.3.2	Fonctionnalités	30
3.3.3	3shape® Communicate.....	31
3.3.4	Coût	31
3.4	Carestream : CS 3700®.....	32
3.4.1	Présentation	32
3.4.2	Fonctionnalités	33
3.4.3	Coût	34
3.5	Le nouveau scanner de Planmeca : Emerald S®.....	34
3.5.1	Description du scanner	34
3.5.2	Fonctionnalités	35
3.5.3	Coût	35
3.6	Itero Element 5D® (Align Technology®).....	36
3.6.1	Description du scanner	36
3.6.2	Fonctionnalités	36
3.6.3	Coût	37
4	CFAO directe : coût des principaux systèmes utilisés	38
4.1	Le système <i>chairside</i> de Dentsply Sirona®.....	39

4.1.1	CFAO directe proposé par Dentsply Sirona®.....	39
4.1.2	Coût	41
4.2	CFAO directe avec les caméras 3shape®	42
4.2.1	Description	42
4.2.2	Coût	43
4.3	Système <i>chairside</i> Planmeca®	44
4.3.1	Description	44
4.3.2	Coût	44
4.4	Sondage sur le taux d'équipement dans la région Hauts-de-France.....	46
4.4.1	Description du sondage et résultats	46
4.4.2	Tableaux récapitulatifs.....	48
	Conclusion	51
	Références bibliographiques.....	52
	Tables des illustrations	56
	Tableaux	57

Liste des abréviations

CFAO = Conception et Fabrication Assistées par Ordinateur.

CAO = Conception Assistée par Ordinateur.

FAO = Fabrication Assistée par Ordinateur.

MOCN = Machine-Outil à Commande Numérique.

PMMA = Poly Methyl MethAcrylate.

STL = Standard Tessellation Language

PLY = Polygonal File Format

CEREC = Computer Assisted Ceramic Reconstructions

CBCT = Cone Beam Computed Tomography

IOS = Intra Oral Scanner

NIRI = Near Infrared Imaging

IDS = International Dental Show

1 Introduction

La CFAO dentaire fait son apparition avec les travaux du Professeur François Duret, dans les années 1970. Depuis ses travaux le monde de la dentisterie a été bouleversé. En effet, les différences entre l'empreinte physique et optique sont notables. L'empreinte optique est désormais plus rapide, plus confortable, plus précise, mais, exige néanmoins une rigueur pour être de bonne qualité (1,2). Depuis les années 2000, le nombre de scanner intra oraux commercialisé est sans cesse en augmentation (3,4).

La CFAO dentaire est désormais un outil de communication avec les patients qui sont de plus en plus sensibles aux nouvelles technologies.

Depuis son apparition, la CFAO est en constante évolution, les applications cliniques sont de plus en plus importantes (implantologie, prothèse amovible...) et bien que tous les chirurgiens-dentistes ne soient pas équipés en caméra optique, la CFAO est très répandue. En effet, les laboratoires de prothèse sont pour la grande majorité tous équipés.

Chaque année de nouvelles caméras aux options encore plus étendues font leur apparition. Mais pratiquer la CFAO ce n'est pas juste s'équiper avec une caméra optique. Pour son fonctionnement il faut prendre en compte son environnement global (5).

Ce travail s'intéresse au coût global des caméras les plus commercialisées. Les principales caractéristiques de ces IOS seront développées ainsi que les prix moyens de chaque système. L'objectif est d'aider chaque praticien à estimer le coût global, et les éventuels abonnements sur le long terme lorsqu'il décide de s'équiper en CFAO (6).

2 Généralités

2.1 Définitions

L'abréviation CFAO signifie littéralement Conception et Fabrication Assistées par Ordinateur. Elle représente une révolution dans le domaine dentaire. C'est en 1985, lors des Entretiens de Garancières que la première couronne dentaire est intégralement réalisée, en direct. Son inventeur, François Duret, montre qu'il est alors désormais possible de s'affranchir des matériaux d'empreinte classiques (silicone, alginate.).

Ainsi, la CFAO dentaire rassemble l'ensemble des moyens utilisés depuis la numérisation jusqu'à la fabrication des prothèses dentaires (7).

La CFAO se divise en trois temps : la numérisation qui se fait via une caméra, la modélisation qui se fait par un logiciel informatique et enfin l'usinage qui se fait par une machine-outil. Le premier maillon doit permettre de numériser les surfaces dentaires afin d'obtenir un modèle virtuel. On utilisera pour cela une caméra optique, appelée également scanner intra oral. À partir de ce modèle sera réalisée une conception de la future pièce prothétique par des logiciels informatiques et enfin la fabrication se fera par différents procédés (4).

2.1.1 CFAO directe (*chairside*)

L'ensemble de la chaîne numérique se fait au cabinet, on parle alors de système *chairside*. A l'issue du rendez-vous l'assemblage de la pièce prothétique est réalisé. Le praticien ne doit pas envoyer l'empreinte au laboratoire. L'empreinte optique, la conception et la fabrication se font au cabinet (8,9).

2.1.2 CFAO semi directe (*labside*)

L'empreinte optique est prise au cabinet, donnant naissance à un fichier. Ce dernier est envoyé au laboratoire de prothèse ou à un centre de production externalisé pour la fabrication. La fabrication est faite à l'extérieur du cabinet (8,9).

2.1.3 CFAO indirecte

Le cabinet ne possède pas de caméra optique, une empreinte classique est réalisée. Elle est envoyée au laboratoire. Il pourra soit scanner l'empreinte soit la couler au plâtre avant les étapes de CAO et FAO.

2.2 Les étapes de la CFAO

2.2.1 Empreinte optique et scanner intra oral

2.2.1.1 Préalable à l'empreinte et poudrage

En CFAO, la caméra n'enregistre que ce qu'elle voit. Pour une bonne acquisition, il faut que les surfaces soient parfaitement lisibles. Il faut, comme pour une empreinte physique, respecter les limites de préparation et avoir une bonne gestion des fluides. L'utilisation de cordonnets de déflexion doit être envisagée pour les préparations juxta ou intra-sulculaire (10).

Selon les recommandations fabricants de toutes les caméras actuelles, le poudrage n'est plus obligatoire mais est conseillé lors de la présence de zones brillantes en bouche (couronnes métalliques, amalgames, facettes d'abrasion...). La poudre de dioxyde de titane est utilisée à fin d'uniformiser les couleurs et de contrer la brillance des surfaces métalliques. La couche de poudrage doit être la plus homogène et fine possible (4,7,11).

2.2.1.2 Configuration

La caméra optique peut être présentée sous 2 formats :

- CART (chariot) : la caméra est branchée directement sur le chariot, celui-ci comprend un ordinateur, un écran (tactile ou non), une batterie (exemple : Primescan® de Dentsply Sirona® (12).
- Système POD (*Put On Desk*) : la caméra est livrée seule, elle se branche par USB à un PC portable ou fixe. Il faut souvent y associer un chariot (exemple : i700® de Medit®) (12).

2.2.1.3 Définitions

L'empreinte optique se définit comme « un relevé de mesures sans contact obtenu sous forme de données numériques, permettant la reconstruction d'une surface en 3 dimensions » (12).

La caméra envoie une lumière sur l'objet, celle-ci est réfléchi sur un capteur pour être transformée en données numériques. Un logiciel de modélisation permet d'obtenir une image qui sera cette traitée par un logiciel de CAO afin de modéliser la future pièce prothétique (2). La fabrication se fait ensuite par une machine-outil. L'ordinateur qui accompagne la caméra doit être puissant. En effet, une carte graphique est intégrée à celui-ci afin d'exploiter les données 3D.

L'empreinte optique a pour avantage d'être précise, inaltérable, stockable et transportable facilement (1). Après acquisition il y'a toujours la possibilité de retoucher la préparation en bouche suite à l'observation du fichier.

2.2.2 CAO

Suite à la prise d'empreinte il existe un post traitement (Illustration 1). Il permet d'éliminer les points aberrants et les points denses. Il s'agit du traitement du nuage de points qui se fait par les algorithmes du logiciel (13,14,15).

Le logiciel de CAO permet d'obtenir un modèle virtuel en 3D. On observe sur ce modèle les surfaces scannées et la future pièce prothétique sera modélisée dessus.

Le praticien peut ensuite observer sa préparation sous différents angles. Sur ce fichier il peut concevoir lui-même la pièce prothétique comme il le voudrait ou simplement tracer ses limites et envoyer au laboratoire le fichier pour la conception et la fabrication (4,15).

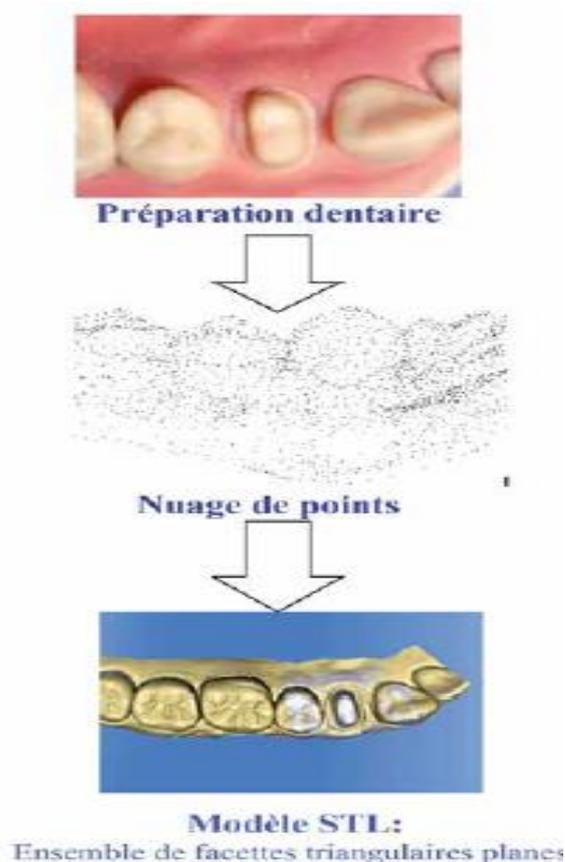


Illustration 1: Les étapes du post traitement informatique (14).

