

**UNIVERSITE TOULOUSE III – PAUL SABATIER**  
**FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE**

---

ANNEE 2014

2014-TOU3-3008

**THESE**

POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE  
DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement  
par

**Nausicaa ROLLAND**

Le 25 FEVRIER 2014

**EMPREINTE OPTIQUE INTR-AORALE SUR  
IMPLANT POUR LA REALISATION D'UN PILIER  
IMPLANTAIRE PERSONNALISE**

Directeur de thèse : Dr Olivier CHABRERON

**JURY**

Président :	Professeur Philippe POMAR
Assesseur :	Docteur Rémi ESCLASSAN
Assesseur :	Docteur Karim NASR
Assesseur :	Docteur olivier CHABRERON





## FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE

-----

### ➔ DIRECTION

#### ADMINISTRATEUR PROVISoire

Mr Hugues CHAP

#### ASSESEURS DU DOYEN

##### • ENSEIGNANTS :

Mme GRÉGOIRE Geneviève  
Mr CHAMPION Jean  
Mr HAMEL Olivier  
Mr POMAR Philippe

##### • PRÉSIDENTE DU COMITÉ SCIENTIFIQUE

Mme GRIMOUD Anne-Marie

##### • ÉTUDIANT :

Mr HAURET-CLOS Mathieu

#### CHARGÉS DE MISSION

Mr PALOUDIER Gérard  
Mr AUTHER Alain

#### RESPONSABLE ADMINISTRATIF

Mme GRAPELOUP Claude

### ➔ HONORARIAT

#### DOYENS HONORAIRES

Mr LAGARRIGUE Jean +  
Mr LODTER Jean-Philippe  
Mr PALOUDIER Gérard  
Mr SOULET Henri

### ➔ ÉMÉRITAT

Mr PALOUDIER Gérard

### ➔ PERSONNEL ENSEIGNANT

#### **56.01** PÉDODONTIE

##### *Chef de la sous-section :*

Professeur d'Université :

Maîtres de Conférences :

Assistants :

Chargés d'Enseignement :

##### *Mr VAYSSE*

Mme BAILLEUL-FORESTIER

Mme NOIRRIT-ESCLASSAN, Mr VAYSSE

Mr DOMINÉ, Mme GÖTTLE

Mme BACQUÉ, Mr TOULOUSE

#### **56.02** ORTHOPÉDIE DENTO-FACIALE

##### *Chef de la sous-section :*

Maîtres de Conférences :

Assistants :

Chargés d'Enseignement :

##### *Mr BARON*

Mr BARON, Mme LODTER, Mme MARCHAL-SIXOU, Mr ROTENBERG,

Mme ELICEGUI, Mme OBACH-DEJEAN, Mr PUJOL

Mr GARNAULT, Mme MECHRAOUI, Mr MIQUEL

#### **56.03** PRÉVENTION, ÉPIDÉMIOLOGIE, ÉCONOMIE DE LA SANTÉ, ODONTOLOGIE LÉGALE

##### *Chef de la sous-section :*

Professeur d'Université :

Maître de Conférences :

Assistant :

Chargés d'Enseignement :

##### *Mr HAMEL*

Mme NABET, Mr PALOUDIER, Mr SIXOU

Mr HAMEL, Mr VERGNES

Mlle BARON

Mr DURAND, Mr PARAYRE

**57.01 PARODONTOLOGIE*****Chef de la sous-section :*** **Mr BARTHET**

Maîtres de Conférences : Mr BARTHET, Mme DALICIEUX-LAURENCIN

Assistants : Mr MOURGUES, Mme VINEL

Chargés d'Enseignement : Mr. CALVO, Mr LAFFORGUE, Mr PIOTROWSKI, Mr SANCIER

**57.02 CHIRURGIE BUCCALE, PATHOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE, ANESTHÉSIOLOGIE ET RÉANIMATION*****Chef de la sous-section :*** **Mr CAMPAN**

