

**UNIVERSITE DU DROIT ET DE LA SANTE DE LILLE 2**

**FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE**

Année de soutenance : 2016

N°:

THESE POUR LE

**DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE**

Présentée et soutenue publiquement le 06 décembre 2016

Par Juliette RIDON

Née le 27 juin 1990 à Saint-Saulve, France

LE SYSTEME ITERO® ELEMENT™, LA CFAO AU SERVICE DE L'OMNIPRATIQUE  
ET DE L'ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE.

**JURY**

Président : Monsieur le Professeur Thomas COLARD

Assesseurs : Monsieur le Docteur François DESCAMP

Monsieur le Docteur Philippe BOITELLE

Monsieur le Docteur DENIS Corentin

# **ACADEMIE DE LILLE**

## **UNIVERSITE DU DROIT ET DE LA SANTE LILLE 2**

~\*~\*~\*~\*~\*~\*~\*~\*~\*~\*

### **FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE**

**PLACE DE VERDUN**

**59000 LILLE**

~\*~\*~\*~\*~\*~\*~\*~\*~\*~\*

Président de l'Université : X. VANDENDRIESSCHE  
Directeur Général des Services : P.M ROBERT  
Doyen : E. DEVEAUX  
Assesseurs : E. BOCQUET, L. NAWROCKI et G. PENEL  
Chef des Services Administratifs : S. NEDELEC  
Responsable de la Scolarité : L. LECOCQ

\*\*\*\*\*

## **PERSONNEL ENSEIGNANT DE L'U.F.R.**

### **PROFESSEURS DES UNIVERSITES :**

P. BEHIN	Prothèses
T. COLARD	Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques, Biomatériaux, Biophysiques, Radiologie
<b>E. DELCOURT-DEBRUYNE</b>	Professeur Emérite <b>Parodontologie</b>
E. DEVEAUX	Odontologie Conservatrice - Endodontie Doyen de la Faculté
<b>G. PENEL</b>	Responsable de la Sous-Section des <b>Sciences Biologiques</b>
M.M. ROUSSET	Odontologie Pédiatrique

## **MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES**

<b>T. BECAVIN</b>	Responsable de la Sous-Section d' <b>Odontologie Conservatrice – Endodontie</b>
A. BLAIZOT	Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale.
P. BOITELLE	Prothèses
F. BOSCHIN	Responsable de la Sous-Section de Parodontologie
<b>E. BOCQUET</b>	Responsable de la Sous- Section d' <b>Orthopédie Dento Faciale</b>
<b>C. CATTEAU</b>	Responsable de la Sous-Section de <b>Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale.</b>
A. CLAISSE	Odontologie Conservatrice - Endodontie
M. DANGLETERRE	Sciences Biologiques
A. de BROUCKER	Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques, Biomatériaux, Biophysiques, Radiologie
T. DELCAMBRE	Prothèses
<b>C. DELFOSSE</b>	Responsable de la Sous-Section d' <b>Odontologie Pédiatrique</b>
F. DESCAMP	Prothèses
A. GAMBIEZ	Odontologie Conservatrice - Endodontie
F. GRAUX	Prothèses
P. HILDELBERT	Odontologie Conservatrice - Endodontie
<b>J.M. LANGLOIS</b>	Responsable de la Sous-Section de <b>Chirurgie Buccale, Pathologie et Thérapeutique, Anesthésiologie et Réanimation</b>
C. LEFEVRE	Prothèses
J.L. LEGER	Orthopédie Dento-Faciale

M. LINEZ	Odontologie Conservatrice - Endodontie
G. MAYER	Prothèses
L. NAWROCKI	Chirurgie Buccale, Pathologie et Thérapeutique, Anesthésiologie et Réanimation Chef du Service d'Odontologie A. Caumartin - CHRU Lille
C. OLEJNIK	Sciences Biologiques
P. ROCHER	Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques, Biomatériaux, Biophysiques, Radiologie
<b>M. SAVIGNAT</b>	Responsable de la Sous-Section <b>des Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques, Biomatériaux, Biophysiques, Radiologie</b>
T. TRENTESAUX	Odontologie Pédiatrique
<b>J. VANDOMME</b>	Responsable de la Sous-Section de <b>Prothèses</b>

### ***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 2 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 Thomas COLARD

- **Professeur des Universités – Praticien Hospitalier des CSERD**  
*Sous-Section Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques, Biomatériaux, Biophysique et Radiologie.*
- Docteur en Chirurgie Dentaire
- Docteur au Muséum National d'Histoire Naturelle en Anthropologie Biologique
- D.E.A Quaternaire : Géologie, Préhistoire et Paléanthropologie
- Maîtrise EDBSL de Biologie Humaine
- Expert en anthropologie auprès de la Cour d'appel de Douai

*Je vous suis très reconnaissante de l'honneur que vous me faites en acceptant de présider cette thèse. Je vous prie d'agréer l'expression de ma profonde reconnaissance pour l'enseignement que vous nous avez dispensé, ainsi que pour l'année très enrichissante passée à vos côtés en clinique lors de nos vacances d'apnée du sommeil. Veuillez trouver dans ce travail l'assurance de mon profond respect.*

## **Monsieur le Docteur François DESCAMP**

- **Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier des CSERD**  
*Sous-Section Prothèses*
- Docteur en Chirurgie Dentaire
- Maîtrise de Sciences Biologiques et Médicales
- Maîtrise Universitaire de Pédagogie des Sciences de la Santé
- D.E.S.S Education et Santé
- D.E.A Sciences de l'Education
- D.U 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.

*Vous me faites le plaisir de diriger cette thèse.*

*Merci pour votre confiance, votre disponibilité, votre bonne humeur et surtout d'avoir toujours été à l'écoute durant la rédaction de ma thèse.*

*Merci aussi pour votre enseignement clinique, qui a rendu les vacations de prothèse du vendredi matin très agréables.*

*Recevez ici l'expression de mon profond respect et le témoignage de ma grande reconnaissance.*

*Je n'aurai pu rêver mieux comme directeur de thèse, un grand merci.*

## Monsieur le Docteur Philippe BOITELLE

- **Maître de Conférences des Universités Associé – Praticien Attaché Hospitalier des CSERD**  
*Sous-Section Prothèses*
- Docteur en Chirurgie Dentaire
- Docteur de l'université Paris 13, Sorbonne Paris Cité ; spécialité Mécanique des matériaux
- Lauréat 2006 du *Annual Scholarship Award for outstanding academic achievement on dentistry* de la Pierre Fauchard Foundation

*Vous me faites l'honneur de siéger dans ce jury et je vous en remercie.  
J'avais beaucoup aimé le TP de CFAO que vous nous aviez donné il y a de ça  
quelques années, était-ce un signe prémonitoire ? Permettez-moi de vous témoigner  
de ma gratitude et de ma plus grande estime.*



## **Monsieur le Docteur Corentin DENIS**

- **Assistant Hospitalo-Universitaire des CSERD**  
*Sous-Section Prothèses.*
- Docteur en Chirurgie Dentaire

*Tu n'as pas hésité à dire oui quand je t'ai demandé de siéger dans mon jury.*

*Merci pour ton soutien tout au long de ma thèse.*

*Sois assuré de l'amitié et de l'estime que je te porte.*







# Table des matières

<b>Lexique.....</b>	<b>15</b>
<b>Introduction .....</b>	<b>16</b>
<b>1 La CFAO dentaire.....</b>	<b>17</b>
1.1 Historique. ....	17
1.1.1 De l'industrie automobile ...	17
1.1.2 ... à l'odontologie.....	18
1.2 Définitions.....	20
1.2.1 CFAO .....	20
1.2.2 La chaîne numérique.....	21
1.2.2.1 Méthodes et équipements d'acquisition.....	21
1.2.2.1.1 Méthodes .....	21
1.2.2.1.1.1 <i>La triangulation</i> .....	25
1.2.2.1.1.2 <i>L'imagerie confocale parallèle</i> . ....	27
1.2.2.1.2 Equipements. ....	28
1.2.2.2 CAO.....	28
1.2.2.3 Les logiciels de FAO.....	28
1.2.2.4 Equipement de production.....	28
1.2.3 Le flux numérique. (11).....	30
1.2.3.1 Ouverture / fermeture de la chaîne numérique.....	30
1.2.4 Les différents systèmes de CFAO. ....	32
1.2.4.1 La CFAO directe.....	32
1.2.4.2 La CFAO semi-directe. ....	32
1.2.4.3 La CFAO indirecte. ....	32
1.2 L'empreinte optique au quotidien. ....	34
1.3.1 Avantages de l'empreinte optique. ....	34
1.3.2 Inconvénients de l'empreinte optique (5). ....	36
<b>2 iTero® Element™ .....</b>	<b>39</b>
2.1 Du système iTero® 1 de Cadent™ (5)....	39
2.1.1 Description de la caméra.....	39
2.1.2 Acquisition des données. ....	39
2.1.3 Contrôle et exploitation des fichiers.....	40
2.2 ... au système iTero® Element™.....	40
2.2.1 Généralités.....	40
2.2.2 Méthode d'acquisition : la parallèle confocale. ....	43
2.2.3 Le scannage.....	44
2.2.3.1 Généralités sur le scannage.....	44
2.2.3.2 Déroulement du scannage. ....	45
2.2.4 Le poudrage .....	46
2.2.5 Précision et résolution. ....	48
2.2.6 Modèle en couleur ou monochrome. ....	49
2.2.7 Fichier.....	49
2.2.8 Domaine d'application de l'empreinte.....	50
2.2.9 Coût.....	51
2.2.10 Evolution du système .....	51
2.2.11 Récapitulatif.....	52
2.3 Comparaison avec d'autres caméras présentes sur le marché (21). ....	53

<b>3 Applications de l’empreinte iTero® Element™ aux différents domaines (31).</b>	<b>55</b>
3.1 Restauration. ....	55
3.2 Implantologie. ....	57
3.3 Orthodontie. ....	60
3.4 Invisalign®. ....	61
<b>Conclusion.....</b>	<b>65</b>
<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>67</b>
<b>Index des figures.....</b>	<b>70</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>72</b>
Annexe 1 : Brochure iTero® Element™ .....	72

## Lexique

CAO : Conception assistée par Ordinateur

CAD-CAM : Computer-Aided Design & Manufacturing

CFAO : Conception et Fabrication Assistée par Ordinateur (en anglais CAD-CAM)

EO : Empreinte Optique

FAO : Fabrication Assistée par Ordinateur

ODF : Orthopédie Dento-Faciale

RIM : Relation Inter Maxillaire

## Introduction

Pendant plusieurs siècles, la chirurgie dentaire est restée figée dans un schéma prothétique classique : prise d'empreinte en bouche, coulée des modèles en plâtre et réalisation des travaux au laboratoire par le prothésiste.

Dans les années 1970, les travaux du Professeur Duret sur la CFAO, fruits d'une imagination purement spéculative, engendrent une véritable révolution numérique au sein de la profession et plus largement dans tout le domaine médical.

Aujourd'hui, lorsque les médecins doivent poser une prothèse, de hanche, de genou... la question ne se pose plus, le numérique est omni présent.

Mais en odontologie il aura fallu attendre 20 ans pour que les travaux entrepris par Duret aboutissent et que la CFAO trouve réellement sa place dans les cabinets dentaires et les laboratoires de prothèse.

Et aujourd'hui, même si la France fut pionnière dans ce domaine, en 2013 seuls 3% des cabinets dentaires en France étaient équipés contre 20% aux USA et 35% au Canada.

Il existe actuellement un grand nombre de caméras optiques disponibles sur le marché français telles que 3M™ True Definition, Omnicam de Sirona, 3Shape Trios®, iTero® Element™ d'Align Technology...

La CFAO devient incontournable, que ce soit en prothèse fixée mais aussi en orthopédie dento faciale (ODF) ou en implantologie.

Le but de cet ouvrage est d'étudier une caméra optique, iTero® Element™, de découvrir ses caractéristiques, appréhender ses avantages, ses inconvénients, afin de pouvoir comparer les caractéristiques de cette caméra avec celles déjà existantes sur le marché.



# 1 La CFAO dentaire.

## 1.1 Historique.

« Toute vérité franchit trois étapes : d'abord elle est ridiculisée, ensuite elle subit une forte opposition, puis elle est considérée comme ayant toujours été évidence » (1).

La CFAO n'a pas démenti à cette citation du philosophe Arthur Schopenhauer. Comme toute nouvelle invention scientifique, la CFAO trouve ses bases dans les sciences existantes et l'imagination de grands hommes.

C'est ainsi qu'au début du XXème siècle, la nécessité d'une production de masse oblige les grandes industries telles que celle de l'automobile à s'intéresser d'avantage aux phases de préparation et de conception des produits. Dès 1945, Renault met en place les premières machines-outils automatisées permettant la production à grande échelle des moteurs de 4CV (2).

### 1.1.1 De l'industrie automobile ...

Toujours dans le domaine de l'automobile, deux ingénieurs français, l'un travaillant chez Citroën : Paul De Faget de Casteljau et l'autre chez Renault : Pierre Bezier, mettent au point les prémices de la CFAO. Bezier n'a qu'une préoccupation : celle de créer un moyen simple et puissant pour modéliser des formes et faciliter la programmation des machines à commande numérique. Ses recherches aboutissent à un logiciel : Unisurf, breveté en 1966, lui-même à l'origine de nombreux logiciels de CAO et de CFAO par la suite. Aussi connu pour les « courbes de Bézier » qui permettent de définir une courbe complexe avec assez peu de points caractéristiques, formant alors les « surfaces de Bézier » qui permettront par la suite de modéliser des surfaces dentaires dans les logiciels de CAO dentaire.

Les concepts de CAO et de FAO commencent à devenir de plus en plus concrets.

Suite à toutes ces découvertes, au début des années soixante-dix, de nombreux chercheurs s'intéressent aux techniques de CFAO notamment en odontologie.

### 1.1.2 ... à l'odontologie.

En 1973, François Duret soutient sa thèse d'exercice intitulée Empreinte Optique, dans laquelle il signe l'acte de naissance de la CFAO dentaire. C'est ce document qui la valide aux yeux des scientifiques du monde et permet à la dentisterie française d'être reconnue comme pionnière dans le domaine.

Contrairement à la CFAO utilisée dans l'industrie il ne s'agit pas de reproduire à l'identique un grand nombre de pièces mais cette fois de réussir à réaliser en fin de chaîne une prothèse unique, à l'image de chaque patient.

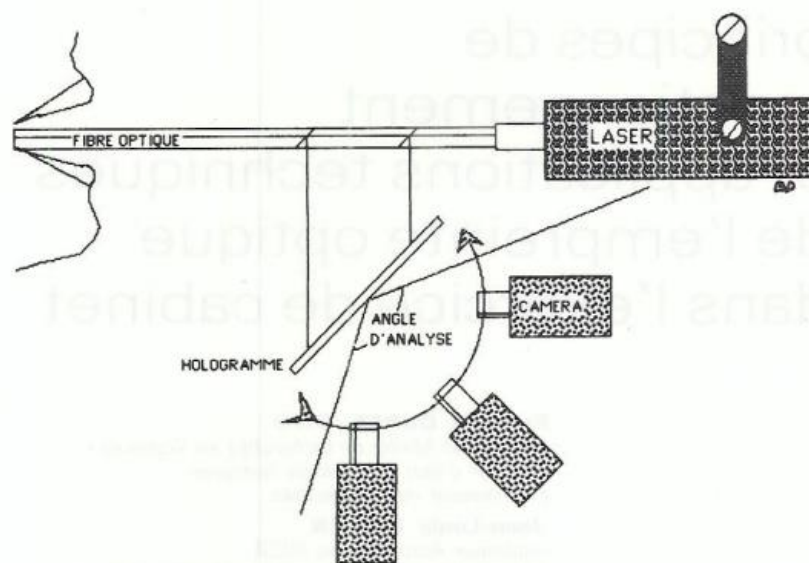


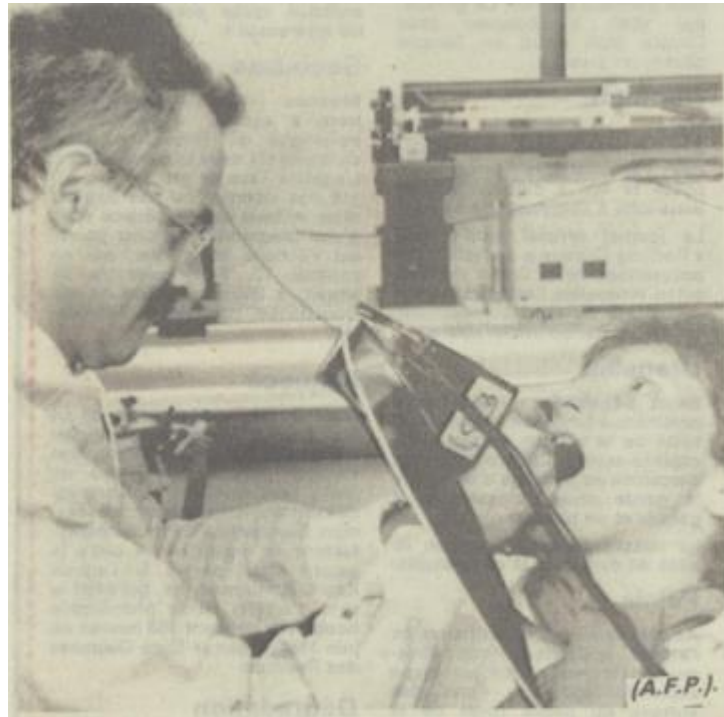
Figure 1 : Premier prototype de caméra endobuccale (3).