2.2.3 Les logiciels de CAO

Après acquisition, la conception peut se faire avec le logiciel du même fabricant que la caméra. C'est ce que propose Dentsply Sirona® avec son système CEREC. On parle de CFAO directe propriétaire, le fabricant propose les 3 maillons de la CFAO.

Ce logiciel peut être issu du monde du laboratoire. Il faut alors, suite à la prise d'empreinte que le fichier soit au format STL.

3 programmes sont majoritairement répandus dans les laboratoires : Exocad et Dental Wings qui importent les fichiers aux formats STL et PLY, Dental Sytem de 3shape® qui importe les fichiers au format STL et ceux numériser par des caméras de la firme (Trios 4®, Trios 3®, Trios 3 Basic®) (16).

2.2.4 FAO

L'abréviation FAO signifie Fabrication Assistée par Ordinateur. Il existe 2 procédés de fabrication : la fabrication soustractive par usinage et la fabrication additive par des machines d'impression 3D (14,15).

Ce processus comprend le paramétrage de la machine, qui transformera le fichier numérique en objet. Les logiciels de FAO permettent de piloter la machine-outil à commande numérique.

2.2.5 Format des fichiers

Suite à l'acquisition l'envoi du fichier au laboratoire nécessite souvent de choisir le format de celui-ci. Il en existe 4 :

- Le fichier natif : c'est le format qui apparaît lors de la prise d'empreinte. Il est transmis au laboratoire si celui-ci est équipé du logiciel de CAO compatible.
- Le fichier PLY (Polygonal File Format) : il stocke les objets sous forme de liste de polygones plats. Le fichier d'origine subit une légère perte d'information.
- Le fichier OBJ : ce format ne contient aucune information concernant l'environnement de l'objet.
- Le fichier STL (STéréo Lithographie) : créé en 1986 par 3D systems, il stocke les données d'objet en 3D au format texte ou binaire. Il est toujours en monochrome. Il s'agit du format *open space*, il permet la compatibilité de l'ensemble des systèmes (16,17).

On parlait autrefois de systèmes fermés, ouverts ou encore contrôlés. Aujourd'hui l'ensemble des systèmes permettent un export au format ouvert STL. Ainsi, si le laboratoire utilise des logiciels de la même marque que la caméra optique, l'export se fera par le portail sécurisé de la marque, si ce n'est pas le cas, il sera toujours possible de transférer le fichier au format STL et de l'exploiter avec un autre logiciel de CAO (Exocad...).

3 CFAO semi-directe : coût des principaux IOS

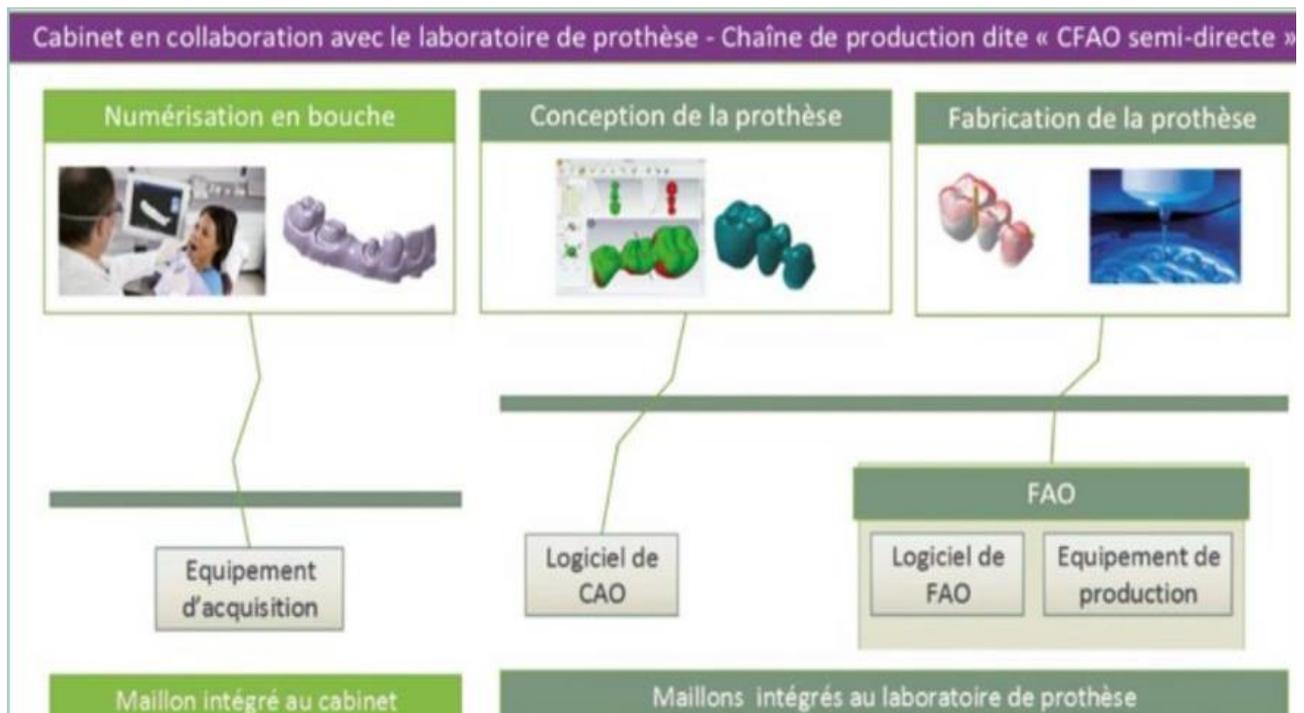


Illustration 2: Les étapes de la CFAO semi directe (35).

La CFAO semi-directe, dite aussi CFAO *labside* nécessite d'être équipé en caméra optique. Après la prise d'empreinte, un fichier est généré, il sera envoyé au laboratoire de prothèse ou dans un centre de production externalisé, afin de réaliser la pièce prothétique. CAO et FAO ne sont donc pas réalisées au cabinet dentaire (13,35).

Les principaux scanners intra oraux utilisés pour la réalisation de CFAO semi-directe seront évoqués, ainsi que leurs principales caractéristiques et fonctionnalités.

3.1 Primescan® : la nouveauté de Dentsply Sirona®

3.1.1 Présentation de la caméra

La caméra Primescan® a été dévoilée début février 2019 avant l'IDS de Cologne. Elle se présente sous forme de cart, c'est à dire que la caméra est intégrée dans un chariot, comprenant un ordinateur avec un écran tactile, ainsi qu'une batterie (18).

La batterie a une autonomie de 5 heures. La commande peut se faire au pied ou alors directement sur l'écran, il est possible de verrouiller celui-ci afin de le nettoyer.

La caméra fait partie des plus lourdes qui existent sur le marché, elle pèse 524 grammes et existe en version filaire uniquement. Elle n'est pas intégrable sur l'unit dentaire. Le prise d'empreinte se fait selon un chemin de scannage recommandé par le fabricant, elle est accompagnée d'un signal sonore (19). Une calibration de la caméra est à faire régulièrement afin de conserver une qualité de scannage correcte.



Illustration 3 : Le Primescan® (site Dentsply Sirona®).

Il existe trois types d'embouts de scannage. L'embout standard fourni avec la caméra, l'embout en plastique à usage unique et l'embout autoclavable. L'embout standard se nettoie par essuyage.



Illustration 4 : Manchons disponibles (de gauche à droite): manchon en acier autoclavable avec fenêtre à usage unique, manchon à usage unique, manchon standard (site Dentsply Sirona®).

La caméra est associée au logiciel CEREC Software 5. Plusieurs options sont disponibles après acquisition. L'achat de la caméra permet d'obtenir la licence afin d'utiliser le logiciel de CAO. Cette même licence est offerte au prothésiste de son choix, pour que le praticien puisse lui envoyer les fichiers au format natif. L'envoi du fichier se fait sur la plateforme *Connect Case Center*. Sur celle-ci les chirurgiens-dentistes déposent les fichiers et ces derniers sont récupérés par les laboratoires de prothèse de façon sécurisée. Une licence STL export est disponible. Elle permet d'utiliser des logiciels de CAO et FAO autres que ceux proposés par Dentsply Sirona®. Après achat la caméra est garantie 1 an.

3.1.2 Le portail Sirona Connect

Le portail Sirona connect est une plateforme de communication entre le dentiste et son prothésiste. Elle permet l'envoi sécurisé des fichiers aux formats natifs vers le laboratoire de prothèse de son choix. Le laboratoire pourra ensuite récupérer le fichier, faire la conception de la future pièce prothétique et lancer l'usinage. Si le laboratoire n'est pas équipé en usineuse Sirona®, il pourra grâce à la licence STL export récupérer le fichier au format STL ouvert. Ainsi, il fera la conception et la fabrication via ses logiciels de CAO et FAO (19,20).

Lors de l'achat d'une caméra Dentsply Sirona®, chaque praticien a tout intérêt à souscrire au CEREC Club. Avec cet abonnement le praticien aura les mises à jour gratuites et des remises sur certains modules. Cet abonnement reste optionnel, mais dans ce cas les mises à jour seront facturées au praticien. Cela ne l'empêche pas d'utiliser librement le scanner.