Professeur d'Université : Mr DURAN

Maîtres de Conférences : Mr CAMPAN, Mr COURTOIS, Mme COUSTY

Assistants : Mme BOULANGER, Mme CROS, Mr EL KESRI

Chargés d'Enseignement : Mr FAUXPOINT, Mr GANTE, Mr L'HOMME, Mme LABADIE, Mr PLANCHAND, Mr SALEFRANQUE

**57.03 SCIENCES BIOLOGIQUES (BIOCHIMIE, IMMUNOLOGIE, HISTOLOGIE, EMBRYOLOGIE, GÉNÉTIQUE, ANATOMIE PATHOLOGIQUE, BACTÉRIOLOGIE, PHARMACOLOGIE*****Chef de la sous-section :*** **Mr KÉMOUN**

Professeurs d'Université : Mme DUFFAUT

Maîtres de Conférences : Mme GRIMOUD, Mr KEMOUN, Mr POULET

Assistants : Mr BARRAGUÉ, Mr BLASCO-BAQUE, Mme PESUDO, Mme SOUBIELLE

Chargés d'Enseignement : Mr BARRÉ, Mr SIGNAT, Mme VALERA

**58.01 ODONTOLOGIE CONSERVATRICE, ENDODONTIE*****Chef de la sous-section :*** **Mr GUIGNES**

Maîtres de Conférences : Mr DIEMER, Mr GUIGNES, Mme GURGEL-GEORGELIN, Mme MARET-COMTESSE

Assistants : Mr ARCAUTE, Mlle DARDÉ, Mme DEDIEU, Mme DUEYMES, Mme FOURQUET, Mr MICHETTI

Chargés d'Enseignement : Mr BALGUERIE, Mlle BORIES, Mr ELBEZE, Mr MALLET, Mlle PRATS,

**58.02 PROTHÈSES (PROTHÈSE CONJOINTE, PROTHÈSE ADJOINTE PARTIELLE, PROTHÈSE COMPLÈTE, PROTHÈSE MAXILLO-FACIALE)*****Chef de la sous-section :*** **Mr CHAMPION**

Professeurs d'Université : Mr ARMAND, Mr POMAR

Maîtres de Conférences : Mr BLANDIN, Mr CHAMPION, Mr ESCLASSAN, Mme VIGARIOS

Assistants : Mr CHABRERON, Mr DESTRUHAUT, Mr GALIBOURG, Mr HOBEILAH

Chargés d'Enseignement : Mr ABGRALL, Mr FLORENTIN, Mr FOLCH, Mr GHRENASSIA, Mme LACOSTE-FERRE,

Mme LASMOLLES, Mr LUCAS, Mr MIR, Mr POGÉANT, Mr RAYNALDY

**58.03 SCIENCES ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES, OCCLUSODONTIQUES, BIOMATÉRIAUX, BIOPHYSIQUE, RADIOLOGIE*****Chef de la sous-section :*** **Mme GRÉGOIRE**

Professeur d'Université : Mme GRÉGOIRE

Maîtres de Conférences : Mme JONJOT, Mr NASR

Assistants : Mr CANIVET, Mr DELANNÉE, Mr MONSARRAT

Chargés d'Enseignement : Mr AHMED, Mme BAYLE-DELANNÉE, Mme MAGNE, Mr TREIL, Mr VERGÉ

-----

*L'université Paul Sabatier déclare n'être pas responsable des opinions émises par les candidats.  
(Délibération en date du 12 Mai 1891).*

*Mise à jour au 21 janvier 2014*

## REMERCIEMENTS

**A Mamoune et Papounnet** : Merci pour l'éducation que vous m'avez donnée. Grâce à vous, je pense être une fille pleine de qualités. Merci de m'avoir soutenue pendant ces longues années d'études, et je sais que ce n'était pas facile. Je sais que vous êtes fiers de Moumoune alors je vous dédie cette thèse car je vous aime.

**A mes frères** : Vous êtes mes rayons de soleil. Merci d'exister tout simplement parce que sans vous je ne serais pas aussi loin. Merci d'avoir cru en votre petite sœur. Même si vous n'avez pas pu venir, je sentirai votre soutien quand je me chie...rai dessus au pupitre. Beaucoup de bonheur avec Charline et Marion. Je vous aime.