Simultanément, aux Etats Unis Altschuler et Swinson se lancent dans des travaux sur une technique de lecture holographique tandis qu'au Japon, ce n'est qu'à partir de 1980 que le pays se lance dans cet axe de recherche.

Duret va alors imaginer un système alliant une lecture optique des empreintes, une conception assistée par ordinateur et un usinage des prothèses : système qui est celui que nous utilisons actuellement.

Dix ans plus tard, en 1983, le premier prototype de CFAO conçu par Duret est présenté aux Entretiens de Garancières. Puis deux ans plus tard, en 1985, au congrès de l'ADF à Paris a lieu la réalisation de la première couronne usinée, une

première prémolaire mandibulaire qui sera scellée une heure après la prise de l'empreinte optique.



*Figure 2 : Première couronne réalisée par François Duret lors de l'ADF en 1985 (4).*

Son but n'est autre que de simplifier les tâches répétitives nécessaires à la conception des prothèses en odontologie.

Dans les années 80, la Société Henson, pour laquelle François Duret travaille, lance la première machine de CFAO, nécessitant une prise d'empreinte optique en bouche. Cependant, en 1993, la société fait faillite.

A la même époque, les travaux de Moërman au sein de la société SIEMENS, permettent la mise au point du CEREC Mark 1®, capable de faire les empreintes en bouche et d'usiner des inlays en céramique en quelques minutes.



Figure 3 : Cerek Mark1® appelé aussi "Lemon"

Puis dans les années 90, en Suède le système Procera® est lancé par Anderson. C'est dans les années 2000 que la CFAO prend véritablement son envol, et même si en 2012 seuls 15% des laboratoires français étaient équipés, en 2017, certains auteurs pensent que ce pourcentage pourrait s'élever à 50%. François DURET prévoit même une disparition future de l'empreinte classique. Le numérique, et notamment l'empreinte optique, sont l'avenir de la dentisterie (5).

## 1.2 Définitions.

### 1.2.1 CFAO.

L'acronyme CFAO désigne la Conception et la Fabrication Assistée par Ordinateur. Il s'agit d'un « ensemble de moyens numériques (scanners, caméras, logiciels de conception et de fabrication, ainsi que les machines d'usinage) dédiés à la conception et à la fabrication de prothèses dentaires dans un processus de restauration du capital dentaire » (6).

La CFAO peut être « *chairside* » ce qui signifie que tous les maillons sont présents au cabinet dentaire, notamment l'usineuse ou « *labside* », dans le laboratoire de prothèse.

## 1.2.2 La chaîne numérique.

En odontologie, la CFAO comprend l'ensemble des éléments participant à la chaîne numérique.

Celle-ci est constituée d'un ensemble de maillons intégrés entre eux, qui manipulent, traitent et échangent des données analogiques et numériques (7).

Le maillon représente un « moyen numérique ou un regroupement de moyens numériques au sein de la technologie constituant la chaîne numérique » (6).

Classiquement, de façon numérique, la chaîne se comporte de 4 maillons :

- Equipement d'acquisition
- Le logiciel de CAO
- Le logiciel de FAO
- L'équipement de production

### 1.2.2.1 Méthodes et équipements d'acquisition.

#### 1.2.2.1.1 Méthodes.

Pour les dispositifs d'acquisition il existe deux grands principes: avec ou sans contact (mais aujourd'hui on considère que la CFAO a complètement abandonné l'acquisition par contact).

- Pour la technique avec contact, il s'agit du micropalpage : méthode par contact ponctuel (ou méthode mécanique).

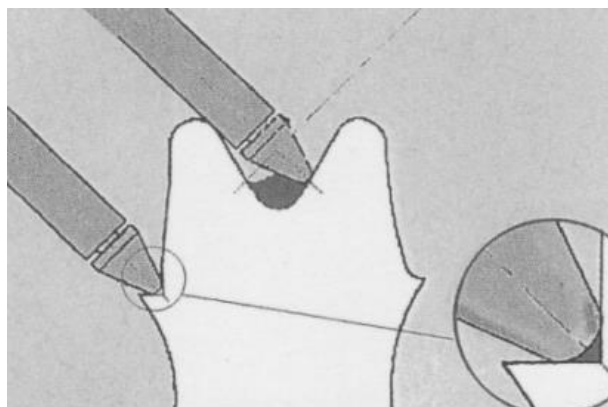


Figure 4 : système de micropalpage.

Le micropalpeur vient balayer toute la surface du modèle en plâtre et envoie les informations à l'ordinateur.

Longtemps utilisée par Procera, cette technique est aujourd'hui abandonnée, au profit du scannage par empreinte optique.

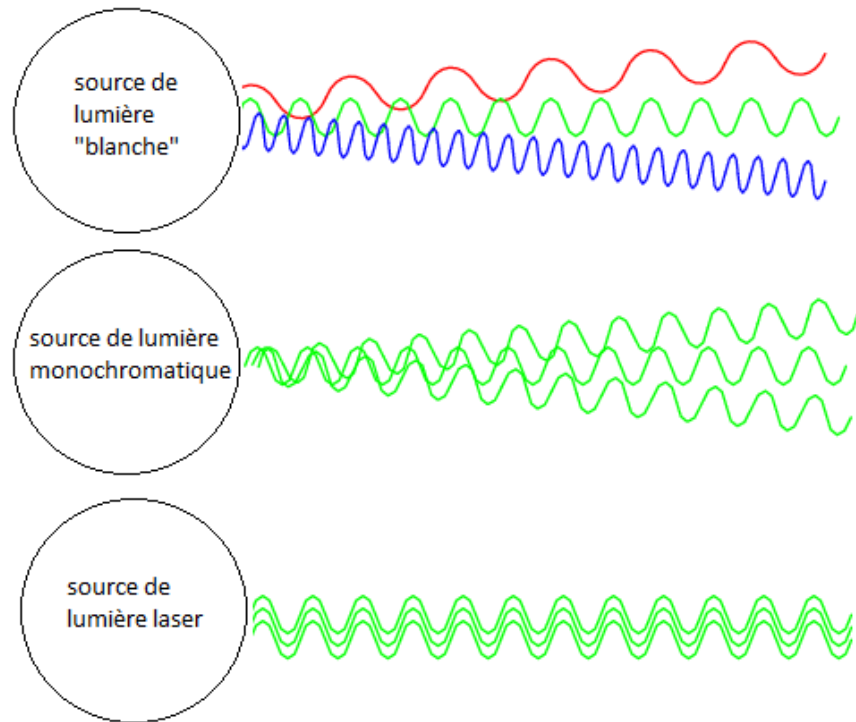
- Les techniques sans contact physique sont diverses : techniques acoustiques, magnétiques, mais en odontologie celles-ci comportent beaucoup trop de contraintes.

Seule la méthode ondulatoire ou optique est cliniquement envisageable.

Un des avantages de l'empreinte optique est qu'elle se fait sans contact. Son principe est de mesurer la déformation du rayon incident après sa rencontre avec l'objet. Il est alors nécessaire de connaître le rayon de référence non déformé et de le comparer à celui qui porte l'information de la forme de l'objet (8).

Pour l'acquisition par contact ondulatoire, certains prérequis sont nécessaires :

- Un émetteur de lumière : la lumière peut alors se présenter sous différentes « formes ».



*Figure 5 : les différentes sources de lumière.*

Les ampoules électriques (lumière artificielle) ou les sources naturelles comme le soleil ou les étoiles émettent une lumière « blanche ». La lumière blanche visible est composée de plusieurs radiations colorées : elle est polychromatique, ce qui signifie qu'elle comporte plusieurs longueurs d'onde ; et non cohérente : les ondes lumineuses transportées ne sont pas en « phase ». En revanche, la lumière émise par un laser est naturellement monochromatique et cohérente (8).

- Un récepteur associé à un convertisseur permettant de traduire l'information optique en information numérique.
- Un système de traitement d'informations de l'image (le capteur CCD par exemple).

Selon le type de caméra, la méthode d'acquisition n'est pas la même.

On retrouve aujourd'hui 2 types principaux de technologies :

- La triangulation

Il existe plusieurs méthodes de triangulation :

- ✓ avec projection de lumière ponctuelle et linéaire ou avec projection de franges de lumière...
- ✓ La stéréophotogrammétrie
- L'imagerie confocale parallèle.



### 1.2.2.1.1 La triangulation.

Abordée par Descartes en 1644, on parle de triangulation car l'émetteur, le récepteur et le point formé par la lumière sur la surface à enregistrer forment un triangle.

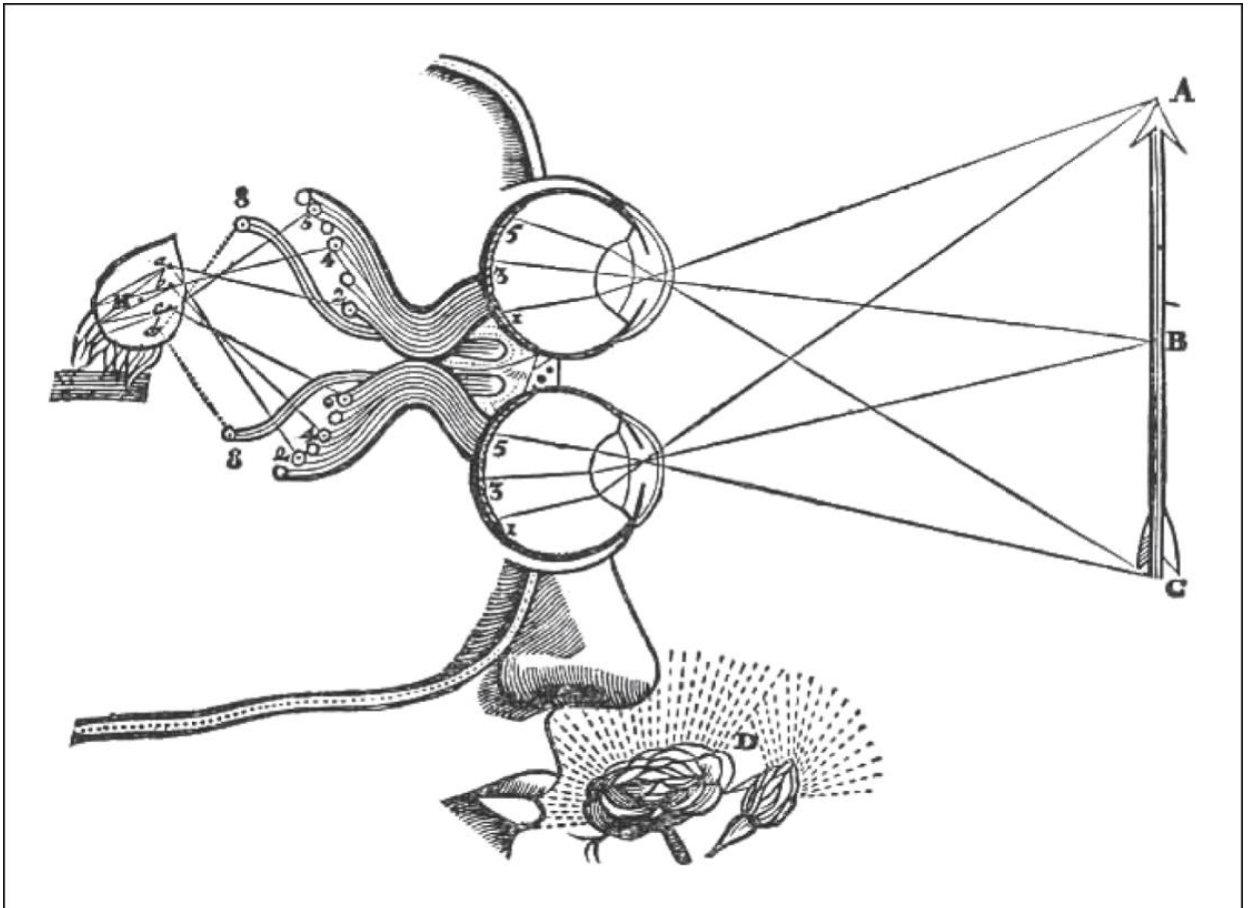


Figure 6 : la vision binoculaire dans la Dioptrique de René Descartes (9)

L'image tridimensionnelle va être reproduite grâce à l'assemblage des triangles formés.

#### 1.2.2.1.1.1 Méthode par projection de rayons lumineux.

L'émetteur va envoyer une onde lumineuse pouvant être un point, ou ligne ou un masque. Après son interaction avec l'objet, cette onde va être réfléchie vers un récepteur, qui va alors enregistrer la déformation de l'onde réfléchie par rapport à l'onde de départ.

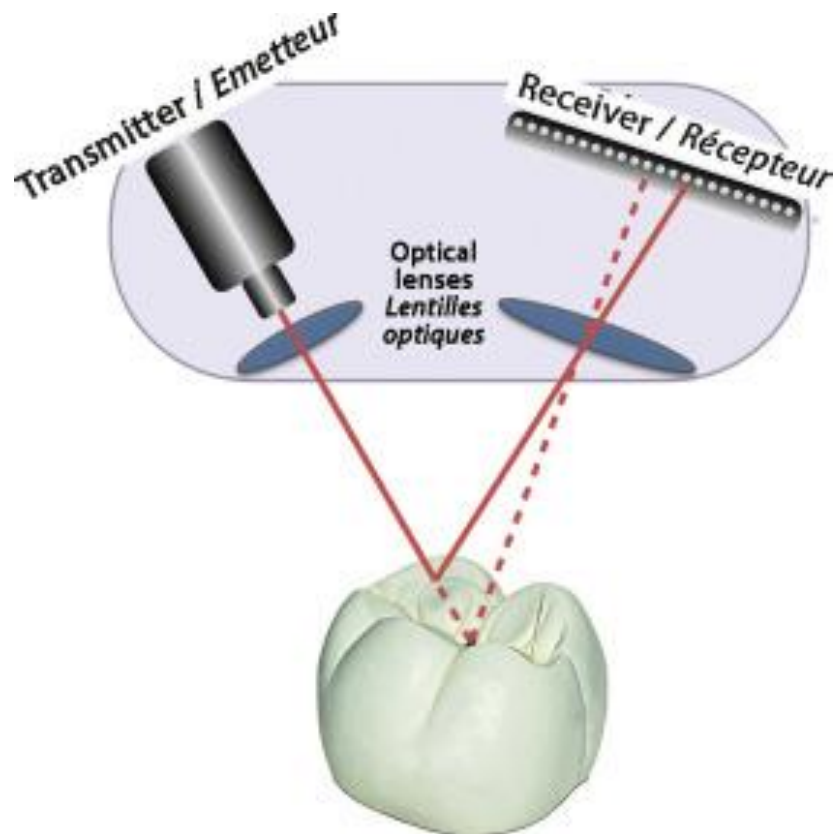


Figure 7 : Principe de la triangulation (10).

#### 1.2.2.1.1.2 Méthode stéréoscopique ou stéréophotogrammétrie.

Elle nécessite un éclairage par une source de lumière blanche ou laser ainsi que l'usage de deux caméras. Les caméras, positionnées différemment dans l'espace vont venir capter différentes vues de la surface à scanner. Grâce aux deux perspectives captées, l'objet va être reconstitué en 3D, mais de façon beaucoup plus complexe que pour les autres méthodes de triangulation.

Cependant, la simplicité de ses composants permet au système un faible coût de fabrication et une réduction de son poids.