3.1.3 Fonctionnalités

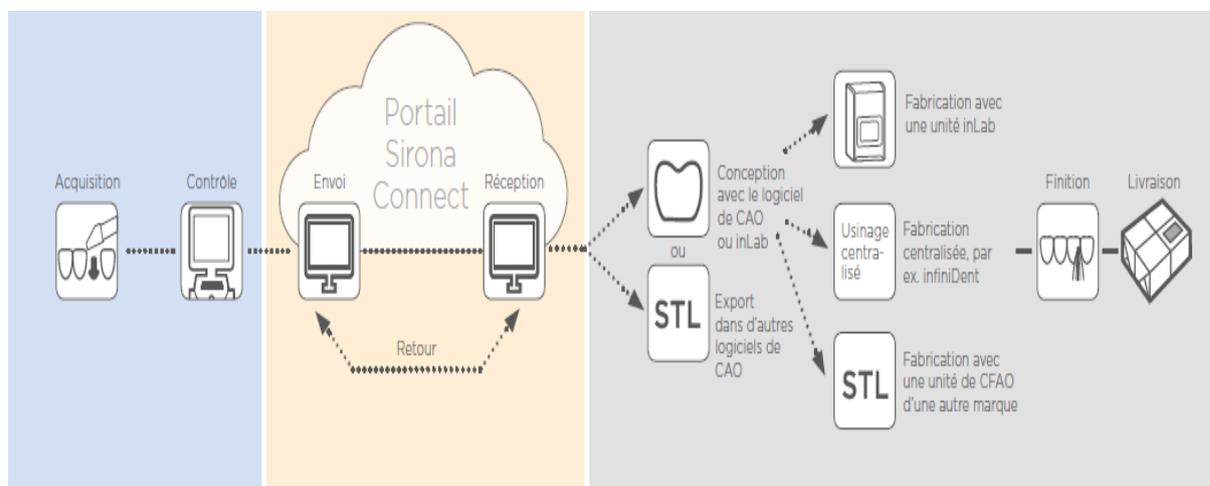


Illustration 5 : La chaîne numérique de Dentsply Sirona® (site Dentsply Sirona®).

Avec la caméra Primescan®, la prise d'empreinte se fait en couleur. La prise de teinte est possible avec l'embout standard.

Il existe plusieurs logiciels en fonction de l'activité du chirurgien-dentiste :

- CEREC Guide 3® : c'est un logiciel qui permet la planification implantaire. En effet, il permet de superposer les données 3D et ceux issues de l'empreinte optique. L'usinage de guide chirurgical est possible avec l'usineuse dédiée. La société propose des blocs de résine PMMA pour la réalisation des guides (CEREC Guide Blocs®) (21).
- mySimplant®: il s'agit d'un autre service de planification implantaire.
- CEREC Ortho®: ce module permet l'analyse des arcades, la réalisation de gouttière de contention et de gouttière de collage. La simulation sur le logiciel est une aide pour expliquer le plan de traitement au patient (22).

Le portail Sirona Connect permet également de faire le lien avec les différents partenaires (Invisalign®, SurSmile®, Atlantis®...).

3.1.4 Les différences entre l’Omniscam® et Primescan®

La caméra prédécesseur de la Primescan® est l’Omniscam®. Elle fait son apparition en 2012 et permet la prise d’empreinte en couleur. L’Omniscam® existe en 2 configurations : le chariot mobile (similaire à la Primescan®) qui comporte la caméra, l’unité informatique et l’écran, ainsi que la version POD qu’il faut associer à un ordinateur fixe ou portable. La nouvelle caméra est plus lourde que la précédente. La fenêtre d’acquisition de la Primescan® est plus étendue (23).

Caméras	CEREC Primescan®	CEREC Omniscam®
Poids	524 g	316 g
Temps prise empreinte arcade complète	2 – 3 min	8 – 12 min
Dimension	50,9 x 58,8 x 253 mm	40 x 50 x 223 mm
Tête de caméra	22,5 x 20,7 mm	16,1 x 16,2 mm
Durée de chauffe	Quelques minutes	15 min
Empreinte surfaces brillantes	Oui	Poudrage conseillé par le fabricant

Tableau 1: Différences Primescan® - Omniscam® (tableau personnel).

3.1.5 Coût

Les prix indiqués proviennent des données fournies par différents commerciaux.

Omniscam® AC avec logiciel Connect	25 000€
Primescan® AC avec logiciel Connect	38 800€
Batterie (pour la Primescan®)	1 800€
Embouts à usage unique (lot de 50)	100€
Embout autoclavable (l'unité)	1 000€
Licence	Offerte
Mises à jour	1 200€ (annuelle)
Formation/installation	Facturées ou non en fonction du vendeur
Extension de garantie (2 ans)	2 000€

Tableau 2 : Prix approximatifs des produits Dentsply Sirona® (tableau personnel).

3.2 Les caméras Medit®

3.2.1 i500®

3.2.1.1 Présentation de la caméra

La i500® est une caméra qui existe uniquement en version POD (*Put On Desk*). Ainsi, elle nécessite l'achat d'un ordinateur sur lequel elle devra être branchée. La version filaire est actuellement la seule sur le marché. La caméra étant filaire il est conseillé d'acheter un chariot informatique afin d'y installer la caméra et l'ordinateur. Cette caméra pèse 276 grammes et possède une commande à bouton unique.

La numérisation commence dès lors qu'on appuie sur le bouton de la caméra, et l'enregistrement prend fin lorsque le praticien appuie à nouveau sur ce bouton. Plusieurs fonctionnalités sont présentes sur le logiciel de numérisation Medit *iScan*. Le praticien devra procéder à la calibration de la caméra régulièrement (tous les 15 jours) afin de conserver une bonne qualité de numérisation (24).

Le logiciel Medit *Link* est le logiciel de gestion et de communication entre les praticiens et les laboratoires. L'accès optionnel au cloud (pour avoir plus de stockage) est facturé entre 20 à 30 € par mois au praticien, il est gratuit en dessous de 10 Go. L'exportation au format STL à partir de Medit *Link* permet de partager les informations au laboratoire de son choix. Il n'y a pas de logiciel de conception associé.

Selon les données fabricant l'utilisation de poudrage n'est pas nécessaire. Les embouts sont autoclavables une cinquantaine de fois selon les recommandations. Les embouts à usage unique ne sont pas disponibles pour le moment.

3.2.1.2 Fonctionnalités

Plusieurs options sont disponibles sur l'interface du logiciel en fonction de l'activité du chirurgien-dentiste (24):

- Medit *Ortho Simulation* : ce module permet l'analyse des modèles scannés, les explications au patient et l'analyse des mouvements des dents.
- Medit *Model Builder* : il permet de relier les modèles via un articulateur. Ainsi le praticien a la possibilité de préparer le plan d'occlusion.
- Medit *Smile design* : cette fonctionnalité permet de faire visualiser au patient le résultat recherché. Il est possible d'importer des photographies du patient et de lui montrer via cette fonctionnalité le résultat qu'il est possible d'obtenir. Un scan du visage est possible. Les données osseuses peuvent être importées.
- Medit *Compare* : permet de comparer plusieurs fichiers (dans le but de faire de la prévention par exemple).

3.2.2 i700®

Il s'agit du nouveau scanner présenté depuis avril 2021 par l'équipe Medit®. Sur la i700® la zone de numérisation se trouve élargie, ainsi lors de l'acquisition plus de détails seront enregistrés. D'un poids de 245 grammes, la i700® est plus légère que son prédécesseur.

La calibration est plus rapide sur l'i700® car l'outil de calibration est plus petit et ne nécessite pas de temps de chauffe (24,25).



Illustration 6 : Caméra Medit i700® sur support de table (internet).

La i700® est plus rapide et les fonctionnalités sont une évolution de celles présentes sur l'i500®.

Caméras	i500®	i700®
Vitesse de numérisation	30 images/seconde	70 images/seconde
Précision (arcade complète)	11 µm	21 µm
Poids	276	245
Dimensions pièce à main	248 x 44 x 47,4 mm	264 x 44 x 54,4 mm
Taille embout	19 x 15,5 mm	22,2 x 15,7 mm
Embout autoclavable	50 fois	100 fois
Temps de prise d'empreinte	5 à 10 minutes	3 à 4 minutes

Tableau 3 : Différences i500® - i700® (tableau personnel).

3.2.3 Coût

L'i500® est l'une des caméras les plus abordables du marché (26). En effet il n'y a aucun frais d'abonnement. Les mises à jour sont gratuites et il n'y a aucune redevance annuelle.

Les prix indiqués proviennent des données fournies par différents commerciaux.

Caméras	i500®	i700®
PC portable	2 000€	2 500€
PC tour	2 400€	
Option installation sur site	600€	
Option formation	830€	
Cart pour PC portable	560€	
Cart pour PC tour	1200€	
Extension de garantie 2 ans	1800€	
Embout (lot de 3)	300€	350€
Prix	17 990€	21 040€

Tableau 4 : Prix approximatifs des produits Medit® (tableau personnel).

3.3 L'environnement 3shape®

3.3.1 Description des caméras

- Trios 3 Basic® : Cette caméra existe en version filaire uniquement. Différentes configurations sont possibles, en version cart, POD, ou move. L'enregistrement se fait en couleurs réelles. Il n'y pas de détection de carie possible avec la Trios 3 basic®, mais la prise de teinte est possible.
- Trios 3® : Ce scanner 3shape® existe en version avec ou sans fil. La caméra pèse 373 grammes, elle peut se présenter sous forme de cart, MOVE ou POD.
- Trios 4® : La Trios 4 existe en version filaire et non filaire (*wireless*), elle est disponible en version POD, cart ou move. Elle pèse 375 grammes. Il s'agit du dernier modèle proposé par 3shape®.

L'export du fichier au format STL est disponible sur l'ensemble des caméras 3shape®. La firme ne propose pas d'usineuse mais une liste des usineuses compatibles est disponible sur le site 3shape®.