**A Lolo** : l'homme avec qui je partage ma vie depuis plus de 5ans. L'homme passionnel qui me fait rire. Merci de me soutenir dans mes moments de doutes et de stress. Merci de m'aimer tout simplement. A moi de te soutenir. Je crois en toi, je crois en nous, je serai toujours là pour toi.

**Au reste de ma famille** : Mamy merci d'être venue tu es extraordinaire, j'ai de la chance d'être ta petite fille, mamie, papi Léon et les Tontons.

**Yeyette** : Merci d'avoir été très présente pendant cette P1 horrible. Je me souviens encore des croissants tous chauds que tu m'achetais tôt le matin avant d'aller à la BU.

**Aicha** : La belle mère dont toutes les filles peuvent rêver. Je me souviendrai toujours des bons petits plats que tu me préparais avant d'aller au cabinet.

**Antoine et Caro** : Merci de votre générosité. Ne changez rien je vous adore tout simplement. Antoine merci de me transmettre tes connaissances t es un mec génial. J'espère pouvoir travailler avec toi dans ma future carrière.

**Jacky et Christine, Geneu, Jacquie et Claude** merci d'être venu ca me touche beaucoup, **Marraine Claire**.

**Nicole et Daniel** : ma deuxième famille de l'Aude...

**Claire et Marie** : mes chouchous d'amour. Ca fait 20 ans qu'on se connaît et qu'est ce que c'est bon de vous avoir bordel !!! Ces fous rires ont les aura encore pendant longtemps ! Ne changez rien, vous êtes parfaites, si différentes mais complémentaires pour me rendre heureuse ! Merci Claire pour ta dernière relecture, grâce à toi la faute sur la couverture n'existe pas !! Je suis contente que François et Lolo partagent ce moment avec nous.

**Fanny** : Ma meilleure rencontre de la fac. Je suis tellement heureuse de savoir qu'il existe des personnes comme toi dans ce monde. Ne change pas. Et je suis sûre que dans 40 ans on se verra encore car tu es une fille incroyable. Beaucoup de bonheur ma Fanny.

**Michel** : mon binôme de feu. Tu as eu du courage à me supporter. Supporter mes humeurs en vagues. J'ai adoré bosser avec toi. Tu es un mec génial, intelligent, bosseur. Tu iras loin toi pote !! Anna ça me fait plaisir que tu sois là.

**Mes potos de fac**: Elo, Eli, Cécile, Theo, Charles, Guillaume et Isa, Vincents F et A, Z, Maelle et Nico, Amo et j'en oublie sûrement ?

**Mes potos** : Mes phénomènes Sam, Tof, Paul, Thibault, Zélie, Laurie et tous les autres. Merci pour vos conneries formidables.

**Les équipes dentistes** : je remercie vous 3 : Pierre Henry, Gilles et Yolande. Merci de m'avoir fait confiance. Vous êtes une équipe de choc. Dr Changey merci de m'avoir appris autant de choses en si peu de temps. Dr Thomas merci d'avoir récupéré mes avulsions impossibles ! Yolande merci de ta gentillesse, ton dévouement et ta bonne humeur. Ca fait chaud au cœur.

Je remercie les secrétaires de l'hôpital qui m'ont suivie durant ces longues années. Vous étiez supers. Vous étiez mes « mamans de clinique ». A vous Nadia, Ouni et Nadine. Un énorme bisou.

Je remercie le Dr Lavau et Florence de me faire confiance.

## **A notre président du Jury,**

**Monsieur POMAR Philippe,**

-Professeur des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,

-Vice-Doyen de la Faculté de Chirurgie Dentaire de Toulouse,

-Lauréat de l'Institut de Stomatologie et Chirurgie Maxillo-Faciale de la Salpêtrière,

-Chargé de cours aux Facultés de Médecine de Toulouse-Purpan, Toulouse-Rangueil et à la Faculté de Médecine de Paris VI,

-Enseignant-chercheur au CNRS - Laboratoire d'Anthropologie Moléculaires et Imagerie de Synthèse

(AMIS – UMR 5288 CNRS)