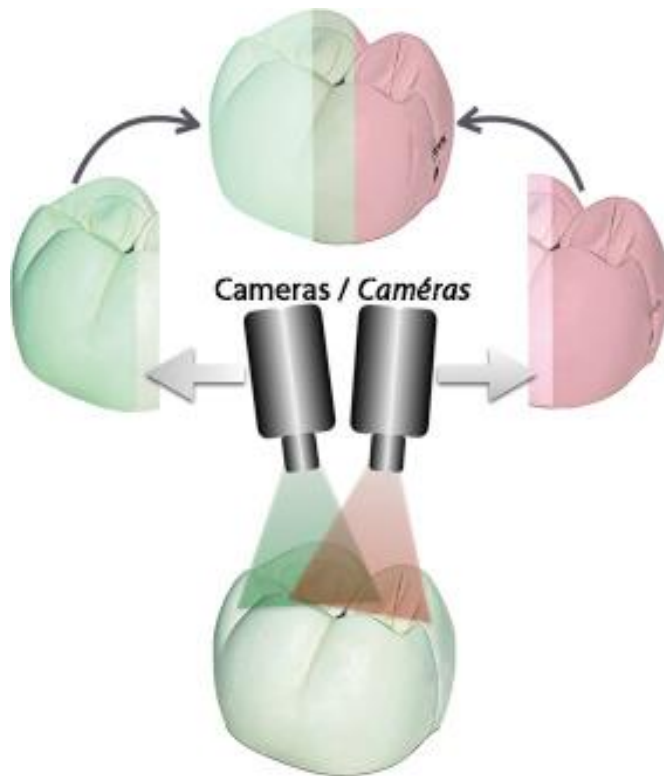


Figure 8: système stéréophotogrammétrique (10).

#### 1.2.2.1.1.2 L'imagerie confocale parallèle.

Cette technique repose sur les principes de la microscopie confocale décrite par Marvin Minsky en 1953.

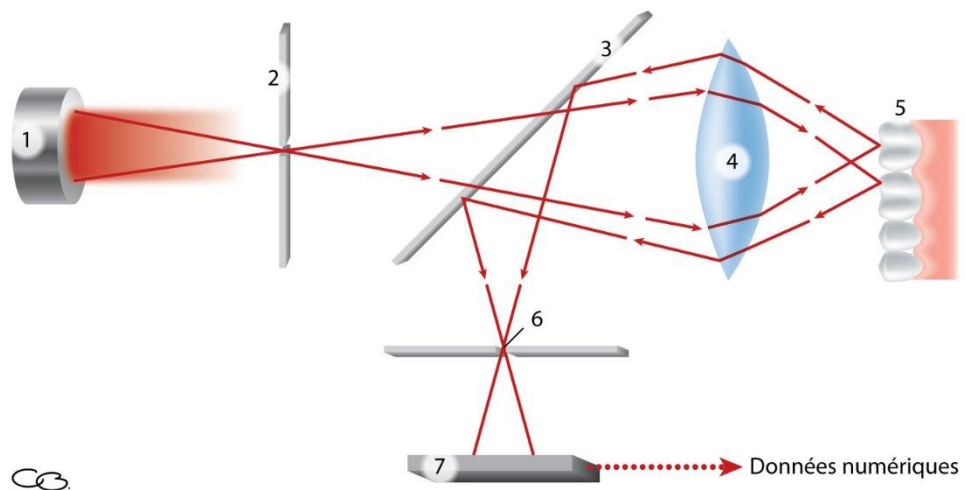


Figure 9 : Schéma de principe de l'imagerie confocale parallèle d'après Minsky (9).

Dans la figure 9, la source lumineuse, un laser [1], est filtrée par un premier sténopé [2], trou de très faible diamètre. Ensuite elle passe par un miroir semi-transparent [3] puis à travers la lentille confocale [4]. La lumière est ensuite réfléchié par l'objet [5]

vers le miroir [3] qui redirige lui les rayons vers le second sténopé [6]. Le reste des rayons filtrés est recueilli par un capteur [7].

#### **1.2.2.1.2 Equipements.**

Ainsi les éléments d'acquisition, pour l'empreinte optique, correspondent aux solutions technologiques telles que la caméra, le scanner permettant l'acquisition intra orale (en bouche) ou extra orale (sur modèle en plâtre) des tissus dentaires et leur numérisation.

Puis pour permettre le traitement des données recueillies, des programmes informatiques sont associés à ces dispositifs.

#### **1.2.2.2 CAO.**

La Conception Assistée par Ordinateur correspond à l'enregistrement des données de l'empreinte, à la numérisation et à l'élaboration d'un projet prothétique virtuel (5).

#### **1.2.2.3 Les logiciels de FAO.**

Il s'agit de logiciels permettant la Fabrication Assistée par Ordinateur, ce sont des modules informatiques permettant de réaliser un usinage virtuel de la restauration et d'engendrer un programme pour la commande de la machine-outil.

#### **1.2.2.4 Equipement de production.**

C'est ce que l'on appelle la machine d'usinage à commande numérique. On en distingue trois :

- Celle conçue pour le cabinet,
- Celle pour les laboratoires de prothèse,
- Et celle dédiée à l'industrie de haute productivité (7).



*Figure 10 : exemple de l'usineuse CEREC MC XL de Sirona, pour un usage au cabinet ou en laboratoire de prothèse.*



*Figure 11 : exemple d'usineuse pour les centres de haute productivité.*

La fabrication peut se faire de différentes façons : la stéréolithographie, par usinage ou par une autre technique de prototypage rapide.

### **1.2.3 Le flux numérique (11).**

Il correspond à l'ensemble des données numériques manipulées, traitées et échangées dans la chaîne numérique de CFAO.

En CFAO, le flux numérique démarre dès l'acquisition numérique de la denture préparée, se poursuit par les différents traitements numériques dans les maillons de CAO et de FAO et s'achève par l'usinage de la pièce prothétique.

#### **1.2.3.1 Ouverture / fermeture de la chaîne numérique.**

Elle concerne l'accessibilité aux données de chaque maillon numérique. Même si depuis 2013, il n'existe plus de système de CFAO réellement fermés, il est nécessaire de savoir ce que signifie « systèmes ouverts et fermés »

Les systèmes ouverts permettent l'utilisation de différents systèmes de numérisation et de conception sans en limiter l'accès à l'un ou l'autre (12).

Un praticien peut alors acheter un outil de numérisation d'un fabricant X, utiliser le logiciel d'un fabricant Y, et la machine FAO d'un fabricant Z.

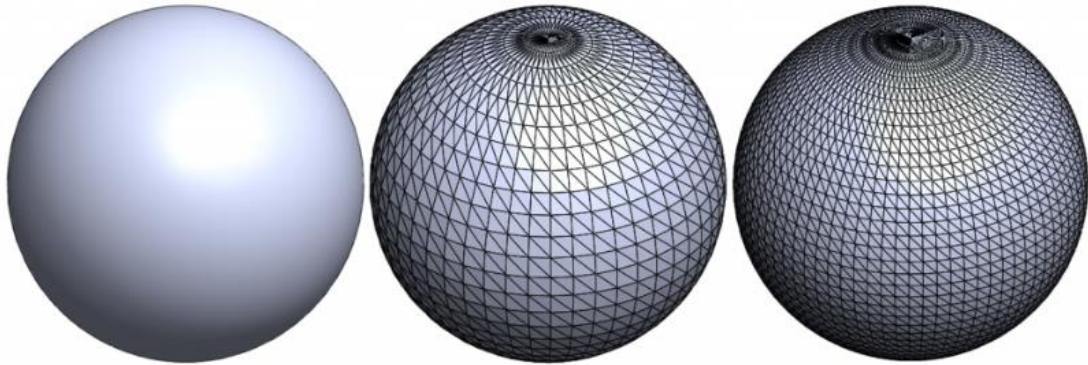
Quant aux systèmes fermés ils n'offrent aucune interopérabilité, et obligent le praticien à s'engager auprès d'un seul fabricant.

Les systèmes ouverts apportent les avantages suivants :

- Choix de l'équipement adapté selon les besoins et le budget
- Possibilité et facilité d'innovation : pour les systèmes fermés il n'existe pas de possibilité d'innovation ou de personnalisation.
- Gamme large de machines disponibles
- Possibilité d'acheter les propres matériaux et outils (13).

Le format « .stl » du fichier numérique utilisé par les systèmes ouverts signifie « Standard Triangle Language ». C'est le format le plus couramment utilisé dans l'impression 3D. Ce format se base sur une série de triangles liés les uns aux autres et visant à recréer de façon la plus précise possible la géométrie de la surface d'un modèle solide.

Ainsi pour un modèle « basique », la surface va être représentée à l'aide de quelques triangles (figure12). Pour des modèles de haute résolution, plusieurs triangles à l'intérieur d'un même triangle permettront de recréer la surface de l'objet. Plus le nombre de triangles composant la surface est grand plus la taille du fichier et la qualité de l'objet seront importants.



*Figure 12: représentation de sphère au format STL (14).*

L'avantage du format « .stl » est qu'il peut être lu et exploité par un grand nombre de systèmes de CFAO dentaire. Ainsi le praticien peut aisément transférer son fichier au prothésiste travaillant avec des fichiers numériques et pas seulement à ceux équipés des systèmes intégrés.

## **1.2.4 Les différents systèmes de CFAO.**

Il existe sur le marché trois types de chaînes de production (figure 14) :

- CFAO directe
- CFAO semi-directe
- CFAO indirecte

### ***1.2.4.1 La CFAO directe.***

L'ensemble des maillons de la chaîne numérique est présent au cabinet, de l'acquisition à la production en passant par les logiciels de CAO et de FAO.

### ***1.2.4.2 La CFAO semi-directe.***

Seule la numérisation, premier maillon de la chaîne est implantée au cabinet. Les trois autres maillons sont installés au laboratoire de prothèse.

### ***1.2.4.3 La CFAO indirecte.***

Contrairement à la CFAO directe, l'ensemble de la chaîne est situé au laboratoire de prothèse. Dans ce cas, le praticien réalise au cabinet une empreinte dite « conventionnelle », c'est-à-dire sans moyen numérique. Cette empreinte est alors envoyée au laboratoire de prothèse où elle est soit directement numérisée soit coulée pour ensuite numériser le modèle en plâtre. Pour les autres maillons de la chaîne cela reste sensiblement identique à la réalisation en technique directe et semi-directe, c'est-à-dire : logiciel de CAO puis FAO et pour finir la production de la pièce.

Pour assurer les tâches de FAO et d'usinage, le laboratoire peut aussi faire appel à des centres de production, selon les limitations liées à sa machine d'usinage (7).



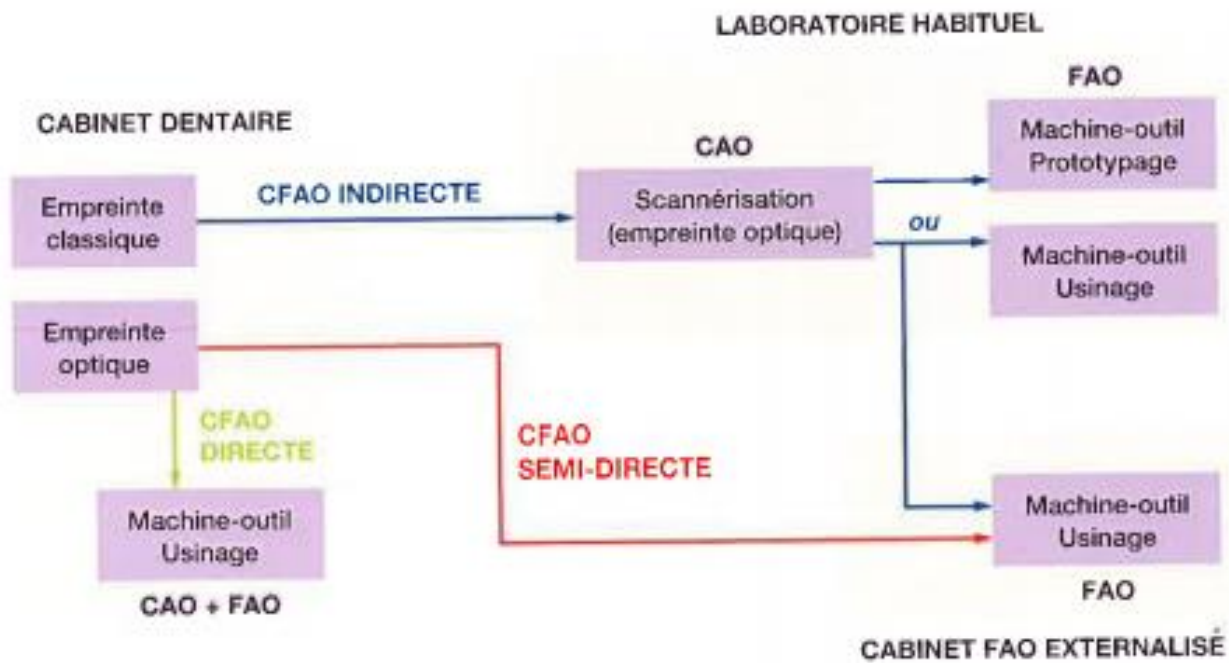


Figure 13 : Les trois types de CFAO dentaires (5).

## 1.2 L’empreinte optique au quotidien.

### 1.3.1 Avantages de l’empreinte optique.

La dentisterie a certes énormément évolué depuis plusieurs années, elle reste tout de même une source d’angoisse pour un grand nombre de patients. Il était donc nécessaire d’apporter des solutions pour faciliter « l’épreuve » de la prise d’empreinte, anxiogène pour le patient mais aussi parfois pour le praticien.

En effet, chaque prise d’empreinte est différente pour le praticien, et la préparation de celle-ci lui demande un véritable travail de réflexion : choix du porte empreinte : selon la forme de l’arcade, selon le type d’empreinte, choix du matériau selon ce que l’on souhaite enregistrer, choix de la technique, mais elle nécessite aussi un travail de préparation du patient qui s’apprête à recevoir un « corps étranger » en bouche.

#### Pour le patient :

- La procédure d’acquisition par scannage évite au patient d’avoir en bouche les matériaux, responsables régulièrement de réflexes nauséux.
- La communication avec le patient est facilitée par le biais de l’écran sur lequel le praticien peut retoucher, intervenir sur le futur plan de traitement. Il visualise mieux le travail effectué par le praticien, il devient acteur du soin et s’implique alors davantage.
- Pour les enfants, la caméra est perçue comme un jouet, ils deviennent alors plus compliants et plus confiants au fauteuil.

#### Pour le praticien : (5)

- L’empreinte optique représente un gain de temps considérable.
  - ✓ Il n’est pas nécessaire d’attendre la prise du matériau d’empreinte en bouche.
  - ✓ Lorsque la CFAO est de type directe, c’est-à-dire que tout se fait au cabinet sans étape de laboratoire, la prothèse peut être posée

le jour même de la prise d'empreinte, ce qui évite au patient de passer par l'étape de provisoire et de revenir ultérieurement pour la pose définitive de la prothèse comme lors d'un protocole « classique ».

- ✓ Il n'est plus nécessaire pour l'assistante de gérer les empreintes, elle peut alors se consacrer d'avantage à d'autres tâches, elle devient plus performante, ce qui augmente le rendement au cabinet.
  - ✓ Contrairement à l'empreinte classique, si l'EO contient des erreurs, il n'est pas nécessaire de tout recommencer depuis le début, un simple retour sur la zone erronée suffit.
- 
- L'EO est aujourd'hui, en comparaison, avec les systèmes d'empreintes classiques, la plus précise (15 à 30  $\mu$ m). En effet, elle ne nécessite pas la manipulation de matériaux, la coulée ... qui potentialise le risque de déformations de l'élément enregistré. Il y a moins de rejet de l'empreinte.
  - L'EO est ergonomique, l'acquisition des données en bouche est courte, ce qui diminue le stress pour le praticien. Il peut aussi réaliser l'empreinte seul, tout en bénéficiant d'un confort au fauteuil. De plus, le risque infectieux existant pour les empreintes classiques est supprimé.
  - L'EO est inaltérable : son format numérique permet au fichier d'être transféré au prothésiste, sans risque d'abimer les données enregistrées.
  - Contrairement aux modèles en plâtre, le stockage et l'archivage des empreintes numériques est beaucoup plus facile. En cas de litige, les scans sont archivés et disponibles pendant la durée légale nécessaire (30 ans).
  - Le praticien peut se baser sur les scans pour argumenter son plan de traitement, ses devis et faciliter ainsi la prise de décision du patient.
  - Pour le cabinet, le système de CFAO est une valeur ajoutée, elle permet de se démarquer des autres cabinets dans une période où les centres de soins se multiplient.