Il existe un manchon de scannage standard et des manchons autoclavables. Les données concernant la stérilisation de ses embouts sont disponibles dans la notice de chaque caméra. En moyenne un embout peut subir jusqu'à 150 cycles de stérilisation (27).



Illustration 7 : Trios 4® version wireless MOVE (site 3shape®).



Illustration 8 : TRIOS 3® sans fil, version POD (site 3shape®).



Illustration 9 : TRIOS 3 basic®, version POD (site 3shape®).

3.3.2 Fonctionnalités

La détection de carie est disponible sur la Trios 4®. Elle se fait via un embout dédié. La transillumination et la fluorescence sont les techniques utilisées afin de détecter les caries superficielles et les caries inter-proximales.

La prise de teinte est possible sur toutes les caméras 3shape®. Après avoir scanné l'arcade dentaire concernée, il suffit de passer le curseur de la souris sur les couronnes dentaires afin de l'obtenir.

Sur les caméra 3shape® il existe différentes applications (28) :

- *TRIOS Patient Monitoring* : il permet de suivre au fil des visites les évolutions de l'état bucco-dentaire.
- *TRIOS Treatment Simulator* : permet de simuler les résultats attendus d'un traitement orthodontique par exemple.
- *TRIOS Smile Design* : permet via l'import de photographie du patient de simuler les résultats voulus et de les montrer au patient.
- *TRIOS Patient Specific Motion* : permet un enregistrement des mouvements du patient grâce à la caméra, ce module permet l'analyse occlusale.
- *Implant Studio* : ce module permet de faire de la planification implantaire, en combinant les données radiographiques et celles issues des caméras. La fabrication de guides chirurgicaux est possible si le chirurgien-dentiste dispose d'une imprimante 3D au cabinet.

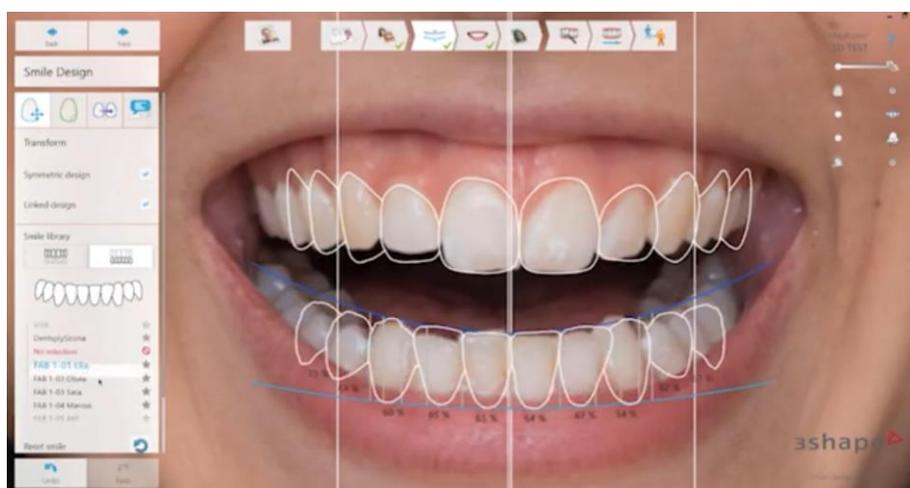


Illustration 10 : Modélisation grâce au module Smile Design (site 3shape®).

L'ensemble de ces applications ne sont pas disponibles sur la Trios 3 Basic®. Pour chaque praticien, en fonction de son activité, il est possible d'ajouter sur l'interface des modules spécifiques. Ces différents modules expliquent que les praticiens devaient jusque juin 2021 payer une licence annuelle afin de pouvoir en profiter. En effet, depuis quelques mois 3shape® a supprimé ces redevances annuelles. Cependant l'accès aux nouvelles fonctionnalités ne sera pas possible pour le praticien ne payant pas cette redevance.

3.3.3 3shape® Communicate

Comme Dentsply Sirona®, 3shape® propose une plateforme afin de faciliter les échanges avec le laboratoire de prothèse. Cette interface permet l'envoi sécurisé des informations au laboratoire mais aussi au patient qui disposent de l'application my3shape®. L'accès à ses plateformes est payant (29).

3.3.4 Coût

Les prix indiqués proviennent des données fournies par différents commerciaux.

	Trios 4®	Trios 3®	Trios 3 Basic®
Configuration		Move POD Cart	
Connectivité		Filaire Wireless	Filaire
Installation	2000€		
Export format STL	Oui		
Prix	35 000€	27 000€ (filaire) 32 000€ (wireless)	25 000€
Embout (lot de 3)	500€		
Fonctionnalités	<ul style="list-style-type: none"> • Trios <i>Patient Monitring</i> • Trios <i>Treatment Simulator</i> • Trios <i>Smile Design</i> • Trios <i>Patient Specific Motion</i> 		Mise à jour vers Trios 3®
Licence	2700€ (annuelle, non obligatoire)		

Tableau 5 : Prix approximatifs des caméras 3shape® (tableau personnel).

3.4 Carestream : CS 3700®

3.4.1 Présentation

La CS 3700® est une caméra filaire qui existe en version POD. Elle pèse 325 grammes. L'achat de la caméra s'accompagne de l'achat d'un ordinateur (portable ou fixe). La caméra existe en 2 coloris : blanc arctique ou gris carbone. En moyenne, 5 ans de garantie sont offerts avec la caméra, les mises à jour sont gratuites. Une calibration est nécessaire tous les 15 jours.

La prise d'empreinte ne nécessite pas de poudrage (30).

La CS 3700 est associé au logiciel CS ScanFlow.

Trois embouts de numérisation sont disponibles : l'embout standard, l'embout orienté sur le côté (il permet de scanner les zones difficiles d'accès (zones vestibulaires par exemple)), et l'embout postérieur qui est conçu spécifiquement pour balayer la région postérieure chez les enfants et les adultes ayant une bouche plus petite. Ils sont tous les 3 autoclavables, et ils peuvent être réutilisés jusqu'à 60 fois. La société ne propose pas d'embout à usage unique.

La nouvelle caméra CS 3800® a été présentée en juillet 2021 par l'équipe Carestream®. Il s'agit d'une version plus évoluée que son prédécesseur. La caméra est plus légère (240 grammes), sans fil, avec une profondeur de champ plus grande (profondeur de champ 21 mm).



Illustration 12 : CS 3700® (site Carestream®).



Illustration 11 : CS 3800® (site Carestream®).

3.4.2 Fonctionnalités

La prise de teinte est possible avec la CS 3700®. En effet, il est possible d'enregistrer jusqu'à 3 teintes par dent. La teinte est affichée en cliquant sur la zone d'intérêt.

La détection de carie n'est pas disponible sur la CS 3700® mais sera possible sur la CS 3800®.

La planification implantaire est possible en combinant les données issues de l'empreinte optique et celles issues des données radiologiques (CBCT). Les simulations orthodontiques sont possibles via le module dédié (CS Model).

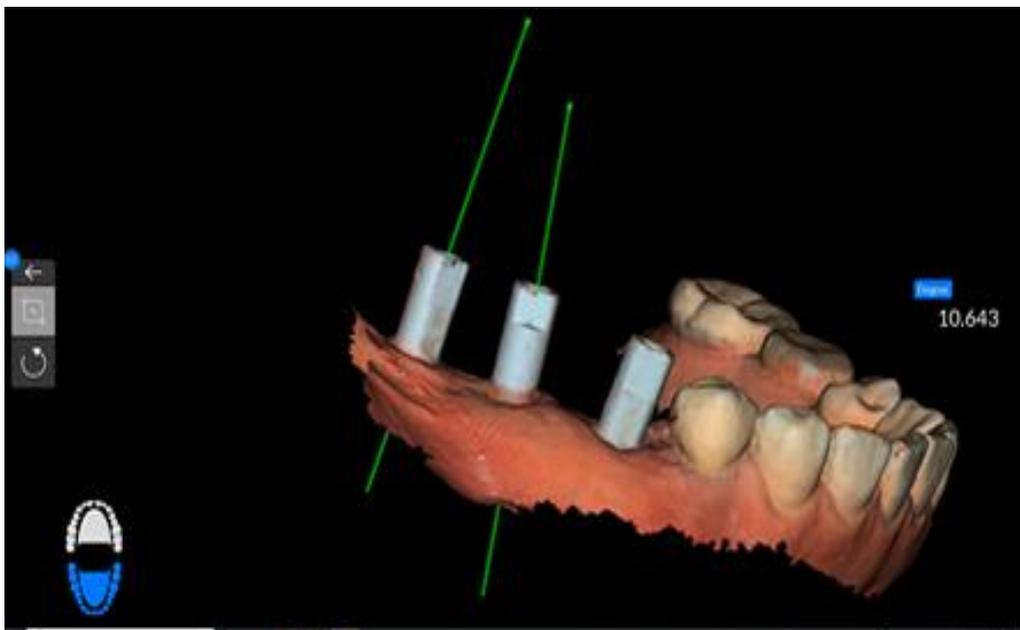


Illustration 13 : : Planification implantaire suite à une prise d'empreinte avec la CS 3700® (site Carestream®).

3.4.3 Coût

Les prix indiqués proviennent des données fournies par différents commerciaux.

	CS 3700®
Prix	25 000€
PC portable	2 000€
Option cart	560€
Extension de garantie	2 500€ (3 ans)
Embout (lot de 5)	300€

Tableau 6 : Prix approximatifs des produits Carestream® (tableau personnel).

3.5 Le nouveau scanner de Planmeca : Emerald S®

3.5.1 Description du scanner

La caméra pèse 229 grammes, elle existe en version filaire. Elle est livrée seule. L'achat d'un ordinateur portable ou de bureau est nécessaire (31). Plusieurs coques interchangeables sont disponibles (rose, gris, bleu, émeraude).