-Habilitation à Diriger des Recherches (H.D.R.),

-Chevalier dans l'Ordre des Palmes Académiques

***Vous voir présider à ma thèse est un honneur pour moi. Malgré votre emploi du temps chargé, vous avez pu me trouver une petite place.***

***Votre savoir sur la CFAO en prothèse maxillo-faciale m'a donné l'idée de faire ce sujet.***

## **A nos Assesseurs,**

### **Monsieur ESCLASSAN Rémi,**

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Docteur de l'Université de Toulouse (Anthropobiologie),
- D.E.A. d'Anthropobiologie
- Ancien Interne des Hôpitaux,
- Chargé de cours aux Facultés de Médecine de Toulouse-Purpan, Toulouse-Rangueil et Pharmacie (L1),
- Enseignant-chercheur au Laboratoire d'Anthropologie Moléculaire et Imagerie de Synthèse (AMIS – UMR  
5288 – CNRS,
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier

***Je n'aurai jamais imaginé devenir docteur sans que vous ne soyez  
présent dans mon jury. Vous avez beaucoup compté pour moi.***

***Votre humilité, vos qualités humaines envers les élèves et les patients  
m'ont beaucoup touché.***

## **A nos Assesseurs,**

**Monsieur NASR Karim,**

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier.

***Votre présence dans mon jury me semblait évidente car vos compétences ne pouvaient qu'approuver la qualité de mon travail.***

***Je vous en remercie.***

**A notre Directeur de thèse,**

**Monsieur CHABRERON Olivier,**

-Assistant hospitalo-universitaire d'Odontologie,

-Docteur en Chirurgie Dentaire,

-Master 2 Recherche : Sciences de la Vie et de la Santé – mention : Analyse Fonctionnelle des Génomes,

Spécialité : Anthropologie, délimitation génétique des populations humaines et Santé,

-Certificat d'Etudes Supérieures de Chirurgie Dentaire Prothèse Dentaire  
option : Prothèse scellée

-Certificat d'Etudes Supérieures de Chirurgie Dentaire Prothèse Dentaire  
option : Prothèse Maxillo-faciale,

-Lauréat de l'Université Paul Sabatier

***Je vous remercie d'avoir accepté la direction de ma thèse. Le jour où j'ai  
décidé de faire ce sujet, je savais que vous étiez inéluctablement le plus  
compétent.***

***Merci d'avoir su cerner mon caractère, mes idées et mes ambitions ce  
qui a fortement favorisé l'aboutissement de mon travail.***

## Table des matières

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>14</b>
<b>I. Principe de l’empreinte optique intra-orale.....</b>	<b>16</b>
<b>I.1 Principe de fonctionnement des systèmes d’empreintes optiques intra-oraux implantaire.....</b>	<b>16</b>
I.1.1 Principes généraux de l’empreinte optique.....	16
I.1.2 Principes généraux des caméras.....	17
I.1.3 Principe de numérisation.....	21
<b>I.2 Description des différentes caméras intra-oraales.....</b>	<b>22</b>
I.2.1 Les caméras intra-oraales.....	22
I.2.2 Les différences entre les différentes caméras.....	30
<b>II. L’empreinte optique intra-orale pour la réalisation d’un pilier implantaire personnalisé.....</b>	<b>33</b>
<b>II.1 Présentation de la réalisation d’un pilier implantaire personnalisé à l’aide de la CFAO.....</b>	<b>33</b>
<b>II.2 La technique "Individualized Scanbody technique" (IST).....</b>	<b>34</b>
II.2.1 Description de la technique d’empreinte : le captage.....	34
II.2.2 Ordonnancement de la modélisation et de l’usinage.....	38
II.2.3 Présentation des différents scanbodies.....	41