### Pour le praticien et son prothésiste :

- Le risque de contamination, d'infection suite à l'empreinte « classique » n'existe plus dans le cas de l'empreinte numérique.
- La qualité de l'empreinte numérique et sa précision facilite le travail du prothésiste pour qui, par exemple, la détermination des limites n'est pas toujours évidente. Et si le prothésiste préfère, la réalisation d'un modèle en plâtre est toujours possible. De plus, avec l'essor du numérique, la communication et la transmission des données sur internet est facilitée.

### Pour l'environnement :

L'EO évite la production de déchets de par l'élimination des consommables nécessaires pour les empreintes classiques.

Le transport des empreintes par coursier est supprimé lui aussi, ce qui élimine la pollution environnementale. La suppression de tous ces facteurs permet aussi un gain financier à la fois pour le laboratoire mais aussi pour le praticien.

### **1.3.2 Inconvénients de l'empreinte optique (5).**

- L'EO s'adresse à des praticiens aguerris maîtrisant parfaitement les techniques de prothèse fixée classique. En effet, il est nécessaire d'avoir un accès aux limites impeccable, que l'empreinte nécessite un poudrage ou non, ce qui signifie que le praticien doit maîtriser la mise en condition tissulaire et l'accès aux limites cervicales : (15).
  - ✓ Mise en conditions tissulaire : préparation gingivale, mise en place d'une couronne provisoire en attendant la pose de la couronne définitive.
  - ✓ Techniques d'accès par déflexion (cordonnets simples ou doubles avec ou sans solution astringente, mise en place d'un matériau visqueux) ou par éviction (curetage rotatif ou électrochirurgie).



Figure 14 : L'Expasyll® de Pierre Roland™.



Figure 15 : Cordonnets Ultrapak® de chez Ultradent™.

- Certains fabricants produisent des systèmes « fermés ». Toutes les étapes de la chaîne se font avec les produits du même fabricant, de ce fait c'est un véritable engrenage, notamment financier, pour le praticien.

Mais de plus en plus les systèmes comme iTero® sont « ouverts ». Le fichier numérique, au format « .stl » laisse alors le libre choix au praticien du prothésiste et des techniques de réalisation.

Lors du choix du système de CFAO, il est nécessaire de s'attarder sur le type de format du dispositif pour ne pas avoir de mauvaise surprise.

- Mais qu'il soit « ouvert » ou « fermé », l'acquisition d'un système d'empreinte numérique reste un véritable investissement.
- Même si l'EO présente beaucoup d'avantages elle demande au praticien d'assumer le rôle de prothésiste virtuel. En effet le praticien doit effectuer un certain nombre de réglages du logiciel avant que l'exploitation du fichier soit possible.

En CFAO directe, le praticien se doit de maquiller les céramiques fraîchement usinées car la qualité esthétique peut être insuffisante après usinage. Certes les délais de conception sont raccourcis, mais le praticien doit savoir maîtriser les techniques de maquillage des céramiques pour que le résultat soit optimal.

- Enfin, tout praticien désirant investir dans un système d'EO doit être conscient que la CFAO est en constante évolution, ce qui peut être un avantage peut vite devenir un inconvénient.

## 2 iTero® Element™.

### 2.1 Du système iTero® 1 de Cadent™ (5)...

C'est en 2007 que le premier système iTero est lancé aux Etats Unis par la Société Cadent, puis 3 ans plus tard il arrive en Europe grâce à la société Straumann™.



Figure 16 : Le système iTero® 1, composé du poste de travail et de la caméra intra buccale (photo Straumann™).

#### 2.1.1 Description de la caméra.

Les deux premières générations se présentent sous forme d'un kart à roulettes muni d'un écran, clavier et d'une souris. A l'intérieur du kart on retrouve l'ordinateur ainsi que le compresseur qui alimente le système antibuée en air chaud.

La prise de vue se fait grâce à la pédale sans fil, image par image. Le système iTero® permet au praticien un libre choix dans la FAO, en effet, il s'agit d'un système ouvert, il ne possède aucune machine-outil (usineuse) spécifiquement dédiée.

#### 2.1.2 Acquisition des données.

L'enregistrement des arcades dentaires se fait par prises de vues successives commandées par l'ordinateur, durant 4 à 9 min. Contrairement à d'autres systèmes, l'acquisition des données ne nécessite pas de poudrage. Pour enregistrer la RIM, un enregistrement vestibulaire des arcades en occlusion est nécessaire.

### **2.1.3 Contrôle et exploitation des fichiers.**

Tout d'abord, le fichier d'environ 100 Mo est envoyé par Internet au « centre de nettoyage des modèles iTero® » en Israël où il sera analysé et « nettoyé », c'est-à-dire que tous les artefacts liés à la prise d'empreinte ainsi que les éventuelles erreurs de corrélations seront supprimés (16). Il est ensuite conduit vers un des centres de production des modèles, centres dirigés par la firme Straumann™.

Dans ces centres les modèles positifs usinés vont être fabriqués.

Pour la confection de la prothèse deux choix s'offrent alors au praticien : la production dans son laboratoire de prothèse si celui-ci est équipé ou la réalisation des armatures au centre de production puis l'envoi au laboratoire pour finir le travail.

## **2.2 ... au système iTero® Element™.**

Aujourd'hui, force est de constater que le nombre de caméras optiques présentes sur le marché ne fait qu'augmenter. La technologie est en constante évolution, c'est pour cela que les industries doivent régulièrement revoir et mettre à jour leur système en fonction de la demande.

Présenté lors de la 36<sup>ème</sup> édition de l'IDS (International Dental Show), iTero® Element™ est la troisième génération d'iTero, actuellement commercialisée par Align Technology (qui a racheté la société Cadent en 2011).

### **2.2.1 Généralités.**

Le système a sensiblement changé et est disponible en 2 options :

- fixe destinée à être posée sur le plan de travail : un écran tactile de 19 pouces sur le côté duquel se trouve le porte instrument pour la pièce à main
- mobile : sous forme de kart à roulettes.

Contrairement aux anciennes versions, le design est très épuré, il n'y a plus de pédales de commande, ni de clavier ou de souris, l'écran est à présent tactile.

L'unité centrale possède son propre système d'exploitation, ce qui lui permet de pouvoir stocker et gérer des fichiers 3D très lourds.





Figure 17 : les nouvelles versions du système iTero® (17).

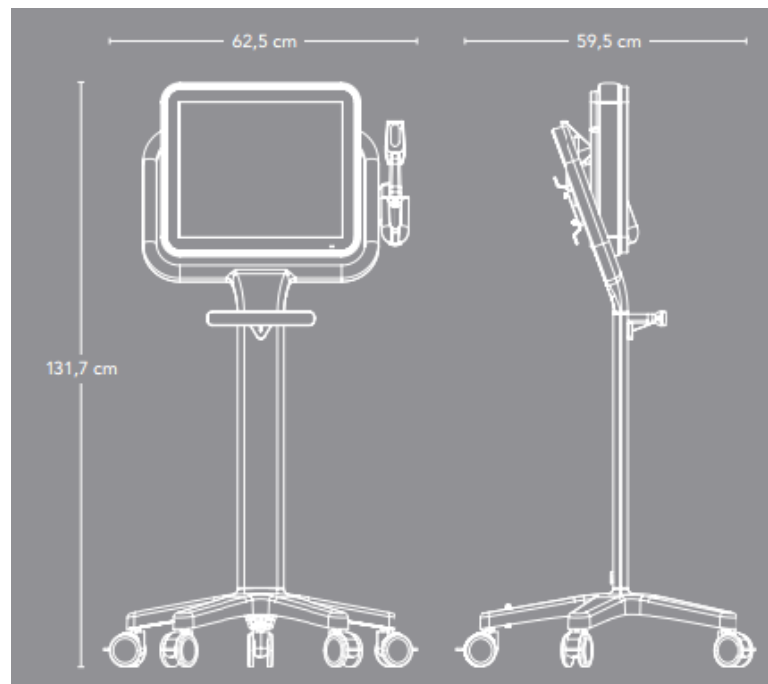
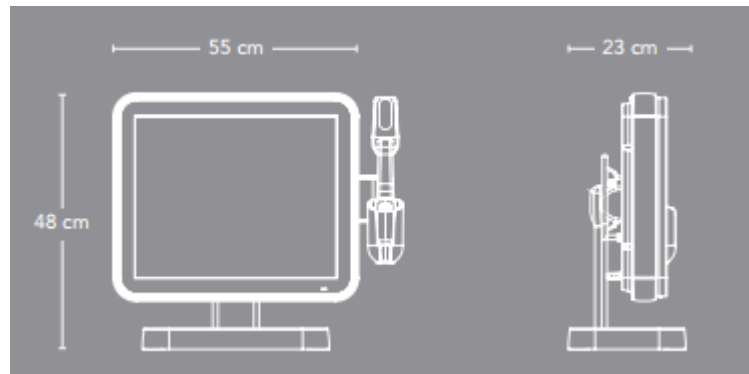


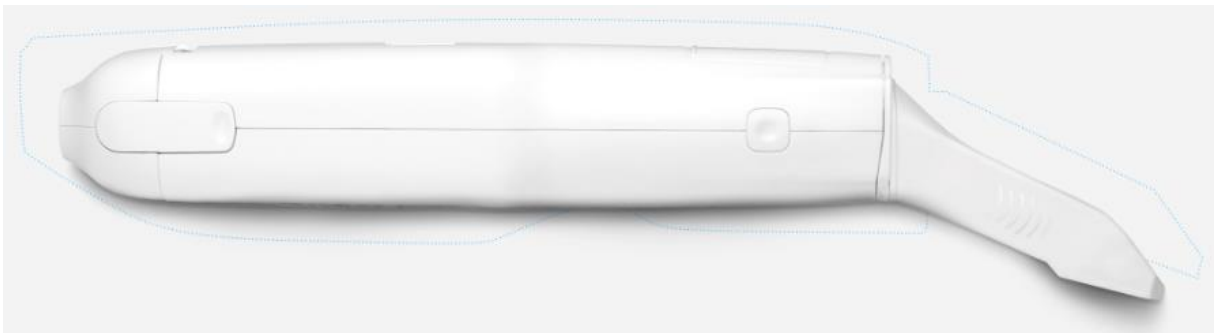
Figure 18 : dimensions de la nouvelle version (18).



*Figure 19 : dimensions de la nouvelle version, à poser sur le plan de travail (18).*

Quant à la caméra, elle aussi a beaucoup changé, de par sa taille qui a été réduite de 40% par rapport à la précédente version, mais aussi de par son poids : 500g (600g auparavant). La connexion à l'unité centrale se fait par un port USB.

La prise en main est assez instinctive, un cordon d'1.75 mètre relie unité informatique et pièce à main qui se tient comme « un presse purée ». La caméra peut paraître assez imposante en bouche, mais elle permet d'écarter au maximum les joues et la langue, sans pour autant être trop encombrante.



*Figure 20 : caméra du système iTero® Element™ (17).*

Comme pour les versions précédentes, l'embout protégeant la caméra est jetable, idéalement après chaque utilisation.

Son coût est de 3 € l'unité, ce qui est assez conséquent. Une stérilisation à froid peut être envisagée, mais il y a un risque de rétrécissement de l'embout, avec des conséquences néfastes lors de la prise d'empreinte telle qu'une acquisition beaucoup plus lente lors de la prise d'empreinte. Le changement se situe au niveau de l'aspect de l'embout, précédemment il était rigide alors que maintenant il est souple.

Pour optimiser la prise d'empreinte, un système de désembuage, sorte de pompe à chaleur, permet d'éliminer la buée de l'objectif instantanément sans avoir besoin d'air ou de réchauffement prolongé.

Le système possède deux versions :

- Une réservée à la dentisterie restauratrice : prothétique et implantaire, qui est assez récente.
- Une seconde pour la pratique de l'orthodontie, notamment pour les cas Invisalign®.

### 2.2.2 Méthode d'acquisition : la parallèle confocale.

Elle est de plus en plus utilisée dans le domaine de la médecine et notamment pour la recherche biomédicale. En effet sa très faible profondeur de champ (environ 400nm) lui permet de sectionner un échantillon en tranches optiques de très bonne qualité sans traitement ultérieur : c'est le « sectionnement optique ».

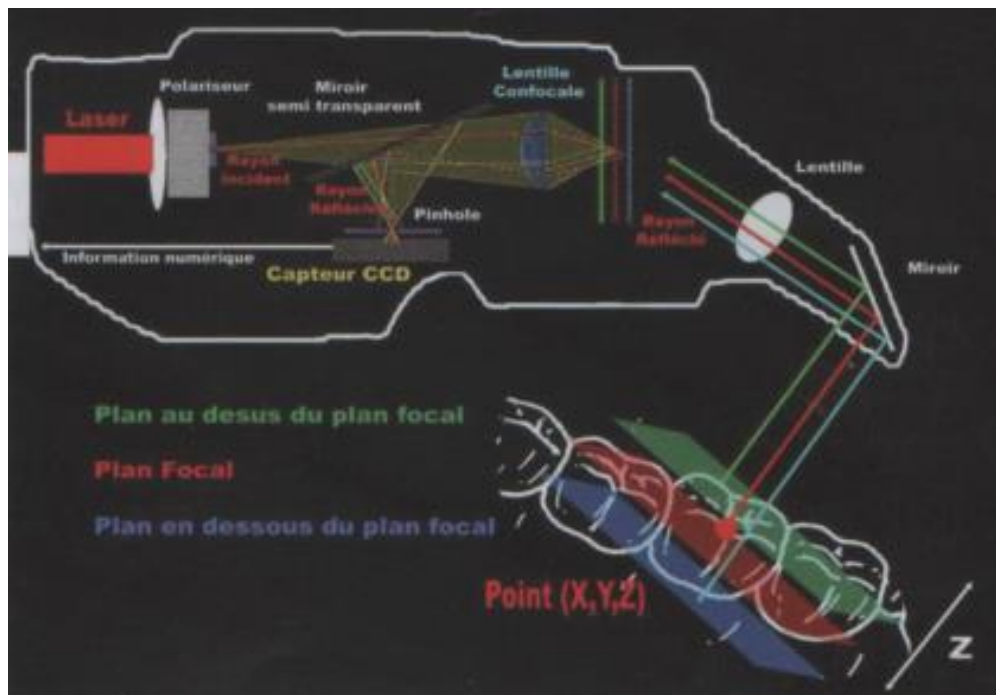


Figure 21 : Fonctionnement du système iTero® (19).

L'intérêt majeur est que les sténopés vont permettre d'éliminer la lumière réfléchie se trouvant en dehors du plan focal. Le fait de déplacer progressivement la pièce à main va permettre de « découper » l'objet scanné en milliers de tranches qui seront

assemblées informatiquement pour créer l'image 3D de l'objet scanné.  
Ce système de reconstruction est appelé « point-and-stitch reconstruction ».

De plus, faisceaux incidents et réfléchis sont colinéaires et ont une trajectoire linéaire, ce qui permet d'augmenter la profondeur de champ : les images sont alors plus nettes, d'une résolution supérieure aux empreintes classiques, de mesurer des grands angles (jusqu'à 85°) et des cavités ou reliefs profonds.

### **2.2.3 Le scannage.**

#### **2.2.3.1 Généralités sur le scannage.**

C'est un argument souvent utilisé pour le passage à l'empreinte optique. En effet, comparé aux empreintes traditionnelles, le temps nécessaire à l'acquisition de l'empreinte est considérablement réduit pour les systèmes d'empreintes optiques intraoraux.

La numérisation des volumes bucco dentaires peut se faire image par image ou de façon continue « à la volée » en « *motion capture* ».

Pour le système iTero® Element™, l'enregistrement des arcades se fait automatiquement en continu, contrairement aux précédentes versions où il était possible de choisir le mode d'acquisition. La caméra survole le secteur à enregistrer et les surfaces apparaissent progressivement, le praticien peut donc apprécier en temps réel l'acquisition et revenir en arrière s'il existe des manques.

La vitesse de scan est 20 fois plus rapide que pour le dernier système iTero®. Un temps de 3 minutes, pour le scan des arcades et la prise d'occlusion pour un modèle « basique », est annoncé par la représentante du système. Pour un scan rigoureux, compter 5 à 7 minutes. Mais ce temps est celui d'un praticien aguerri. En effet, il faut compter 10 à 15 minutes au départ. Le temps d'enregistrement s'améliore avec le temps. Il est donc nécessaire d'être conscient de ce temps d'apprentissage et ne surtout pas chercher la rapidité.