Afin de pouvoir utiliser la caméra, il faut commander la licence qui l'accompagne. Cette licence sera à payer une seule fois lors de l'achat. Les mises à jour sont gratuites. Le coffret de calibration est fourni avec la caméra. Le scanner est garanti 2 ans à partir de la date d'achat. La notice de la caméra fournie les informations sur l'utilisation et l'entretien de la celle-ci. Un chemin de scannage est décrit dans la notice de chaque caméra.

Deux types d'embouts sont disponibles. L'embout standard et l'embout SlimLine. Ce dernier est plus petit et plus étroit, il facilite l'accès sur les zones difficiles à scanner. Ces embouts sont chauffés afin d'éviter la formation de buée lors de la prise d'empreinte. Ils sont autoclavables.

Le logiciel de CAO Planmeca Romexis® permet d'exporter les fichiers au format STL et PLY. La conception peut se faire avec le laboratoire de son choix, il existe également une usineuse qui permet au praticien de faire de la CFAO directe.

3.5.2 Fonctionnalités

La caméra permet la prise de teinte, après scannage, il suffit de passer le curseur sur les couronnes dentaires.

Un embout *Cariosity* permet la détection des caries par la technologie de transillumination.

Plusieurs modules sont possibles :

- Romexis® *Smile Design* : il permet de planifier les traitements et il s'agit d'un moyen de communication avec les patients.
- Romexis® *3D implantology* : le logiciel dispose d'une banque de données implantaire. Le module permet de positionner l'implant selon la situation clinique désirée.
- Romexis® *Implant Guide* : en complément du module implantaire, celui-ci permet de concevoir les guides chirurgicaux. Planmeca propose une imprimante 3D pour ces guides (Planmeca Creo™ C5).
- Romexis® *3D Ortho Studio* : ce module permet de prendre les mesures orthodontiques et est un vecteur de communication avec les patients.

L'accès à ces modules n'est cependant pas gratuit, il faut, en fonction de son activité débloquer les modules souhaités.

3.5.3 Coût

Les prix indiqués proviennent des données fournies par différents commerciaux.

	Prix
Emerald S®	28 000€
Licence	2 000€ (à payer une fois)
Mise à jour	Gratuites
Ordinateur	2 000€ - 3 000€
Cart	500€ - 1 000€
Embout (lot de 4)	350€

Tableau 7 : Prix approximatifs des produits Planmeca® (tableau personnel).

3.6 Itero Element 5D® (Align Technology®)

3.6.1 Description du scanner

Ce scanner intra oral fait son apparition début 2019, il est proposé par la société Align Technology. Cette société commercialise en parallèle le système Invisalign® (32).

La caméra existe en version filaire et il s'agit de l'une des caméras les plus lourdes qui existe (avec la Primescan® de Dentsply Sirona®). En effet, cet IOS pèse plus de 500 grammes. Deux configurations sont possibles ; la version cart sur roulette avec un écran tactile, et la version POD (33).

L'embout du scanner n'est pas dans la continuité du manche mais présente un angle d'environ 45 degrés. La caméra est volumineuse et son embout peut être difficile à manipuler sur les secteurs postérieurs. Les embouts de scannage sont à usage unique.

Latéralement à la caméra, on observe un bouton pour démarrer la numérisation. Un ventilateur est intégré afin d'éviter la présence de buée lors du scannage.

Après la prise de l'empreinte, l'export au format STL est possible. Il existe un accès direct au partenaire Invisalign®.

3.6.2 Fonctionnalités

Cet IOS permet la prise de teinte.

La détection de carie est possible grâce au système de détection NIRI (*Near-Infrared Imaging*). Une lumière infrarouge permet de déceler les caries. Cette option est également possible sur d'autres IOS (Trios 4® (3Shape®) Emeralds S® (Planmeca®)). Cependant pour ces caméras les embouts de détection des caries sont différents. Avec iTero® la détection de carie se fait avec le même embout que celui servant pour la numérisation (34).

Cet IOS permet de faire de la simulation orthodontique. Le logiciel peut créer des vidéos simulant les résultats possibles. *TimeLapse* est une autre option présente sur iTero®. Elle permet de comparer les différents scans et de faire de la prévention.

3.6.3 Coût

Les prix indiqués proviennent des données fournies par différents commerciaux.

	Prix
Itero Element 5D® cart	41 000€
Itero Element 5D® seul	38 000€
Chariot pour Itero seul	500€ à 1000€
Embout de scannage (lot de 25)	60€ - 100€
Redevances mensuelles	400€

Tableau 8 : Prix approximatifs des produits iTero® (tableau personnel).

A cela il faut ajouter le coût de l'installation et de la formation pour les praticiens. Les redevances mensuelles comprennent les mises à jours et l'export vers Invisalign®. Ces redevances ne sont pas obligatoires, si le praticien y renonce, chaque envoi vers Invisalign® sera facturé. Ce scanner nécessite un investissement conséquent tant au niveau de son achat que de son utilisation quotidienne.

4 CFAO directe : coût des principaux systèmes utilisés

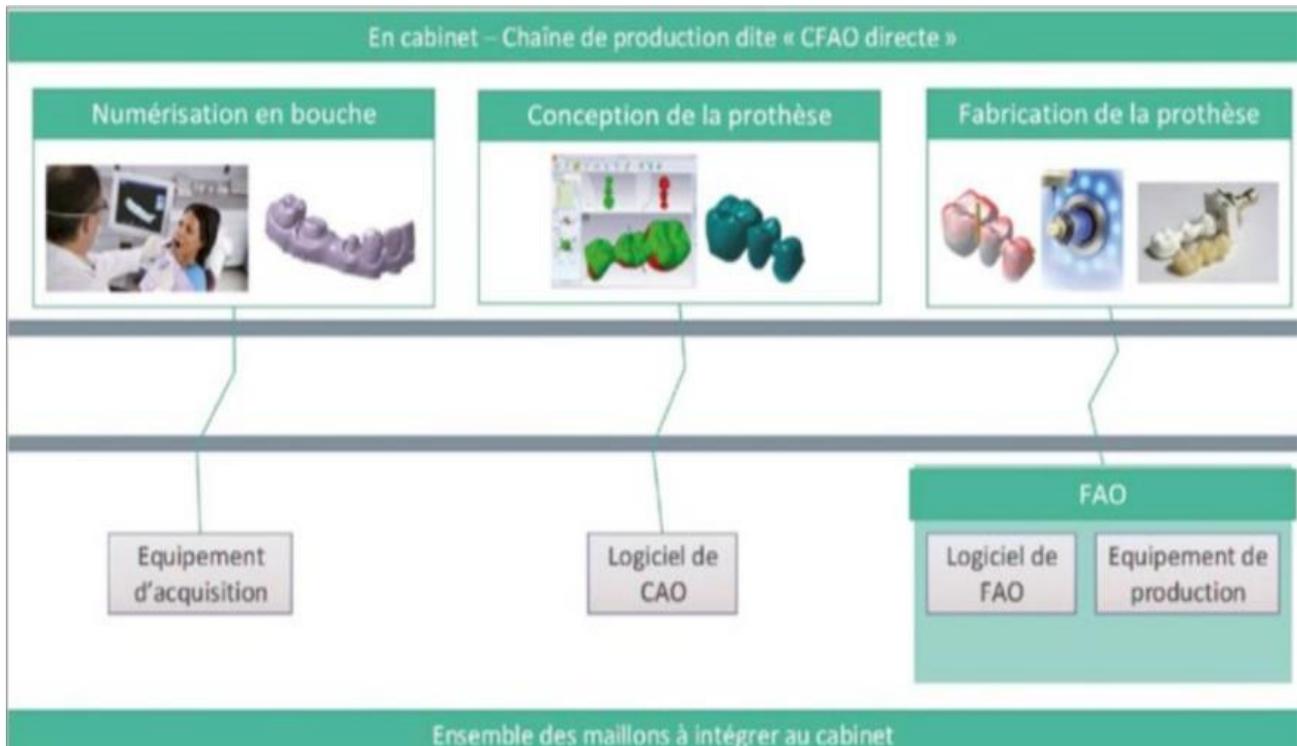


Illustration 14 : Les étapes de la CFAO directe (35).

La CFAO directe dite aussi CFAO *chairside* permet le traitement en une seule séance. Les différents maillons sont réalisés au cabinet. La prise d'empreinte est réalisée par la caméra. Dans la notice de chaque caméra un chemin de scannage est détaillé. Pour la réalisation de la pièce prothétique, il faut prendre l'empreinte de l'arcade concernée, de l'arcade antagoniste et des arcades en occlusion (35).

Après la prise d'empreinte, le praticien peut analyser la préparation sur l'interface logiciel. En effet la numérisation et la visualisation se font en temps réel. Le chirurgien-dentiste peut donc retoucher la préparation en bouche et prendre à nouveau l'empreinte. Une fois l'empreinte prise, il existe un post traitement. Ensuite le logiciel génère automatiquement une pièce prothétique.

Pour la conception de la pièce prothétique, il faut insérer dans l'usineuse le bloc de matériau avec lequel celle-ci sera réalisée. L'opérateur lance ensuite l'usinage. Une fois celui-ci terminé le chirurgien-dentiste obtient une pièce prothétique sur laquelle il réalisera les finitions (maquillage et glaçage). S'équiper en CFAO directe représente donc un investissement important.

4.1 Le système *chairside* de Dentsply Sirona®

4.1.1 CFAO directe proposé par Dentsply Sirona®

Le traitement en une séance est possible en combinant caméra optique et usineuse Dentsply Sirona®. Il est possible d'optimiser la Primescan® afin de faire du *chairside*. Le logiciel qui accompagne la caméra est fonction du type de CFAO réalisée (directe ou semi directe) (19).

Dentsply Sirona® propose deux configurations logicielles possibles. Chaque praticien choisit sa configuration en fonction de son activité. En effet, il existe un logiciel pour faire de la CFAO semi-directe : le logiciel Connect. Le logiciel CEREC permet la réalisation des traitements complets en une seule séance.

La caméra permet de numériser les arcades dentaires. La conception est ensuite faite par le logiciel de CAO, la FAO est ensuite réalisée par l'usineuse.

Dentsply Sirona® commercialise les usineuses suivantes : MC X, MC XL, récemment, une nouvelle usineuse capable d'usiner du métal et de la zircone est apparue sur le marché : la Primemill®. Elle dispose d'une interface qui permet de suivre le flux de travail. Chaque bloc est scanné pour s'assurer de sa compatibilité avec l'usineuse. Les fraises tournent autour du bloc. L'interface affiche l'état d'usure des fraises.

Les restaurations peuvent désormais être réalisées par plusieurs matériaux : les céramiques feldspathiques, hybrides, au disilicate de lithium, la zircone, le PMMA, les composites...

Cette usineuse n'accepte que les fichiers provenant des scanners Dentsply Sirona® (36).



Illustration 15 : Usineuses Dentsply Sirona®: de gauche à droite, la CEREC Primemill, la CEREC MC XL, la CEREC MX X (site Dentsply Sirona®).

L'usinage de la zircone nécessite l'achat supplémentaire d'un four de sintérisation. Ainsi Sirona® propose le CEREC SpeedFire® pour le frittage. Il faut en moyenne une quinzaine de minute pour le frittage d'une zircone. Après glaçure il faudra replacer la pièce prothétique au four de frittage (37).

Ces moyens de productions des prothèses dentaires nécessitent des maintenances régulières.



Illustration 16 : CEREC SpeedFire® : four de frittage (site Dentsply Sirona®).

4.1.2 Coût

Les prix indiqués proviennent des données fournies par différents commerciaux.

CEREC Omnicam® AC avec logiciel CEREC	58 000€
CEREC Primescan® AC avec logiciel CEREC	59 500€
Batterie pour Primescan®	1 800€
Usineuse Primemill®	62 800€
Usineuse MC-X®	41 800€
Omnicam® et usineuse MC X (pack)	70 000€
Primescan® et usineuse MC X (pack)	105 000€
Primescan® et usineuse Primemill®	110 000€
Fraise pour l'usineuse (l'unité)	100€
Four sintérisation (four de frittage)	18 000€
Bloc à usiner (par lot de 5 en moyenne)	100€ à 200€

Tableau 9 : Prix des produits Dentsply Sirona® (tableau personnel).

Les prix des blocs à usiner varient en fonction de la nature du matériau utilisé. Il faut ajouter le coût de l'installation et de formation qui varient en fonction des commerciaux.

4.2 CFAO directe avec les caméras 3shape®

4.2.1 Description

3shape® ne propose pour le moment pas d'usineuse. Cependant la société dispose d'une liste d'usineuses compatibles avec leurs IOS. Ainsi en combinant un IOS 3shape® et une usineuse parmi cette liste il est possible de faire de la CFAO directe.

Il faut cependant avoir la licence TRIOS Design Studio valide. En effet il s'agit du logiciel de CAO nécessaire pour la conception des pièces prothétiques.

Parmi les usineuses compatibles :

- Lyra ® : il s'agit d'une usineuse à 4 axes (38–40). Un large panel de matériaux est usinable (blocs en fibre de verre, les céramiques feldspathiques, les céramiques hybrides...). Des maintenances régulières sont à prévoir, et l'usure des fraises est indiquée par la machine.
- DWX- 42W (DGSHAPE®) : il s'agit d'une usineuse à 4 axes. L'usinage se fait en milieu humide. L'ordinateur qui accompagne l'usineuse permet de suivre l'avancée de l'usinage et indique l'état d'usure des fraises (41). L'usineuse peut usiner dans un même temps jusqu'à 6 pièces prothétiques avec son adaptateur ZV-42W0.
- PrograMill One (Ivoclar vivadent ®) : il s'agit d'une usineuse à 5 axes. Le bloc tourne autour de la fraise. Une application permet de commander l'usineuse. Ainsi une tablette, un smartphone ou un ordinateur peuvent être couplées à celle-ci. Les blocs à usiner ont la particularité d'avoir une accroche différente. Seuls ceux proposés par Ivoclar® peuvent être utilisés (Tetric CAD, IPS e.max CAD, IPS Empress CAD) (42,43).
- C series (Straumann®) : c'est une usineuse à 4 axes, associé au logiciel TRIOS Design Studio, elle permet l'usinage dans la séance.
- OneMill 4X (Ossem Implant®) : elle permet l'usinage en milieu sec et humide. Il est possible d'usiner de la zircone, des résines composites, des céramiques hybrides et des céramiques feldspathiques ; il faut compter en moyenne une trentaine de minutes pour obtenir les pièces prothétiques (44).
- Z4 (vhf®) : il s'agit d'une usineuse à 4 axes. Le pilotage de l'usineuse se fait sur un écran tactile. L'usinage peut se faire avec ou sans eau. Les matériaux usinables sont les résines PMMA, la zircone, les composites et les céramiques. Elle est compatible avec les logiciel CAO suivants : TRIOS Design Studio (3Shape®), DWOS *chairside* (Dental Wings®) et Exocad®.

L'ensemble de ces usineuses permettent de réaliser des reconstitutions simples (couronnes, facettes, onlay, inlay). Pour pouvoir les associer aux IOS 3shape® il faut obligatoirement avoir la licence TRIOS Design Studio valide.

4.2.2 Coût

Les prix indiqués proviennent des données fournies par différents commerciaux.

	Prix
TRIOS 4®	35 000€
TRIOS 3 Basic®	25 000€
TRIOS 3®	32 000€ (wireless) – 27 000€ (filaire)
Licence TRIOS Design Studio	2 000€ - 2 700€
Usineuses : <ul style="list-style-type: none"> • Lyra ® • DWX-42W® • Programill One® • C series® • OneMill 4X® • Z4® 	30 000€ 35 000€ 75 000€ Information indisponible Information indisponible Information indisponible
Four de sinterisation	12 000€ – 20 000€
Bloc à usiner (par lot)	100€ - 200€
Fraises pour usineuses	100€

Tableau 10 : Prix approximatifs des usineuses compatibles avec les IOS 3shape® (tableau personnel).

Les prix des blocs de matériaux varient en fonction de leur nature. En moyenne ils sont vendus par lot de 3 ou 5. Les fraises utilisées par les usineuses sont elles aussi souvent vendues par lot.

4.3 Système *chairside* Planmeca®

4.3.1 Description

Planmeca® propose également un système de CFAO au fauteuil, il comprend la numérisation, la conception et l'usinage. Le système complet comporte donc le scanner Emerald S® (ou Emerald®), l'ordinateur portable, le logiciel de conception planCAD Easy et une unité d'usinage Planmeca® (PlanMill 40 S® ou PlanMill 30S®). L'usineuse nécessite des révisions annuelles (45).

La marque propose 2 usineuses pour les cabinets dentaires :

- Usineuse PlanMill 30S® : il s'agit d'une unité d'usinage mono broche, il faut en moyenne une quinzaine de minute pour l'usinage d'une restauration. L'usineuse est équipée d'un ordinateur intégré et son logiciel propose des mises à jour concernant l'usure des outils et l'utilisation des blocs.
- Usineuse PlanMill 40S® : unité d'usinage à 2 broches, les 4 axes de l'usineuse permettent un usinage de couronne en une dizaine de minute en moyenne.

Ces usineuses peuvent usiner différents matériaux : les vitrocéramiques (IPS Empress CAD...), les vitrocéramiques renforcées (IPS e.max CAD), les composites renforcés (VITA ENAMIC), les matériaux temporaires, et les matériaux zircone (IPS e.max ZirCAD) (46).

4.3.2 Coût

Les prix indiqués proviennent des données fournies par différents commerciaux.

	Prix
Emerald S®	28 000€
Ordinateur et cart	2 500€ à 4 000€
Emerald S® et usineuse PlanMill 30S®	70 000€
Bloc à usiner (par lot de 5 en moyenne)	100€ à 250€

Tableau 11 : Prix des produits Planmeca® (tableau personnel).



Illustration 17 : Unité complète Planmeca®: IOS Emerald S®, ordinateur portable, usineuse

4.4 Sondage sur le taux d'équipement dans la région Hauts-de-France

La majorité des laboratoires de prothèses sont équipés en CFAO. En effet les empreintes physiques sont désormais scannées avec des scanners de table, afin de pouvoir usiner les pièces prothétiques.

L'objectif de ce sondage était de connaître le taux d'équipement dans notre région. Le sondage permettait également de mettre en évidence les scanners les plus utilisés. Pour les praticiens pratiquant la CFAO directe il permettait de savoir quel IOS était associé à quelle usineuse.

4.4.1 Description du sondage et résultats

Le sondage a été réalisé sur Google docs. Une brève introduction permettait d'expliquer le but du sondage. Chaque praticien devait indiquer son adresse mail.

Les questions étaient :

- 1) quel type de CFAO pratiquez-vous ? CFAO directe ou CFAO semi directe (le praticien est renvoyé à la question suivante en fonction de sa réponse).
- 2) Si vous pratiquez de la CFAO directe quelle caméra utilisez-vous ? (Choix multiples)
 - Bluecam Sirona®
 - Omnicam Sirona®
 - Primescan Sirona®
 - Planscan (Planmeca®)
 - CS 3600 (Carestream®)
 - Autre (préciser)
- 3) Si vous pratiquez la CFAO DIRECTE, quelle usineuse utilisez-vous ?
 - CEREC MC
 - CEREC MC X
 - CEREC MC XL
 - PlanMill 40S
 - Autre (préciser)

- 4) Si vous pratiquez la CFAO SEMI-DIRECTE, quelle caméra utilisez-vous ?
 - Dentsply Sirona®
 - TRIOS®
 - i500 (Medit®)
 - CS 3600 (Carestream®)
 - Emerald (Planmeca®)
 - iTero (Align Technology®)
 - Autre (préciser)

Le sondage a été réalisé dans le but d'être soumis à l'ensemble des chirurgiens-dentistes de la région Hauts-de-France (soit environ 4 000 praticiens). Pour le diffuser, le lien du sondage a été remis à chaque ordre de chaque département. Il devait ainsi être envoyé par mail à chaque praticien de chaque département de la région.