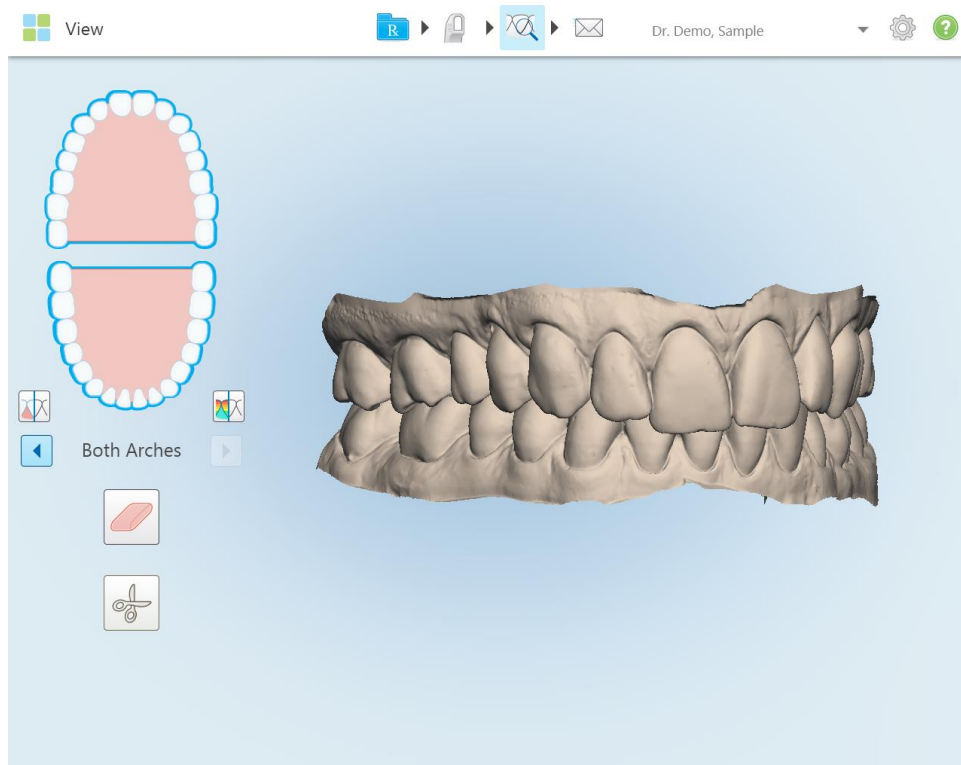


Figure 22 : Capture d'écran du logiciel.

Le mode gyroscopique permet une rotation du modèle virtuel dans tous les sens pour apprécier le modèle sous tous les angles.

### **2.2.3.2 Déroulement du scannage.**

Pour le système iTero® Element™, la séquence de travail sera quasiment toujours la même.

Il conviendra au praticien de se placer derrière le patient en regardant le plus possible l'écran, de placer la caméra couchée sur la dernière molaire ou légèrement surélevée. La caméra sera déplacée d'une molaire vers la controlatérale en prenant le temps de scanner toutes les surfaces occlusales, ensuite le scan sera effectué en lingual. Puis il faudra scanner la demi-arcade en vestibulaire, en partant de la dernière molaire et faire le même geste pour la demi-arcade restante. L'antagoniste sera scanné de la même façon, puis un scan de l'occlusion sera effectué pour enregistrer la relation inter maxillaire.

Pour l'enregistrement de la RIM, la caméra sera placée au niveau du secteur prémolaires-canine et un mouvement de « zig-zag » sera effectué de la canine vers

les incisives, de bas en haut. En cas de problème fonctionnel ou de béance il conviendra d'enregistrer les deux côtés, sinon un seul suffira.



*Figure 23 : séquence de scannage avec iTero® Element™ (20).*

Selon le type de cas : ODF, restauration (prothèse, implant) ou moulage d'étude, le scan va automatiquement combler les espaces survolés, mal enregistrés, ou au contraire « pointer » les espaces où la machine ne peut se permettre de combler les espaces.

Par respect de la confidentialité, le poste de travail se verrouille en 30 secondes, ce qui permet de préserver l'anonymat du patient.

#### **2.2.4 Le poudrage.**

Le système Itero® Element™ a été conçu pour fonctionner sans poudrage.

Cependant, il reste un critère essentiel dans le choix d'un système de CFAO.

Il se fait avec du dioxyde de titane micronisé pulvérisé sur les tissus secs, ce qui leur donnent un aspect blanc mat nécessaire à la bonne lecture et à l'enregistrement des volumes. (21)

Le poudrage est une technique encore utilisée pour de nombreux systèmes de CFAO comme CEREC BlueCam (Sirona) ou True Définition Scanner (3M Espe).



*Figure 24 : Optispray de Sirona (22).*

Certes, il s'agit d'une technologie qui a fait ses preuves et peu onéreuse, mais il est nécessaire de savoir l'utiliser car c'est une étape délicate. En effet, la poudre va venir se déposer sur les surfaces à enregistrer et va de ce fait modifier leur volume. D'où l'importance de savoir gérer l'épaisseur de poudre à déposer.

En effet, si l'épaisseur est équivalente et uniforme, il suffira de régler les paramètres du logiciel pour compenser cette légère surépaisseur.

Au contraire si l'épaisseur est trop variable l'empreinte ne sera pas bonne et la pièce prothétique peu adaptée. Il convient alors de rincer abondamment la poudre, de sécher et de recommencer le poudrage.

Au contraire si l'épaisseur de poudre est trop faible, la caméra 3D sera dans l'incapacité d'enregistrer les surfaces, et l'empreinte sera inexploitable (23).

Ainsi, plus les surfaces à enregistrer seront de grande étendue, plus il sera difficile de poudrer de façon uniforme.

De même, pour un poudrage optimal, il est nécessaire d'être à l'abri de tous les fluides buccaux, ainsi il sera nécessaire de mettre en place des accessoires de déflexion des tissus mous (lèvres et langue).

Le poudrage et surtout l'apprentissage de celui-ci constitue un frein pour de nombreux praticiens. Pour une activité se limitant à des prothèses unitaires, le choix d'un système avec poudrage sera suffisant mais dès lors que des prothèses implantoportées ou plurales seront envisagées il sera plus prudent d'utiliser un système sans poudrage, de même, si les sites à enregistrer sont des sites chirurgicaux le poudrage sera proscrit.

### **2.2.5 Précision et résolution.**

Pour une empreinte classique et pour le micropalpage, la précision est de 20 à 50 microns (16) alors que pour l'empreinte optique on peut descendre en dessous de 5 microns. Cependant, le fait de devoir assembler un grand nombre de coupes tomographiques, pour avoir un seul objet sous toutes ses faces, diminuent la précision, et on se retrouve avec une précision d'environ 20  $\mu\text{m}$ .

Et c'est d'ailleurs le problème pour les prises d'empreinte de grande ampleur. D'où l'importance de prendre son temps lors du scan.

La résolution est quant à elle « la plus petite valeur absolue pouvant être distinguée ou identifiée par un système de mesure ou un dispositif quelconque » (24).

« La résolution est au numérique ce que le grain est à l'argentique » (25). Pour le système iTero® Element™, l'association de la microscopie parallèle confocale et des 8000 images par seconde permet une forte résolution.

Pour les prises d'empreintes pour les moulages ou appareils fonctionnels (ODF classique), une résolution à 6000 images par seconde sera suffisante. Par contre pour les mouvements linguaux ou le concept Invisalign®, l'empreinte devra être la plus précise possible, avec la plus forte résolution. De même pour l'enregistrement d'empreintes pour la partie restauratrice, 8000 images par seconde seront nécessaires.

La netteté d'une image n'est pas une valeur ponctuelle, elle correspond à une zone plus ou moins étendue, la profondeur de champ. La profondeur de champ va du début à la fin de la zone de netteté du sujet sur lequel est faite la mise au point (26).



Elle est fonction de quatre paramètres : (27)

- La longueur focale de l'objectif (une longue focale présentera une profondeur de champ plus faible qu'une focale courte).
- L'ouverture du diaphragme : plus l'ouverture est réduite plus la profondeur de champ est importante. Ici, comme vu précédemment, le diaphragme ou sténopé est de diamètre très faible.
- La distance du sujet avec l'appareil : plus la distance est réduite plus la profondeur de champ est réduite. Pour iTero® Element™, la profondeur de vision est adaptée à la profondeur moyenne d'une dent soit environ 15 mm.
- Du cercle de confusion de l'œil humain, plus le diamètre est faible plus la profondeur de champ est réduite.

Ici la profondeur de champ est importante, ce qui permet, en cas de rigidité ou de problème fonctionnel d'enregistrer les surfaces dentaires et gingivales sans problème.

### **2.2.6 Modèle en couleur ou monochrome.**

Les images du scannage sont obtenues en couleur, pour une meilleure distinction de la gencive et des tissus dentaires, et en 3D ce qui permet un impact clinique puissant.

Pour les caméras enregistrant en monochrome, le rendu esthétique est souvent séduisant car il existe du coup une homogénéisation de la représentation mais l'absence d'informations colorimétriques peut rendre difficile la représentation des limites cervicales d'une préparation (21).

### **2.2.7 Fichier.**

Le fichier du système Itero® Element™ est un au format .STL ce qui signifie qu'il est totalement ouvert.

Cependant il est nécessaire de rester prudent, même si le fichier est dit « ouvert », il est nécessaire de savoir s'il existe une usineuse préférentielle, en effet selon les fabricants, par exemple, les réductions homothétiques ne sont pas les mêmes, ce qui peut donner de sacrées surprises (28).

Avec la nouvelle version d'iTero® Element™, un usinage en cabinet est possible avec l'usineuse E4D par exemple.

En ce qui concerne la taille du fichier, celle-ci est variable : de 5 à 50 Mo pour les deux arcades complètes et la RIM.

Exemple : pour un fichier contenant un modèle d'étude, la taille est d'environ 32 Mo.

Une fois les empreintes effectuées, le fichier s'enregistre et devient disponible, même à distance, grâce à un serveur décentralisé : le praticien peut alors accéder à ses fichiers depuis son espace personnel.

En ce qui concerne l'exploitation du fichier, le fichier « voyage » moins que dans la version précédente, c'est-à-dire qu'il est envoyé au Costa Rica pour enlever les bruits, dépolluer l'empreinte, puis ensuite il pourra être envoyé directement au laboratoire de prothèse avec lequel travaille le praticien.

Pour pouvoir exploiter le fichier au format .STL, le laboratoire doit être équipé de la work station ou d'un logiciel compatible avec le système iTero®.

D'ici 2017, les concepteurs espèrent ne plus avoir à passer par cette « station de nettoyage du fichier », le fichier serait envoyé directement au laboratoire.

### **2.2.8 Domaine d'application de l'empreinte.**

Même si le système iTero® Element™ est étroitement couplé au système Invisalign®, les applications de cette nouvelle caméra sont nombreuses. En effet, avec la nouvelle version, il existe aujourd'hui une partie « restaurative ». Grâce à celle-ci, il est désormais possible pour un omni praticien d'utiliser la caméra à des fins restauratrices, prothétiques et implantaires.

Le champ d'application est large : couronne, bridge, butée d'implant sur mesure, facette, inlay et onlay.

Le choix des matériaux est aussi vaste puisque iTero® fonctionne avec n'importe quel matériau, y compris la porcelaine, la zircone, la PFM (porcelaine en restauration métallique (29)), le composite et l'or.

Pour l'implantologie, il existe environ une vingtaine de systèmes compatibles pour la conception et la fabrication de butées sur mesure notamment : Zimmer, Straumann®, Dentsply Implants Atlantis™, 5Axis Dental...

### **2.2.9 Coût.**

Le coût actuel de la machine s'élève à 33 000 €, avec tous les services et la garantie compris pendant un an.

Cependant il faut savoir que certains problèmes ne sont pas compris dans la garantie, comme par exemple, le bris de la pièce à main. Il est alors nécessaire de l'assurer, sachant que le coût du capteur est compris entre 7000 € et 8000 €.

Pour la formation, elle est gratuite mais s'effectue virtuellement, sur le site de la marque. Elle se fait en 2h, et il est recommandé, au bout de 3 mois de refaire une mise au point avec un des vendeurs.

### **2.2.10 Evolution du système.**

La prochaine évolution du système ne sortira pas avant 5 à 7 ans. L'unité informatique est une véritable machine médicale dont les constructeurs sont très satisfaits pour le moment. Il y a régulièrement des mises à jour au niveau du logiciel, les remarques des praticiens sont prises en compte pour que cette nouvelle version corresponde au mieux aux praticiens.

Cependant il est possible que la pièce à main évolue, en effet dans le cahier des charges elle est la seule susceptible de changer et d'évoluer. Hors l'achat se fait en leasing à transfert de propriété avec la société Align. Il ne sera donc pas possible « d'échanger » nouvelle et ancienne pièce à main.

## 2.2.11 Récapitulatif.

<b>Fabricant</b>	Align Technology
<b>Date de sortie</b>	Mars 2015 pour la version ODF Juillet 2015 pour la version Restaurative
<b>Technologie</b>	Confocale parallèle
<b>Type de scannage</b>	Motion capture
<b>Durée d'acquisition</b>	Pour une personne expérimentée elle peut descendre à 3 minutes
<b>Poudrage</b>	Pas de nécessité de poudrer
<b>Profondeur de champ</b>	Profondeur de vision : 15 mm, adapté à la profondeur moyenne d'une dent
<b>Couleur ou monochrome ? 3D ?</b>	Reconstitution en couleur et en 3D
<b>Fichier : format ? taille ?</b>	Le fichier est au format .STL. Sa taille est très variable selon le type de scan mais en général elle va de 5 à 50Mo.
<b>Domaine d'application</b>	ODF, omnipratique
<b>Systèmes compatibles</b>	Invisalign, SureSmile, Dolphin, Biomet, Straumann
<b>Coût</b>	33 000 €

## 2.3 Comparaison avec d'autres caméras présentes sur le marché (21).

Systèmes	Poudrage	Acquisition	Image : couleur ou monochrome	Présentation du module de prise d'empreinte
<b>3M –ESPE- True Definition Scanner</b>	Oui : blanc	A la volée	Monochrome	Unité mobile à roulettes
<b>3 Shape : Trios</b>	Non	A la volée	Monochrome	Unité mobile à roulettes/module USB
<b>3 Shape : Trios 3</b>	Non	A la volée	Couleur	Unité mobile à roulettes/au fauteuil/module USB
<b>Align Technology : iTero Element</b>	Non	A la volée	Couleur	Unité autonome portable/pied à roulettes en option
<b>Carestream : CS 3600</b>	Non	A la volée	Couleur	Module USB
<b>Dental Wings : DWIO</b>	Oui	A la volée	Monochrome	Unité mobile à roulettes
<b>KaVo / Ormco : Lythos</b>	Non	A la volée	Couleur	Unité autonome portable
<b>MFI Condor</b>	Non	A la volée	Couleur	Module USB/au fauteuil
<b>Planmeca : Planscan</b>	Non	A la volée	Monochrome	Module USB/au fauteuil
<b>Sirona Bluecam</b>	Oui : bleu	Image par image	Monochrome	Unité mobile à roulettes
<b>ZFX : Intrascan</b>	Non	A la volée	Monochrome	Module USB/au fauteuil

Système	Hygiène de la partie intra buccale	Inlay core	Implants	Orthodontie	Possibilité CFAO directe
<b>3M –ESPE- True Definition Scanner</b>	Désinfection par immersion	Non	Oui	Incognito®, Suresmile®	GACG, Lyra
<b>3 Shape : Trios</b>	Embout autoclavable	Oui	Oui	Suresmile®	GACG, Lyra
<b>3 Shape : Trios 3</b>	Embout autoclavable	Oui	Oui	Suresmile®	GACG, Lyra
<b>Align Technology : iTero Element</b>	Gaine à usage unique	Oui	Oui	Incognito®, Invisalign®, Suresmile®	Non
<b>Carestream : CS 3500</b>	Embout autoclavable	Non	Oui	Clear correct®, Suresmile®	CS3000
<b>Dental Wings : DWIO</b>	Désinfection par immersion	Non	Non renseigné	Non	DWLM (prévu en 2016)
<b>KaVo/Ormco : Lythos</b>	Embout à usage unique traité antibuée	Non	Non	AOA Lab	Artica
<b>MFI : Condor</b>	Nettoyable à la lingette + stabilisateur autoclavable	Non	Non	Non	Non
<b>Planmeca : Planscan</b>	Embout autoclavable	Non	Non	Non	Planmill40, Planmill50
<b>Sirona : Bluecam</b>	Nettoyable à la lingette + stabilisateur autoclavable	Non	Oui	Invisalign®	MC, MCX, MCXL, MCXL Premium, MCX5
<b>ZFX : Intrascan</b>	Nettoyage à la lingette	Non	Oui	Non	Non

### **3 Applications de l’empreinte iTero® Element™ aux différents domaines (31).**

#### **3.1 Restauration.**

La possibilité d’utiliser la caméra à des fins restauratrices est la grande nouveauté de cette nouvelle version d’iTero®.