Le docteur Descamp a, à de nombreuses reprises relancé les différents Conseils de l'Ordres départementaux, mais le sondage n'a été diffusé que sur le département de la Somme et seulement 6 réponses ont été recueillies. Les réponses ne sont donc pas exploitables.

4.4.2 Tableaux récapitulatifs

SCANNERS	CS 3700	i500	i700	Trios 3	Trios 4	Trios 3 basic	Emerald S	Primescan	Itero Element 5D
Fabricant	Carestream®	Medit®		3Shape®			Planmeca®	Dentsply Sirona®	Align Technology®
Poids	316g	276g	245g	373g	375g	370g	229g	527g	500g
Configuration	POD	POD		Cart – POD - Move			POD	Cart	Cart
Connectivité	Filaire	Filaire		Filaire - Wireless		Filaire	Filaire	Filaire	
Calibration	Oui	oui		oui			oui	oui	oui
Prise de teinte	oui	oui		oui			oui	oui	oui
Détection carie	Non	non		oui	oui	non	oui	oui	oui
Embout	Autoclavable	Autoclavable		Autoclavable			Autoclavable	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Autoclavable ✓ Fixe ✓ Usage unique 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Usage unique ✓ Autoclavable
Format	STL - PLY	STL - PLY - OBJ		STL - DCM - PLY			STL - PLY	STL - PLY	STL - PLY
Logiciel CAO pour <u>CFAO directe</u>	Indisponible	Indisponible		Trios Design Studio			PlancCAD Easy	CEREC Software	Indisponible
<u>MOCN pour CFAO Directe</u>	Indisponible			<ul style="list-style-type: none"> ✓ Lyra® ✓ DWX-42-W® ✓ PrograMill One® ✓ C series® ✓ OneMill 4x® ✓ Z4 			PlanMill 30S® PlanMill 40S®	CEREC MC X CEREC MC XL Primemill	Indisponible

Prix	CS 3700®	i500®	i700®	Trios 3®	Trios 3 basic ®	Trios 4 ®	Primescan®	EmeraldS®	Itero Element 5D®
Scanner seul	25 000€	17 990€	21 040€	27 000€ (filaire) 32 000€ (Wireless)	25 000€	35 000€	38 800€	28 000€	38 000€ (seul) 41 000€ (cart)
Ordinateur	2 000€ à 2 500€	2 000€ à 2 400€	2 500€	2 000€ à 2 500€		2 500€ à 3 000€	<i>Inclus</i>	2 000€ à 2 500€	<i>Inclus</i>
Cart	560€ à 1200€	560€ à 1200€		500€ à 1 500€				500 € à 1 000 €	500 € à 1 000 €
Embout autoclavable	300€	300€	350€	500€ (lot de 5)			1 000€ (l'unité)	350 € (lot de 5)	<i>Indisponible</i>
Embout à usage unique	<i>Indisponible</i>	<i>Indisponible</i>		<i>Indisponible</i>			100€ (lot de 5)	<i>Indisponible</i>	60 € à 100€ (lot de 100)
Redevances	<i>Gratuites</i>	<i>Gratuites</i>		2 000€ (annuelle, optionnelle)		2 700€ (annuelle, optionnelle)	1 200€ (annuelle)	2000 € (à l'achat, obligatoire)	400€ (mensuelle)
Extension de garantie	2 500€ (3 ans)	1 800€ (2 ans)		2 000€ (2 ans)			2 000€ (2 ans)	2 000€ (2 ans)	1 800€ (2ans)
Installation	1 000€	600€		1 000 €			<i>Inclus</i>	<i>Inclus</i>	<i>Inclus</i>
Formation		830€							

*Tableaux 12 : Synthèse des caractéristiques et des prix des principaux IOS
(tableaux personnels).*

Les prix cités dans les tableaux résumés sont issus de devis de différents commerciaux. Ils sont susceptibles de varier d'un vendeur à un autre.

Les ordinateurs qui accompagnent les IOS doivent correspondre aux pré requis du constructeur.

Les redevances permettent d'utiliser les interfaces logicielles et de bénéficier des mises à jour.

Conclusion

Depuis l'apparition de la CFAO les systèmes commercialisés se multiplient. Ces scanners présentent des fonctionnalités toujours plus évoluées.

Ce travail a permis de mettre en évidence l'ensemble des éléments financiers de chaque scanner. Les principales caractéristiques de ces IOS ont été développées, ainsi que le coût des abonnements et matériaux consommables nécessaire à leur fonctionnement. Ces prix sont susceptibles de varier selon les offres commerciales et l'évolution de la concurrence.

S'équiper en CFAO nécessite un investissement conséquent. En effet, il ne suffit pas de tenir compte du seul coût du scanner. Il convient, pour chaque chirurgien-dentiste, en fonction de ces besoins, de prendre en compte de l'ensemble des éléments annexes ou des options (mise à jour, licence, formation, équipement informatique, installation...).

Références bibliographiques

1. Mangano F, Gandolfi A, Luongo G, Logozzo S. Intraoral scanners in dentistry: a review of the current literature. BMC Oral Health. 2017;17(1):149.
2. Suese K. Progress in digital dentistry: The practical use of intraoral scanners. Dental Materials Journal. 2020;39(1):52-56.
3. Cordelette M, Jordan-Combarieu F. Evolutions majeures de la CFAO directe. L'Information Dentaire. 2014;96(20):1-9.
4. Boitelle P, Pacquet W, Tapie L. Historique et principes de fonctionnement du scanner intra oral. CLINIC. 2021;42(389):103-110.
5. Id21 2019 29 05 [Internet]. calameo.com. [Consulté le 22 octobre 2021]. Disponible sur: <https://www.calameo.com/read/004524024a773487690f4>
6. Équipez vos cabinets partenaires de scanner intra-oral : 2ème partie [Internet]. [Consulté le 2 février 2021]. Disponible sur: <https://www.medit-i700.fr/blog/equipez-vos-cabinets-partenaires-de-scanner-intra-oral-2eme-partie>
7. GUIDE DE LA CFAO DENTAIRE [Internet]. [Consulté le 2 février 2021]. Disponible sur: <http://www.cnifpd.fr/guidecfao/cao.html>
8. Moussally C, Maladry L. L'empreinte optique [Internet]. L'Information Dentaire. 2016. Disponible sur: <https://www.information-dentaire.fr/formations/l-empreinte-optique/>
9. Cazier S, Moussally C. Descriptif des différents systèmes d'empreinte optique. Revue d'Odonto-Stomatologie. 2013;42:107-118.
10. Layan P, Finet E, Moussally C. Optimiser la prise d'empreinte optique en CFAO - Partie 1 - Faut-il adapter ses préparations dentaires pour faciliter la prise d'empreinte ? Biomatériaux Cliniques. 2020;5(1):78-85.
11. Prothèse numérique: La CFAO sous toutes ses coutures. [Internet]. calameo.com. [Consulté le 22 octobre 2021]. Disponible sur : <https://www.calameo.com/read/004524024768e32dfeb34>
12. Fages M, Ducret M. L'empreinte optique...en toute simplicité. Biomatériaux Cliniques. 2020;5(1):70-78.
13. Tapie L, Lebon N, Attal JP. Le flux numérique en CFAO dentaire pour la prothèse conjointe - Structuration et manipulation des données numériques. Réalités Cliniques. 2015;26(4):274-282.

14. Boitelle P, Fromentin O, Mawussi B, Tapie L. Les dispersions de données dans les chaînes de CFAO - Partie 2 - Fonctionnement des différents maillons des chaînes de CFAO. *Biomatériaux Cliniques*. 2018;3(2):68-76.
15. Boitelle P, Fromentin O, Mawussi B, Tapie L. Les dispersions de données dans les chaînes de CFAO - Partie 1 - Les dispersions physiques. *Biomatériaux Cliniques*. 2018;3(1):90-95.
16. Duminil G. Quel est l'impact de l'empreinte optique sur l'activité des laboratoires de prothèse ? *L'Information Dentaire*. 2020;102(33):82-92.
17. L'empreinte optique en odontologie [Internet]. Owandy Radiology. [Consulté le 15 octobre 2021]. Disponible sur: <https://www.owandy.fr/empreinte-optique-en-odontologie/>
18. Numérisation avec CEREC | Dentsply Sirona France [Internet]. [Consulté le 15 octobre 2021]. Disponible sur: <https://www.dentsplysirona.com/fr-fr/decouvrez-nos-produits/cerec/numerisation-avec-cerec.html>
19. Primescan | Dentsply Sirona France [Internet]. [Consulté le 21 octobre 2021]. Disponible sur: <https://www.dentsplysirona.com/content/dentsply-sirona/fr-fr/decouvrez-nos-produits/impression-numerique/primescan.html>
20. Portail Connect | Dentsply Sirona France [Internet]. [Consulté le 15 octobre 2021]. Disponible sur: <https://www.dentsplysirona.com/content/dentsply-sirona/fr-fr/decouvrez-nos-produits/impression-numerique/connect/portail-connect.html>
21. Implantologie CEREC | Dentsply Sirona France [Internet]. [Consulté le 21 octobre 2021]. Disponible sur: <https://www.dentsplysirona.com/content/dentsply-sirona/fr-fr/decouvrez-nos-produits/cerec/implantology.html>
22. Orthodontie avec CEREC Ortho | Dentsply Sirona France [Internet]. [Consulté le 21 octobre 2021]. Disponible sur: <https://www.dentsplysirona.com/content/dentsply-sirona/fr-fr/decouvrez-nos-produits/cerec/orthodontics.html>
23. Omnicam [Internet]. [Consulté le 31 octobre 2021]. Disponible sur: <https://www.dentsplysirona.com/content/dentsply-sirona/fr-fr/decouvrez-nos-produits/cerec/numerisation-avec-cerec.html>
24. 3D scanners | Medit | Seoul [Internet]. Medit. [Consulté le 15 octobre 2021]. Disponible sur: <https://www.medit.com>
25. Le Medit i700 [Internet]. [Consulté le 13 novembre 2021]. Disponible sur: <https://www.medit-i700.fr/scanner-medit-i700>
26. Comparatif des meilleurs scanners intra oraux 2021 [Internet]. [Consulté le 22 octobre 2021]. Disponible sur: <https://www.medit-i700.fr/article/comparatif-des-meilleurs-scanners-intraoraux-2021>

27. Scanners intra-oraux 3Shape TRIOS – trouvez votre scanner dentaire [Internet]. 3Shape. [Consulté le 15 octobre 2021]. Disponible sur: <https://www.3shape.com/fr/scanners/trios>
28. Logiciels 3Shape – solutions de CFAO pour laboratoires et cabinets dentaires [Internet]. [Consulté le 22 octobre 2021]. Disponible sur: <https://www.3shape.com/fr/software-overview>
29. 3Shape Communicate – partage sécurisé de scans et de données patient [Internet]. [Consulté le 13 novembre 2021]. Disponible sur: <https://www.3shape.com/fr/services/communicate>
30. CS 3700 | Carestream Dental [Internet]. [Consulté le 15 octobre 2021]. Disponible sur: <https://www.carestreamdental.com/fr-fr/csd-products/scanners-intraoraux/cs-3700/>
31. Planmeca Emerald S [Internet]. [Consulté le 22 octobre 2021]. Disponible sur: <https://www.planmeca.com/fr/cadcam/scannage-dentaire/planmeca-emerald-s/>
32. iTero [Internet]. [Consulté le 24 octobre 2021]. Disponible sur: <https://www.itero.com/fr>
33. iTero Element 5D Plus Review | Digital Dentistry Blog | Online Courses [Internet]. Institute of Digital Dentistry. [Consulté le 23 octobre 2021]. Disponible sur: <https://instituteofdigitaldentistry.com/cad-cam/itero-element-5d-plus-review/>
34. iTero Element 5D Review | Digital Dentistry Blog | Online Training [Internet]. Institute of Digital Dentistry. [Consulté le 23 octobre 2021]. Disponible sur: <https://instituteofdigitaldentistry.com/cad-cam/itero-element-5d-review/>
35. Tapie L, Lebon N, Attal JP. La chaîne numérique en CFAO dentaire en prothèse conjointe - Structuration de la chaîne de production. *Réalités Cliniques*. 2020;26(4):263-273.
36. CEREC Primescan and Primemill Review [Internet]. Institute of Digital Dentistry. 2021 [Consulté le 31 octobre 2021]. Disponible sur: <https://instituteofdigitaldentistry.com/ios-reviews/cerec-primescan-and-primemill-review/>
37. Frittage avec CEREC | Dentsply Sirona France [Internet]. [Consulté le 15 octobre 2021]. Disponible sur: <https://www.dentsplysirona.com/content/dentsply-sirona/fr-fr/decouvrez-nos-produits/cerec/frittage-avec-cerec.html>
38. Duminil G. La solution Lyra. *L'Information Dentaire*. 2015;97(33):30-31.
39. Brochure Lyra Mill [Internet]. [Consulté le 13 novembre 2021]. Disponible sur : https://dev.lyra.dental/wp-content/uploads/2019/12/FLYER_LYRA_F-LyraMill_i02_201908.pdf
40. Lyra mill [Internet]. LYRA Shop. [Consulté le 14 novembre 2021]. Disponible sur: <https://lyrashop.dental/products/3015825>

41. Fraiseuse dentaire en milieu humide DWX-42W [Internet]. Roland Website. [Consulté le 29 octobre 2021]. Disponible sur: <https://www.rolanddg.eu/fr/produits/dentaire/dwx-42w-wet-dental-milling-machine>
42. PrograMill One : Ivoclarvivadent [Internet]. [Consulté le 1 novembre 2021]. Disponible sur: https://www.ivoclarvivadent.com/fr_fr/products/digital-equipment/programill-one
43. Tetric CAD [Internet]. L'Information Dentaire. [Consulté le 1 novembre 2021]. Disponible sur: <https://www.information-dentaire.fr/actualites/tetric-cad/>
44. Milling Machine | Osstem Hong Kong [Internet]. [Consulté le 29 octobre 2021]. Disponible sur: http://www.osstem.com.hk/?page_id=5389
45. Milling units | Planmeca [Internet]. [Consulté le 22 octobre 2021]. Disponible sur: <https://www.planmeca.com/fr/cadcam/comparer-nos-unites-d-usinage/>
46. Planmeca Material Bank [Internet]. [Consulté le 22 octobre 2021]. Disponible sur: <https://materialbank.planmeca.com/catalog/Brochures/r/2273/viewmode=pre-viewview/fc=4%3A1>

Tables des illustrations

Illustration 1: Les étapes du post traitement informatique (14).	17
Illustration 2: Les étapes de la CFAO semi directe (35).....	19
Illustration 3 : Le Primescan® (site Dentsply Sirona®).....	20
Illustration 4 : Manchons disponibles (de gauche à droite): manchon en acier autoclavable avec fenêtre à usage unique, manchon à usage unique, manchon standard (site Dentsply Sirona®).....	21
Illustration 5 : La chaîne numérique de Dentsply Sirona® (site Dentsply Sirona®). ..	22
Illustration 6 : Caméra Medit i700® sur support de table (internet).....	26
Illustration 7 : Trios 4® version wireless MOVE (site 3shape®).....	28
Illustration 8 : TRIOS 3® sans fil, version POD (site 3shape®).	29
Illustration 9 : TRIOS 3 basic®, version POD (site 3shape®).	29
Illustration 10 : Modélisation grâce au module Smile Design (site 3shape®).	30
Illustration 11 : CS 3800®.....	32
Illustration 12 : CS 3700® (site Carestream®).	32
Illustration 13 : : Planification implantaire suite à une prise d'empreinte avec la CS 3700® (site Carestream®).....	33
Illustration 14 : Les étapes de la CFAO directe (35).	38
Illustration 15 : Usineuses Dentsply Sirona®: de gauche à droite, la CEREC Primemill, la CEREC MC XL, la CEREC MX X (site Dentsply Sirona®).....	39
Illustration 16 : CEREC SpeedFire® : four de frittage (site Dentsply Sirona®).....	40
Illustration 17 : Unité complète Planmeca®: IOS Emerald S®, ordinateur portable, usineuse	45

Tableaux

Tableau 1: Différences Primescan® - Omnicam® (tableau personnel).....	23
Tableau 2 : Prix approximatifs des produits Dentsply Sirona® (tableau personnel)..	24
Tableau 3 : Différences i500® - i700® (tableau personnel).	26
Tableau 4 : Prix approximatifs des produits Medit® (tableau personnel).	27
Tableau 5 : Prix approximatifs des caméras 3shape® (tableau personnel).	31
Tableau 6 : Prix approximatifs des produits Carestream® (tableau personnel).	34
Tableau 7 : Prix approximatifs des produits Planmeca® (tableau personnel).	35
Tableau 8 : Prix approximatifs des produits iTero® (tableau personnel).	37
Tableau 9 : Prix des produits Dentsply Sirona® (tableau personnel).....	41
Tableau 10 : Prix approximatifs des usineuses compatibles avec les IOS 3shape®	43
Tableau 11 : Prix des produits Planmeca® (tableau personnel).	44
Tableaux 12 : Synthèse des caractéristiques et des prix des principaux IOS (tableaux personnels).....	50

Thèse d'exercice : Chir. Dent. : Lille : Année [2022] –

CFAO directe et CFAO semi-directe : la réalité du coût des principaux systèmes commercialisés / Assiya **KHARMAZ**. -p (58). : ill. (17) ; réf. (46).

Domaines : Prothèse

Mots clés Libres : CFAO, cout, scanner intra-oral, usineuse, choix, empreinte numérique.

Mots clés Rameau : CFAO directe, CFAO semi-directe, empreinte optique.

Mots clés FMeSH : CFAO directe, CFAO semi-directe, empreinte optique

Résumé de la thèse :

La CFAO dentaire a révolutionné la dentisterie. En effet, de plus en plus de cabinets sont équipés en caméras et usineuses et offrent à leurs patients une « dentisterie numérique ». Chaque année, de nombreuses caméras aux fonctionnalités en constante évolution font leur apparition.

S'équiper en CFAO nécessite un lourd investissement. Lors de la mise sur le marché de chaque nouveau scanner intra oral, l'aspect financier n'est souvent pas abordé par les commerciaux. Au prix d'achat, chaque chirurgien- dentiste doit être conscient du coût qui accompagne les IOS tout au long de leur utilisation. Il est très difficile de faire des comparaisons à cet ordre.

Ce travail fait un état des lieux des prix et abonnements des scanners les plus commercialisés. Il propose un tour d'horizon du coût des systèmes.

JURY :

Président : **Professeur Pascal BEHIN**
Assesseurs : **Docteur François DESCAMP**
 Docteur Philippe BOITELLE
 Docteur Edwine FLEUTRY