Il est possible de réaliser toutes sortes de restaurations : périphériques (couronne, bridge), mais aussi cavitaires (inlay-core, inlay et onlay).

Le scan se fait avec une résolution de 8000 images par seconde pour avoir une grande précision, ce qui facilite l’enregistrement des limites prothétiques.

Selon la nature et l’étendue de la restauration, le logiciel « décidera » des surfaces à enregistrer (arcade antagoniste entière ou demi-arcade...)

Puis, suite à l’enregistrement, les données seront envoyées au centre iTero® qui va se charger, en six à sept heures, de nettoyer l’image et de la retravailler afin d’obtenir une image optimale qui elle sera envoyée au laboratoire de prothèse avec lequel travaille le praticien.

Pour la prise d’empreinte pour la réalisation d’inlay-core, contrairement à d’autres systèmes, iTero® Element™ ne nécessite pas de tenons pré calibrés (appelés aussi scan post) insérés dans le logement canalaire au moment de l’empreinte. En effet, grâce à sa profondeur de champ d’environ 15mm, la caméra est capable d’enregistrer des cavités anatomiques profondes de 6 à 7mm. Cependant pour les cavités plus profondes, ou les cas plus complexes, cela reste un challenge pour la nouvelle version d’iTero®.



Figure 25 : utilisation de l'iTero® Element™ à des fins restauratrices (30).



## **3.2 Implantologie.**

Dans le domaine implantaire, l’empreinte se fait directement sur la vis de cicatrisation.

L’implant fraîchement posé est recouvert par la vis de cicatrisation. Puis l’empreinte optique est réalisée sur cette vis (qui possède un code barre qui sera reconnu par la caméra), afin d’enregistrer le profil prothétique.

Le fichier est alors envoyé au laboratoire qui analyse l’empreinte et réalise la butée, pilier implantaire personnalisé. Un nouveau scannage, après avoir vérifié l’adaptation et fixé la butée, sera nécessaire pour concevoir la couronne.



Figure 26 : utilisation de l'iTero® Element™ à visée implantaire (30).

En prothèse numérique implantaire il peut être nécessaire d'utiliser (contrairement à l'exemple vu précédemment d'iTero® Element™) :

- un pilier de scannage : qui sera transvissé et dont la connectique sera spécifique au type et au diamètre de l'implant choisi,
- et un capuchon de scannage numérique : le « Scanbody » qui se place lui à l'autre extrémité du pilier de scannage (31).



*Figure 27 : vue vestibulaire du ScanBody (32).*

Ce concept permet une mise en esthétique immédiate puisqu'il est possible, après avoir fait l'empreinte de concevoir en CFAO directe une couronne provisoire adaptée au profil d'émergence qui servira de support à la cicatrisation des tissus mous durant l'ostéointégration.

Cependant, ceci n'est pas encore possible pour le système iTero® Element™ car il ne s'intègre pas dans le procédé de CFAO directe au niveau implantaire.

### 3.3 Orthodontie.

Il est indubitable que la force d'iTero® Element™ est, pour le moment, la version consacrée à l'ODF et notamment au concept Invisalign®.

Pour de simples modèles d'étude, le scan se fera à 6000 images par minute, pour le concept Invisalign® ou les mouvements linguaux, 8000 images par minute seront nécessaire pour avoir une haute précision.

Les socles des modèles virtuels ne sont pas ajoutés directement. Le fichier est d'abord nettoyé de tous les « bruits parasites » puis mis sur socle et renvoyé au cabinet du praticien.

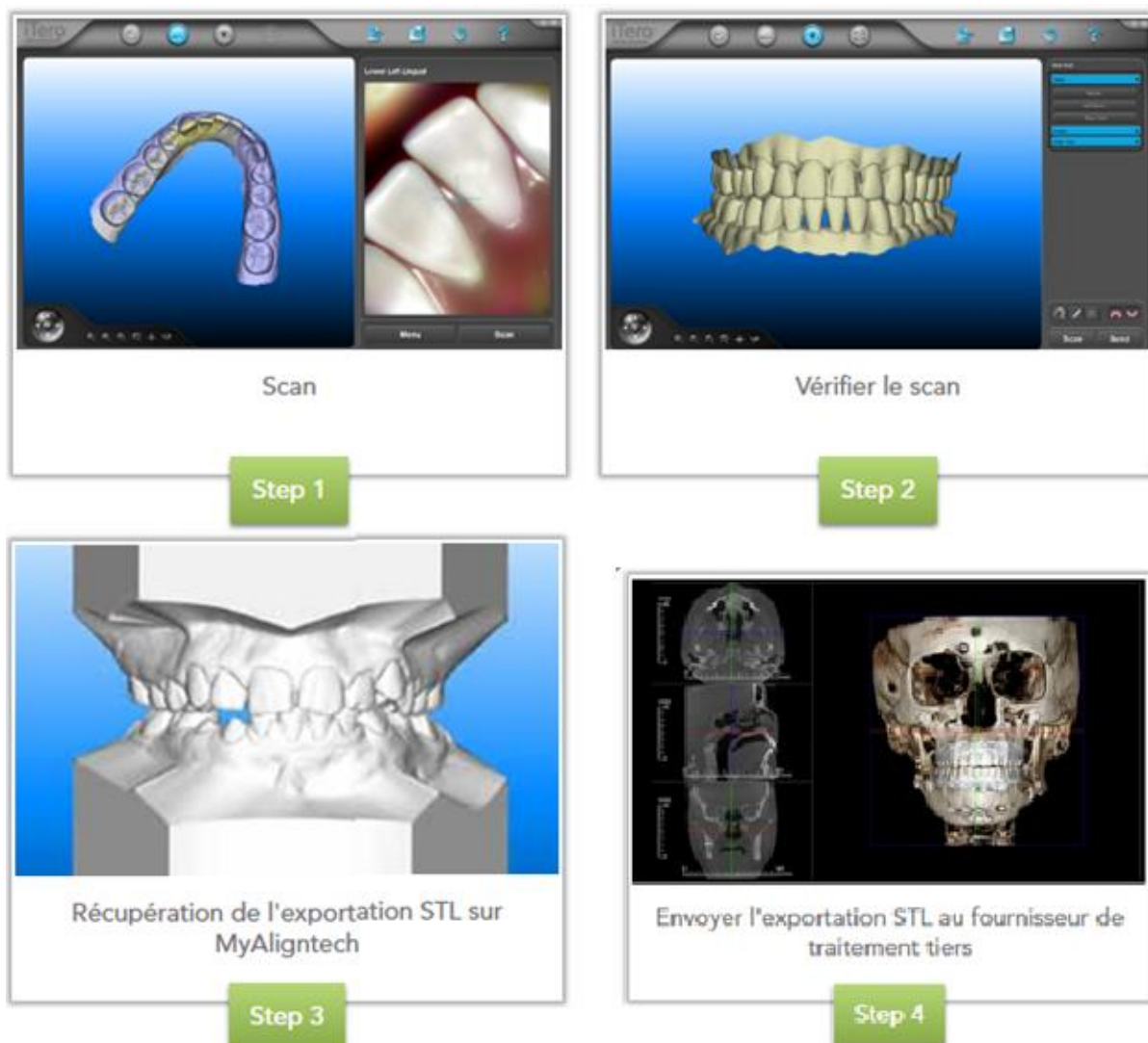


Figure 28 : utilisation d'iTero® Element™ pour l'orthodontie (30).

### 3.4 Invisalign®.

Le concept Invisalign® est apparu il y a quelques années. Il s'agit d'un traitement orthodontique utilisant des gouttières amovibles transparentes réalisées sur mesure (appelés aussi aligners). Ces dernières sont changées environ toutes les deux semaines jusqu'à la position finale prescrite en début de traitement (33).

Ici, la force d'iTero® Element™ réside dans sa facilité et sa rapidité de prise d'empreintes et surtout dans la possibilité d'apprécier, avant même le début du traitement, les résultats en fin de traitement.



Figure 29 : application d'iTero® Element™ pour la réalisation de gouttière Invisalign® (30).

En effet le logiciel va simuler, après scannage des arcades, un plan de traitement orthodontique grâce au concept « ClinCheck® » : véritable planification virtuelle de traitement 3D Invisalign® (34).

Il est ainsi possible de programmer à l'avance le résultat. Cette possibilité d'entrevoir le résultat après des mois voire des années de traitement facilite la communication avec le patient mais surtout sa prise de décision.

Basé sur environ 1 million de cas Invisalign®, le logiciel utilise des algorithmes de base qui cherchent la classe I. Le simulateur de traitement ne s'applique pas uniquement au concept Invisalign® mais aussi aux traitements orthodontiques par bagues, fils et brackett.

Après avoir réalisé le scan, le praticien doit remplir le « formulaire de prescription » qui renseigne sur : (35)

- Les arcades à traiter,
- Les dents à déplacer,
- Les taquets à placer,
- Le surplomb,
- La supraclusion,
- Les rapports antéropostérieurs,
- Les inversés d'articulé postérieur,
- Les diastèmes et encombrements,
- Les dysharmonies dento dentaires...

Puis en 1 minute le « ClinCheck » est effectué, il utilise des thérapeutiques telle que la distalisation, l'extraction afin d'aboutir sur une classe I. Il permet aussi d'indiquer les mouvements trop délicats pour montrer au patient les limites des traitements orthodontiques (si par exemple une chirurgie des maxillaires est nécessaire).

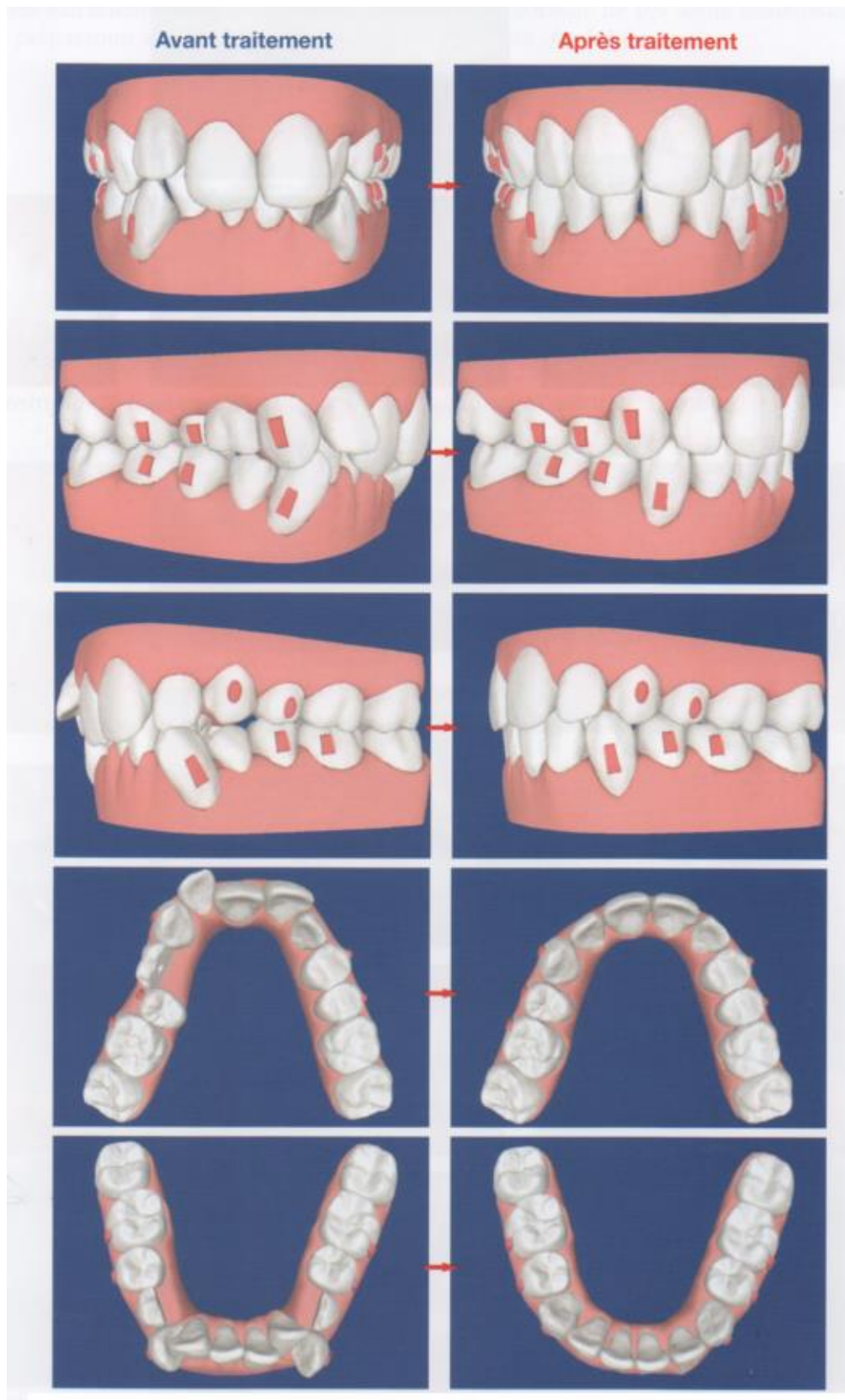


Figure 30 : traitement simulé avec extraction de 3 prémolaires (35).

Le « plan de traitement idéal » est réalisé grâce au « ClinCheck » mais il est possible de simuler aussi en direct des extractions autres que celles prévues par le logiciel, de faire des streapings, de diminuer les espaces...

Cependant, contrairement à d'autres logiciels, le logiciel utilisé par iTero® Element™ ne permet pas de mimer des facettes, de réaliser un effet miroir ou autre effet esthétique. Ce n'est pas un logiciel de modélisation mais purement un logiciel d'acquisition médical.

Les appareillages amovibles en ODF, restent encore un frein au système iTero® Element™, en effet pour les appareillages sans bague, il n'y a pas de souci. Cependant pour les dispositifs à bagues, le praticien à l'habitude d'envoyer les empreintes avec les bagues positionnées à l'intérieur de l'empreinte. Ici il faudrait réaliser l'empreinte avec les bagues puis envoyer le fichier numérique et l'information concernant la taille des bagues utilisées (10).

L'empreinte numérique avec le système iTero® Element™ a donc de nombreux avantages mais ses limites sont réelles.

Notamment au niveau de la prothèse amovible qui n'est clairement pas encore au point pour ce système, alors que d'autres le permettent. L'empreinte numérique pourra ici servir à la réalisation du porte empreinte individuel, nécessaire à la prise d'empreinte fonctionnelle.



## Conclusion.

Il est évident que le XXIème sera celui du numérique.

Dans ce travail nous avons vu que l’empreinte optique, malgré des débuts très prometteurs avait eu beaucoup de mal à s’imposer dans la profession.

Aujourd’hui elle prend, petit à petit, sa place au sein des cabinets dentaires français jusqu’à devenir prochainement indispensable.

Elle devient un outil incontestable pour le chirurgien-dentiste. En effet, ses avantages sont multiples, pour le praticien, pour le cabinet mais aussi pour le patient.

Cependant, elle reste un réel investissement. Avant d’investir dans un quelconque système de CFAO il convient de connaître ses points forts mais surtout ses points faibles pour ne pas avoir de surprise.

Le marché du numérique est en perpétuel essor. A l’IDS, en 2015, sur 343 stands présentant du matériel CAD/CAM, on trouvait une vingtaine de scanner intra-oraux, ce qui n’est pas négligeable comparé aux années précédentes.

L’empreinte optique semble être entrée dans une phase de maturité, avec des systèmes plus performants, plus fiables et plus ergonomiques, avec des scanners qui s’intègrent progressivement à l’unit dentaire. L’acquisition se fait à présent de manière plus fluide, il est désormais possible de scanner une arcade complète en quelques dizaines de secondes pour les systèmes les plus performants.

Nous avons donc essayé, au travers de cette thèse, de dresser un portrait objectif de cette nouvelle version iTero® Element™ avec ses nombreux avantages mais aussi ses faiblesses, où la marque doit encore s’améliorer car le système est en perpétuelle évolution.

Il est donc nécessaire, avant tout achat d’une caméra de CFAO d’analyser, point par point les caractéristiques essentielles de la caméra, mais aussi du système en lui-même (système fermé VS système ouvert).

En effet dans un milieu où la stratégie marketing est omni-présente, il faut rester lucide et savoir apprécier les systèmes à leur juste valeur.

La prise d'empreinte numérique est une avancée majeure dans le domaine de la prothèse, cependant, pour l'utiliser au mieux il est indispensable de connaître les principes fondamentaux et de respecter les courbes d'apprentissage, propres à chaque système. En effet la rigueur est nécessaire pour obtenir une belle empreinte, le talent ne suffit pas.

Le système iTero® Element™ est un système efficace, avec une technologie et un design au goût du jour. Cependant, pour le moment, sa force réside réellement dans la technologie Invisalign®. En ce qui concerne la partie « Restaurative », elle n'est pas encore totalement au point comparée à d'autres systèmes de CFAO et comme toute nouvelle invention il faudra un peu de temps pour qu'elle soit totalement effective.

Ce qu'il ressort de cette thèse est l'importance de prendre son temps avant tout achat d'un système de CFAO, réfléchir aux besoins du cabinet, à ceux de la patientèle, au retour sur investissement, car l'achat d'un système de CFAO est un investissement conséquent.

Mais il faut aussi discuter avec son prothésiste, voir si l'achat de tel ou tel système est compatible avec les machines de son laboratoire. En effet, même si l'empreinte est à présent numérique, il ne faut pas oublier l'importance du laboratoire de prothèse dans la chaîne prothétique, et rester conscient que pour les cas les plus complexes, l'équipement du laboratoire peut s'avérer insuffisant.

## Références bibliographiques.

1. DURET F, DURET B, PELISSIER B. CFAO Histoire vécue, le temps des pionniers. L'information dentaire. 5 sept 2007;89(29):1659- 62.
2. DESCAMP F, FAGES M. La CFAO: toute une histoire! In: La CFAO en odontologie Les bases, les principes et les systèmes. CdP. p. 1 - 16. (Guide Clinique).
3. DURET F, BLOUIN JL, NAHMANI L. Principes de fonctionnement et applications techniques de l'empreinte optique dans l'exercice de cabinet. Les cahiers de prothèse. Juin 1985;(50):73- 110.
4. Attention les dents. Le Figaro. avril 1985;
5. DESCAMP F. L'empreinte en CFAO. In: Pratique de l'empreinte en prothèse fixée. CdP. p. 105- 26. (Guide Clinique).
6. Glossaire. Réalités Cliniques 2015. décembre 2015;26(4):326- 7.
7. TAPIE L, LEBON N, ATTAL J. La chaîne numérique en CFAO dentaire en prothèse conjointe. Réalités Cliniques. décembre 2015;26(4):263- 73.
8. CASSETTE NB Studio. Particularités de la lumière LASER - Docteur Damien Gatinel [Internet]. [cité 29 août 2016]. Disponible sur: <https://www.gatinel.com/recherche-formation/laser/particularites-de-la-lumiere-laser/>
9. DESCAMP F, FAGES M. Empreinte optique. In: La CFAO en odontologie Les bases, les pincipes et les systèmes. Editions CdP. p. 17- 30. (Guide Clinique).
10. LECOCQ G. La prise d'empreintes numériques : principes et intérêts en orthodontie. International Orthodontics. juin 2016;14(2):184- 94.
11. TAPIE L, LEBON N, ATTAL J. Le flux numérique en CFAO dentaire pour la prothèse conjointe. Structuration et manipulation des données numériques. Réalités Cliniques. décembre 2015;26(4):274- 82.
12. CFAO les systèmes ouverts et fermés [Internet]. Evolutions dentaires. 2014 [cité 30 juin 2016]. Disponible sur: <https://evolutionsdentaires.wordpress.com/cfao-les-systemes-ouverts-et-fermes/>
13. Système Ouvert [Internet]. [cité 19 juill 2016]. Disponible sur: <http://www.workncdental.fr/systeme-ouvert>
14. STL File Format (3D Printing) [Internet]. All3DP. 2016 [cité 19 juill 2016]. Disponible sur: <https://all3dp.com/what-is-stl-file-format-extension-3d-printing/>
15. DESCAMP F. Les conditions de la réussite. In: Pratique de l'empreinte en prothèse fixée. CdP. p. 15- 44. (Guide Clinique).

16. DURET F, PELISSIER B. Les différentes méthodes de prise d'empreintes pour la CFAO. *Stratégie Prothétique*. nov 2003;3(5):343- 9.
17. Scanner intraoral iTero | Scanner intraoral iTero [Internet]. [cité 12 sept 2016]. Disponible sur: <http://www.itero.com/fr-fr>
18. iTeroElement-Brochure-MECH3-French.pdf [Internet]. [cité 19 sept 2016]. Disponible sur: <https://dr-godeneche-julien.chirurgiens-dentistes.fr/files/p/iTeroElement-Brochure-MECH3-French.pdf>
19. LANDWERLIN O, FAGES M. Empreinte optique: silence on tourne! *Stratégie Prothétique*. mars 2014;14(2).
20. FAGES M, BENNASAR B, RAYNAL J, LANDWERLIN O, MARGERIT J. L'empreinte optique intra- buccale en pratique quotidienne. *Stratégie Prothétique*. mars 2011;11(2):107- 19.
21. CHOURAQUI J, MOUSSALY C. Les différents systèmes d'empreinte optique: comment faire son choix? *Réalités Cliniques* 2015. 26(4):283- 93.
22. Matériaux CFAO | Sirona Dental [Internet]. [cité 8 sept 2016]. Disponible sur: <http://www.sirona.fr/fr/produits/dentisterie-numerique/materiaux-cfao/?tab=965>
23. ODONTO\_Moussaly\_wmk.pdf [Internet]. [cité 12 sept 2016]. Disponible sur: [http://resumes.europa-organisation.com/\\_global/files/bichat-2015/1/ODONTO\\_Moussaly\\_wmk.pdf](http://resumes.europa-organisation.com/_global/files/bichat-2015/1/ODONTO_Moussaly_wmk.pdf)
24. RÉOLUTION : Définition de RÉOLUTION [Internet]. [cité 12 sept 2016]. Disponible sur: <http://www.cnrtl.fr/definition/r%C3%A9solution>
25. TERVIL B. La montée des couleurs. In: *La photographie numérique en odontologie*. CdP. 2006. p. 11 - 28. (Mémento).
26. BEN SLAMA L, CHOSSEGROS C. Bases de la photographie pour le clinicien. In: *Photographie numérique médicale et dentaire*. MASSON. p. 3- 12.
27. TERVIL B. L'appareil photo numérique. In: *La photographie numérique en odontologie*. CdP. 2006. p. 31 - 70. (Mémento).
28. DURET F. Conception et fabrication des céramiques assistées par ordinateur. In: *La prothèse céramo-céramique par CFAO*. Quintessence International. 2009. p. 45- 63. (Réussir).
29. Fiche matière au laboratoire [Internet]. [cité 19 sept 2016]. Disponible sur: [http://www.teknika-lab.com/IMG/pdf/Fiche\\_Matiere\\_FR.pdf](http://www.teknika-lab.com/IMG/pdf/Fiche_Matiere_FR.pdf)
30. iTero Element « How it works » [Internet]. [cité 26 sept 2016]. Disponible sur: <http://www.itero.com/how-it-works>
31. TRAN M, BOUTIN N, NGUYEN VAN DUONG P, CANNAS B. Apport de la CFAO directe dans la mie en esthétique immédiate en implantologie: un nouveau concept numérique. *Réalités Cliniques* 2015. 2015;26(4):313- 21.

32. Recent Innovations in Digital Technology | CDEWorld - Continuing Dental Education [Internet]. [cité 26 sept 2016]. Disponible sur: [https://id.cdeworld.com/courses/4788-Recent\\_Innovations\\_in\\_Digital\\_Technology#](https://id.cdeworld.com/courses/4788-Recent_Innovations_in_Digital_Technology#)
33. What is Invisalign - Information on the alternative to traditional orthodontic braces [Internet]. [cité 8 nov 2016]. Disponible sur: <http://www.invisalign.fr/fr/what-is-invisalign/Pages/What-Is.aspx>
34. BOUCHEZ R. Le Concept Invisalign. In: Les traitements orthodontiques invisalign. Quintessence International. p. 9- 31. (Réussir).
35. BOUCHEZ R. Stratégies de traitement. In: Les traitements orthodontiques invisalign. Quintessence International. p. 97 - 127. (Réussir).

## Index des figures.

Figure 1 : Premier prototype de caméra endobuccale (3).	18
Figure 2 : Première couronne réalisée par François Duret lors de l'ADF en 1985 (4). .....	19
Figure 3 : Cerek Mark1® appelé aussi "Lemon" .....	20
Figure 4 : système de micropalpage. ....	21
Figure 5 : les différentes sources de lumière.....	23
Figure 6 : la vision binoculaire dans la Dioptrique de René Descartes (9) .....	25
Figure 7 : Principe de la triangulation (10).....	26
Figure 8: système stéréophotogrammétrique (10).....	27
Figure 9 : Schéma de principe de l'imagerie confocale parallèle d'après Minsky (9).	27
Figure 10 : exemple de l'usineuse CEREC MC XL de Sirona, pour un usage au cabinet ou en laboratoire de prothèse. ....	29
Figure 11 : exemple d'usineuse pour les centres de haute productivité. ....	29
Figure 12: représentation de sphère au format STL (14).....	31
Figure 13 : Les trois types de CFAO dentaires (5). ....	33
Figure 14 : L'Expasyl® de Pierre Roland™. ....	37
Figure 15 : Cordonnets Ultrapack® de chez Ultradent™. ....	37
Figure 16 : Le système iTero® 1, composé du poste de travail et de la caméra intra buccale (photo Straumann™). ....	39
Figure 17 : les nouvelles versions du système iTero® (17). ....	41
Figure 18 : dimensions de la nouvelle version (18). ....	41
Figure 19 : dimensions de la nouvelle version, à poser sur le plan de travail (18). ...	42
Figure 20 : caméra du système iTero® Element™ (17).....	42
Figure 21 : Fonctionnement du système iTero® (19).....	43
Figure 22 : Capture d'écran du logiciel. ....	45
Figure 23 : séquence de scannage avec iTero® Element™(20). ....	46
Figure 24 : Optispray de Sirona (22). ....	47
Figure 25 : utilisation de l'iTero® Element™ à des fins restauratrices (30).....	56
Figure 26 : utilisation de l'iTero® Element™ à visée implantaire (30).....	58
Figure 27 : vue vestibulaire du ScanBody (32).....	59
Figure 28 : utilisation d'iTero® Element™ pour l'orthodontie (30).....	60

Figure 29 : application d'iTero® Element™ pour la réalisation de gouttière Invisalign® (30).....61

Figure 30 : traitement simulé avec extraction de 3 prémolaires (35).....63

## **Annexes.**

***Annexe 1 : Brochure iTero® Element™***





# Précision





## Précision d'image Prouvée

Le scanner intraoral iTero™ est synonyme de haute précision. sa technologie d'imagerie confocale parallèle utilise un scan optique et laser afin d'obtenir une haute précision et une exactitude sans poudre ou survol compliqué. c'est la raison pour laquelle les scanners iTero ont été utilisés dans plus de 1,2 millions de cas de reconstruction coronaire, de bridge, et de butée d'implant sur mesure. À l'heure actuelle, les praticiens ont effectué plus de 1,3 millions de scans orthodontiques iTero, y compris plus de 600 000 scans invisalign™.

Aujourd'hui, iTero Element™ est conçu pour exécuter tout ce que les praticiens aiment des scanners iTero dans une empreinte compacte avec des capacités encore plus importantes. iTero Element est fait pour vous offrir les dernières technologies au bout des doigts et rendre l'imagerie intraorale, osons le dire, amusante.



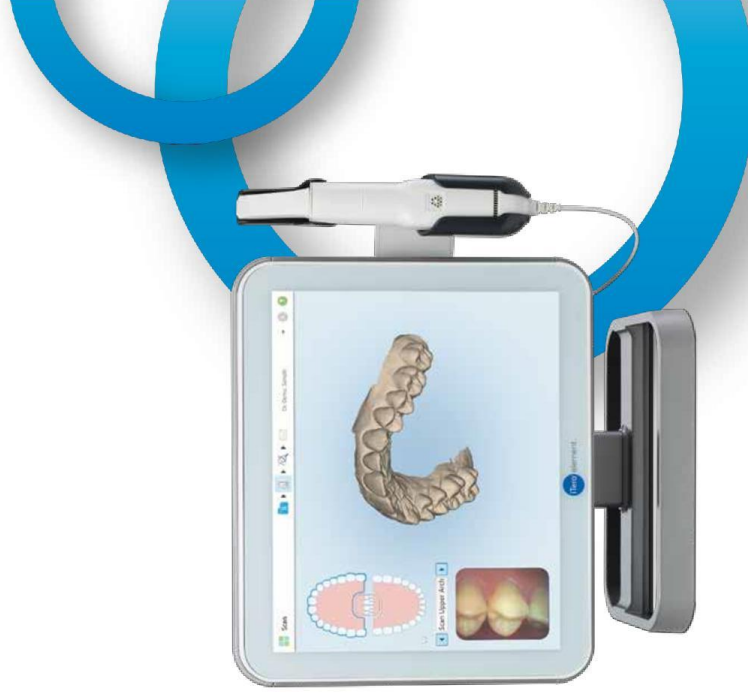
## voici iTero Element

Le scanner intraoral iTero Element a été conçu afin de correspondre encore mieux qu'avant à votre cabinet. Que vous soyez un dentiste ou un orthodontiste, iTero Element a été conçu pour offrir rapidité, fiabilité, ainsi qu'une utilisation intuitive et des capacités de visualisation remarquables.



**40%**  
plus petit et plus léger

**6,000**  
images par seconde



**20**  
fois plus rapide

**3D**  
Visualisation 3d à fort impact

# Puiss An T

## intelligent et Puissant

En plus de son design élégant, iTero Element comprend des informations conçues pour vous aider à travailler de façon encore plus intelligente. vous pouvez éliminer les étapes de procédure supplémentaires lors du scan intraoral car iTero Element a été conçu pour les automatiser à votre place.



Scan sans poutre conçu pour une utilisation facile.



Distinguez facilement les structures gingivales des structures dentaires avec le scannage en couleur.



### scan en mouvement

Le concept de scan continu vous permet de scanner en vous déplaçant — cela élimine la nécessité de cliquer à chaque fois que vous souhaitez capturer un scan. Le logiciel détecte automatiquement et repositionne les points de démarrage et d'arrêt lorsque vous vous déplacez vers une nouvelle position de scan au sein du segment scanné.

Lorsque vous scannez, iTero Element est conçu pour traiter le scan simultanément.

Il réassemble les images pour les présenter dans l'ordre adéquat, s'adapte aux changements de positions et détecte et enlève les tissus mous. Il capture tout. Vous pouvez ainsi visualiser tout ce que vous devez voir.

### scan en couleur

Le scan couleur est une grande avancée pour vous offrir une meilleure visualisation. Le capteur de couleur est intégré à iTero Element et le système de lentille à double ouverture breveté a été conçu pour capturer simultanément des images 2D en couleur avec un scan laser 3D de haute précision. Le scan couleur aide à différencier plus facilement et immédiatement les structures gingivales des structures dentaires pour une évaluation clinique plus précise.

### scanner et sauvegarder les données

iTero Element sauvegarde automatiquement les données des scans toutes les deux secondes et les enregistre sur le disque dur du système. Pas besoin de batterie de sauvegarde. Même s'il devait y avoir une coupure d'électricité, les données des scans sont en sécurité, vous n'avez pas à vous inquiéter de la perte de votre travail.

# Connectivité Invisalign Optimisée

Le scanner intraoral iTero est en adéquation naturelle avec le traitement Invisalign par aligners transparents. iTero a été conçu pour vous offrir la meilleure procédure en lien avec le système Invisalign et le nouvel Invisalign Outcome Simulator.

## PERFORMANCE INÉGALÉE SUR LE MARCHÉ

Les traitements Invisalign qui débutent par un scan iTero ont 7 fois moins de problèmes d'ajustement que ceux qui ont débuté par des empreintes traditionnelles. Les plans de traitement ClinCheck® soumis en utilisant des scans iTero sont généralement postés 50 % plus rapidement que pour les cas effectués avec des empreintes PVS. De plus, il y a 10 fois moins de rejet des scans iTero que des empreintes traditionnelles. Vous pouvez le voir, ainsi que d'autres résultats d'études, sur la page [www.terotech.com/itero-and-invisalign.html](http://www.terotech.com/itero-and-invisalign.html).

Mais la performance remarquable des scanners iTero ne s'arrête pas au traitement Invisalign initial. Les procédures de scan iTero Viverra® et Viverra Pre-Debond vous permettent de prescrire des aligners de contention Viverra pour les patients avec des aligners transparents ou des bagues et fils.

## UN EXCELLENT CONFORT POUR LE PATIENT

Les scanners iTero éliminent aussi les désagréments associés aux empreintes traditionnelles. Vos patients Invisalign sont plus susceptibles de partager leur expérience avec leurs amis, leur famille et leurs collègues.

## SIMULER DES RÉSULTATS DE TRAITEMENT

Montrez à vos patients les résultats possibles d'un traitement Invisalign avec l'Invisalign Outcome Simulator. Cette application au fauteuil est alimentée uniquement par les scanners iTero afin d'aider les patients à visualiser à quoi ressembleront leurs dents après un traitement Invisalign. Les résultats simulés vous permettent de montrer à vos patients les avantages possibles d'un traitement Invisalign et peut les inciter à accepter ce traitement plus facilement.



## PRÉSENTATION EN DOUBLE AFFICHAGE

Observez la dentition actuelle des patients à côté des positions finales simulées.

## CONSULTATION PLUS EFFICACE

Les patients éventuels peuvent visualiser à quoi ressembleront leurs dents après un traitement Invisalign, ce qui peut les inciter à accepter ce traitement plus facilement.



## AJUSTEMENTS EN TEMPS RÉEL

Les outils intuitifs de l'écran tactile permettent d'effectuer des ajustements en temps réel des résultats simulés.

## UTILISATION FLEXIBLE

L'Invisalign Outcome Simulator peut être exécuté au fauteuil sur votre scanner iTero ou dans une salle de consultation, via votre ordinateur et [myaligntech.com](http://myaligntech.com).

## OPTIONS DE TRAITEMENT AVANCÉES

Vous pouvez facilement et rapidement simuler des résultats de corrections antéro-postérieures, d'extractions et de RIP.



## écosystème orthodontique numérique iTero

iTero Element a été conçu pour fonctionner avec l'écosystème orthodontique numérique iTero qui vous permet de numériser des procédures orthodontiques. Augmentez votre efficacité avec les outils de numérisation fournis par les scanners iTero qui transforment des tâches que vous effectuez actuellement manuellement.

### connectivité avec les laboratoires

Envoyez directement vos scans iTero aux laboratoires de votre choix pour des services de traitement d'appareils orthodontiques, de gouttières de contention, de modèles imprimés, de collage indirect et de retrait numérique des bagues.

### export STL ou VERT

Les scans iTero sont disponibles dans un format d'export STL ouvert qui est largement accepté par les fournisseurs tiers, y compris SureSmile et 3M Incoognito. Les scans peuvent aussi être exportés pour être intégrés avec les données CT à faisceau conique par des fournisseurs tiers en charge des plans de traitement.

é c  sys T è m E



#### capacités orthocad

Les scans iTero peuvent être directement utilisés avec le logiciel OrthoCAD pour des numérisations orthodontiques. Les fichiers iCast<sup>®</sup> et iRecord<sup>®</sup> sont stockés et facilement récupérés dans le stockage dématérialisé sur votre compte MyAligntech.com. Les scans iCast sont des alternatives numériques aux modèles en plâtre et contiennent une base ABO complète. Les scans iRecord comprennent un scan de l'ensemble des arcades avec le palais, et l'occlusion. Vous pouvez facilement voir et imprimer les vues frontales, occlusales et les vues de la galerie depuis les scans iTero avec OrthoCAD.

OrthoCAD offre une série complète d'outils orthodontiques numériques comprenant :

**analyses numériques** Prenez les mesures de la largeur des dents, d'espacement, de largeur des arcades, de distance inter-canines, de surplomb/recouvrement ainsi que les mesures pour les analyses de T-J Moyers et de Bolton, y compris les mesures entre deux points, entre un point et un plan et entre deux plans avec le Logiciel OrthoCAD. Combiné à l'occlusogram, à l'indice de Dysharmonie Informatisé, au Classement de Phase III et à l'Alignement des Mâchoires, OrthoCAD offre une série globale d'outils numériques pour l'évaluation orthodontique.

**intégration à la gestion du cabinet** OrthoCAD s'intègre au système de gestion du cabinet orthodontique Dolphin Management. Cela permet aux données de scans iTero d'être reliées aux dossiers de vos patients.



OrthodontistmodelphotocourtesyofDynaFlex.

## écosystème reconstituer numérique iTerO

vous pouvez tirer profit des nombreuses procédures et solutions tierces simplement en vous connectant via un scanner iTerO. Envoyez les empreintes numériques au laboratoire de votre choix. communiquez harmonieusement avec les systèmes de plans de traitement externes, de butées d'implant sur mesure, de moulages au fauteuil et de laboratoires CAD/CAM. Les scans intraoraux iTerO peuvent améliorer l'exactitude et la précision de votre processus de reconstruction en aval.

### soutien à la production du laboratoire

Les procédures iTerO soutiennent la production du laboratoire grâce aux moulages iTerO brevetés, aux modèles imprimés au laboratoire et à la production de restaurations directe sans modèle. Choisissez le traitement et le laboratoire qui conviennent aux couronnes, bridges, butées d'implant sur mesure, facettes, inlays et onlays de vos patients. Les scanners iTerO fonctionnent avec n'importe quel matériau, y compris la porcelaine, la PFM, le zircon, les composites et l'or.

### utilisation sans poudre

Une utilisation sans poudre permet une reconstruction globale de toute la bouche et un scan sécurisé des sites chirurgicaux. Exportez les scans de reconstruction iTerO au format STL vers les principaux systèmes de laboratoire CAD/CAM. Et intégrez les scans iTerO avec les données CT à faisceau conique pour une utilisation avec des plans de traitement prévus par des tiers.

### procédure exclusive de moulage

Seuls les scanners iTerO peuvent mouler des modèles avec une exactitude et une précision supérieures. Le modèle de moulage iTerO breveté, fait de matériau polyuréthane stable, présente de nombreux avantages lorsqu'il est utilisé dans le processus iTerO.



### modèle de restauration iTerO

- Un modèle sert de modèle de travail et de modèle principal, permettant de visualiser les structures des tissus mous lors de la fabrication en laboratoire
- Le rapport occlusal est scanné directement et est traité de façon efficace vers l'articulateur unique iTerO
- Résistance exceptionnelle lors du port pour une utilisation en laboratoire dentaire
- Les modèles qui en résultent ne causent pas d'usure tombent accidentellement
- La couleur semblable au plâtre est similaire aux modèles classiques



### Procédure de butée sur mesure

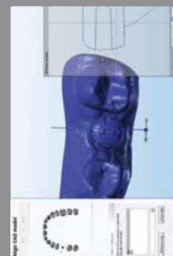
ITero comprend une Connectivité Certifiée avec un une grande variété de fabricants de scanbodies d'implant et de butées d'implant. Scannez le scanbody de votre choix et envoyez le scan ITero automatiquement à votre laboratoire. Vous recevrez la butée sur mesure et la restauration finale pour un essai lors d'une seule consultation avec le patient.

Nos Partenaires de Connectivité Certifiés peuvent prendre en charge plus de 20 systèmes d'implants pour la conception et la fabrication de butées sur mesure, y compris :

- SAxis Dental
- Biomet 3i™
- Core3d Centres
- DENTSPLY Implants
- Atiantis™
- Les Laboratoires Gildewell
- Straumann™
- Zimmer

### effectuer un acte dentaire le même jour

La connectivité certifiée avec le système de moulage en fauteuil E4D Planmeca et le système de conception rapide Gildewell IOS Technologies vous permettent d'ajouter des couronnes, des inlays, des onlays, des facettes et des bridges le même jour à votre offre de services. Avec les Partenaires de Connectivité Certifiés pour le moulage au fauteuil avec ITero, vous pouvez rapidement passer des empreintes numériques à la restauration le même jour en toute simplicité.





## Formation et Aide Aussi Avancées qu'iTero Element

La technologie et la conception avancées du nouveau scanner iTero Element transforment la formation et l'intégration au cabinet. Gagnez en flexibilité de planification, profitez des formateurs cliniques iTero expérimentés ainsi que de l'aide à la formation en cours afin de maximiser les avantages du scanner iTero dans votre cabinet.

### LES BASES DE LA FORMATION

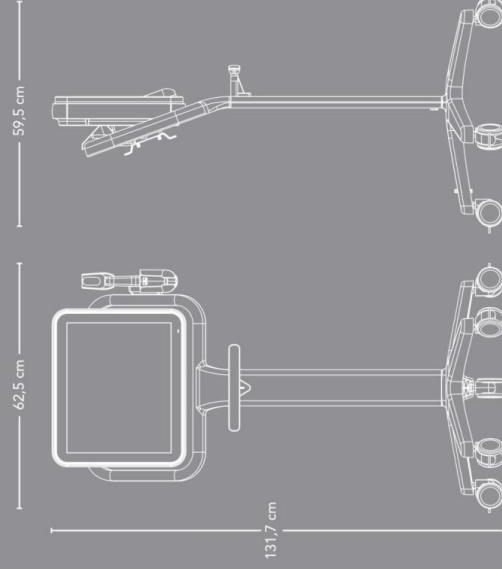
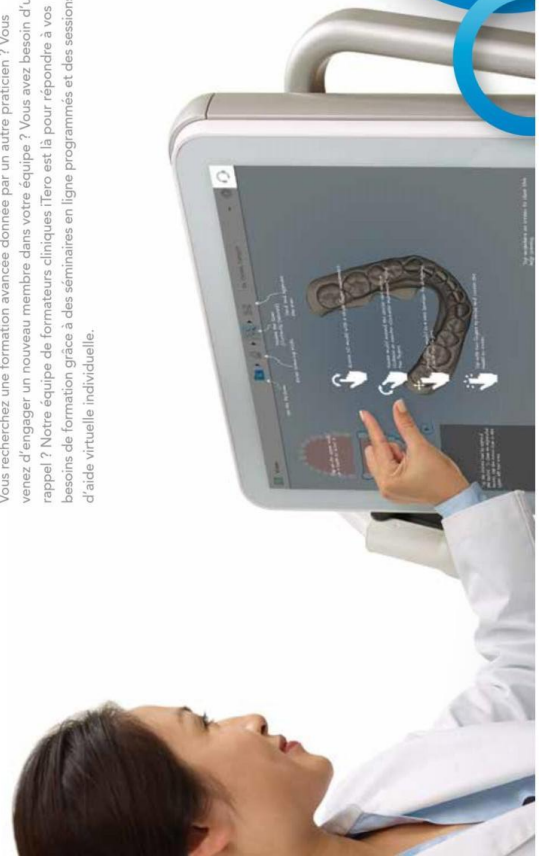
Les Bases Pré-Cliniques vous guident au travers d'une formation en ligne interactive autoguidée sur iTero.com. À la fin de cette formation, vous aurez les connaissances de base concernant le matériel et le logiciel afin d'effectuer un scan. Cette formation donne droit à des crédits de formation continue CERP.

### LES ESSENTIELS CLINIQUES

Tout au long de la session sur les Essentiels Cliniques, un instructeur clinique iTero dirigera une formation clinique de 4 heures grâce à nos classes virtuelles interactives et à nos guides électroniques. iTero Element est fourni avec une webcam, grâce à laquelle vous et votre personnel participez à cette formation. La planification est flexible et l'instructeur a accès à distance au scanner afin de voir les scans et d'apporter de l'aide en temps réel. Après la session sur les Essentiels Cliniques, vous aurez les compétences nécessaires pour utiliser iTero Element dans votre cabinet.

### FORMATION AVANCÉE

Vous recherchez une formation avancée donnée par un autre praticien ? Vous venez d'engager un nouveau membre dans votre équipe ? Vous avez besoin d'un rappel ? Notre équipe de formateurs cliniques iTero est là pour répondre à vos besoins de formation grâce à des séminaires en ligne programmés et des sessions d'aide virtuelle individuelle.



## Dimensions Générales d'iTero Element

### DIMENSIONS DU MANCHON

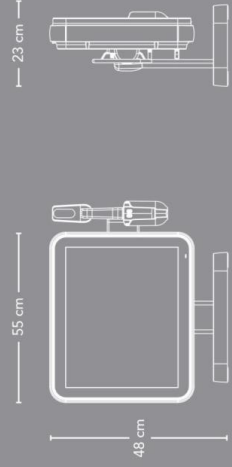
- o Poids : 0,5 kg
- o Champ de vision : 18x14 mm
- o Profondeur de vision : 15 mm
- o Longueur du cordon : 1,75 m

### DIMENSIONS DU PIED MOBILE

- o Poids : 25 kg
- o Hauteur : 131,7 cm
- o Largeur : 62,5 cm
- o Profondeur : 59,5 cm

### DIMENSIONS DU SUPPORT FIXE

- o Poids : 14 Kg
- o Hauteur : 48 cm
- o Largeur : 55 cm
- o Profondeur : 23 cm





Le scanner intraoral iTero Element représente la nouvelle génération de scan intraoral iTero. conçu pour être portable, puissant et intuitif. il représente notre investissement continu dans la précision clinique et la satisfaction des patients. Pour programmer une démonstration, consultez [www.iTero.com](http://www.iTero.com) ou contactez-nous via : [iTeroEurope@aligntech.com](mailto:iTeroEurope@aligntech.com).

align technology, inc.  
2560 orchard parkway  
san jose, california 95131  
états-unis

align technology bv  
arlandaweg 161, 1043 hs amsterdam  
pays-bas

**INVISALIGN, CLINCHECK, ITERO, ITERO ÉLÉMENT, ORHTOCAD, IRECORD et ICASD, entre autres, sont des marques commerciales et/ou des marques de service déposées d'Align Technology, Inc. ou de l'une de ses filiales ou sociétés affiliées, susceptibles d'être enregistrées aux États-Unis et/ou dans d'autres pays.**

**Les données mentionnées sont disponibles chez Align Technology, Inc.**

**Les partenaires d'implants avec scanbodies (par ex. BIOMET 3i, Straumann, etc) ont validé leurs solutions d'implants à l'aide de scanners iTero. La disponibilité peut varier d'un partenaire ou d'un marché à l'autre.**

**Suresmile, Dolphin Management, E4D Planmeca, IOS Technologies Fast Scan, 5 Axis Dental, Biomet 3i, Core3d Centres, DENTSPLY Implants Atlantis, les laboratoires Gildewell, Straumann et Zimmer ne sont pas des marques déposées d'Align Technology, Inc. Ce sont des marques déposées par leurs propriétaires respectifs.**

**Crédits image :**

**Odontologie et scan iTero par Dr. Adam Fettig, Kirkland, WA, États-Unis  
Restaurations de laboratoire fabriquées par Issaquah Dental Lab, Issaquah, WA, États-Unis  
Butée d'implant fabriquée par Biomet 3i**

**Copyright 2015 Align Technology, Inc. M20324-04 Rev A**



Le système iTero® Element™, la CFAO au service de l'omnipratique et de l'orthopédie dento-faciale / **RIDON Juliette.**- p. 83 : ill. 30 ; réf. 35.

**Domaines** : PROTHESE, ORTHOPEDIE DENTO FACIALE

**Mots clés Rameau:** CFAO, Systèmes de ; Prothèses dentaires ; Empreintes dentaires

**Mots clés FMeSH:** Prothèses dentaires - Technologies ; Conception assistée par ordinateur ; Technique de prise d'empreinte

Résumé de la thèse :

Aujourd'hui, force est de constater le nombre grandissant de systèmes d'empreintes optiques sur le marché. En France, même si peu de cabinets sont équipés pour le moment, on assiste à une véritable révolution dans la profession.

Cette thèse a pour objectif de s'intéresser à un système d'empreintes optiques récemment sorti sur le marché : iTero® Element™.

Ainsi, une première partie sera consacrée à divers rappels concernant la CFAO. Les caractéristiques techniques des anciennes versions et de la nouvelle version d'iTero® seront ensuite détaillées dans une deuxième partie afin de pouvoir apprécier l'évolution du système. Enfin, une dernière partie sera consacrée à l'utilisation de la caméra et sa mise en œuvre au cabinet.

**JURY :**

**Président :** **Monsieur le Professeur Thomas COLARD**

**Asseseurs :** **Monsieur le Docteur François DESCAMP**

**Monsieur le Docteur Philippe BOITELLE**

**Monsieur le Docteur Corentin DENIS**