II.2.4 Modélisation et usinage du pilier implantaire personnalisé à l'aide du kit Ti Base.....	48
II.2.5 Adaptation de scanbodies à l'implant.....	52
II.2.6 Utilisation des provisoires pour la gestion des tissus mous.....	53
II.2.7 Discussions sur la technique d'IST.....	59
<b>II.3 La technique par codification des vis de cicatrises ENCODE.....</b>	<b>61</b>
II.3.1 Les différentes vis de cicatrisation Encode Bella teck.....	62
II.3.2 Description de la technique d'empreinte.....	64
II.3.3 Empreinte optique pour la réalisation d'un pilier implantaire personnalisé en Titane.....	72
II.3.4 Comparaison entre l'empreinte conventionnelle à ciel ouvert et l'empreinte optique sur les vis de cicatrises Encode.....	74
<b>III. Différences entre empreinte conventionnelle, empreinte optique indirecte et empreinte optique intra buccale.....</b>	<b>75</b>
<b>III.1 Empreinte optique versus empreinte conventionnelle.....</b>	<b>77</b>
<b>III.2 Comparaison entre la technique d'empreinte optique directe et l'empreinte optique indirecte.....</b>	<b>80</b>
III.2.1 Précision des modèles obtenus par empreinte optique directe ou indirecte.....	80
III.2.2 Différences entre les techniques d'empreinte optique directe et indirecte.....	84

<b>III.3 Avantages de la technique d'empreinte optique intra-orale.....</b>	<b>86</b>
<b>III.4 Limites de l'empreinte optique intra-orale.....</b>	<b>88</b>
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>89</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>91</b>
<b>TABLE DES ILLUSTRATIONS.....</b>	<b>95</b>

## Introduction

Depuis maintenant cinq ans, on constate l'omniprésence du numérique dans l'art dentaire ; on utilise de plus en plus l'image dans l'espace à trois dimensions (3D): en imagerie radiologique, en chirurgie implantaire, en endodontie et dans la mise en œuvre de prothèses dentaires par la conception et fabrication assistées par ordinateur (CFAO).

L'implantologie est une des disciplines qui présente le plus d'avancées ces deux dernières décennies ; que ce soit dans les parties pré- per- ou post-prothétiques. Aujourd'hui, l'implant est la solution thérapeutique la plus sûre pour remplacer une dent. En effet, l'implant peut supporter les forces masticatoires de l'ordre de 80 à 100 Kg par cm<sup>2</sup> et offre une réponse esthétique très acceptable. Cependant le coût de l'implant freine certains patients ; mais également les dentistes qui trouvent l'implantologie trop complexe pour s'y lancer.

L'étape la plus critique dans le processus de fabrication des supra structures implantaires fixes est l'empreinte précise des implants dentaires et leur profil d'émergence. L'empreinte optique intra-buccale est peut-être la solution pour éviter la perte d'informations entre l'empreinte et la fabrication de la prothèse.

L'empreinte optique digitale permet au chirurgien dentiste d'avoir, au fauteuil, une image virtuelle tridimensionnelle de l'implant en position sub gingivale grâce à un système optique couplé à un ordinateur. À partir de cette empreinte optique, un modèle virtuel est conçu grâce à un logiciel pour permettre la fabrication par usinage du pilier implantaire.

Le pilier implantaire constitue la transition entre la racine artificielle ostéointégrée et la restauration prothétique. Il faut donc fabriquer des parties secondaires personnalisées adaptées anatomiquement au profil d'émergence ; surtout si la situation de l'implant est complexe du point de vue esthétique : la difficulté étant la gestion des tissus mous.

L’empreinte numérique intra buccale est-elle la solution la plus efficace en termes de précision pour la réalisation de piliers implantaires ? Quels avantages supplémentaires cette nouvelle technique procurera-t-elle au praticien ?

Nous allons donner des moyens aux praticiens de réfléchir à cette problématique et trouver des solutions plus acceptables dans leurs démarches cliniques. Pour répondre à ces questionnements, nous allons d’abord traiter le sujet de l’empreinte numérique intra-buccale, puis les techniques d’empreintes numériques intra-orales proposées aujourd’hui en implantologie, la chaîne de traitement de cette empreinte pour la réalisation des supra-structures implantaires, la comparaison entre l’empreinte numérique intra-buccale , l’empreinte optique indirecte et l’empreinte conventionnelle et enfin les avantages et inconvénients de cette technique.

## I. Principe de l’empreinte optique intra-orale

L’empreinte que nous allons étudier utilise un procédé exploitant la lumière pour enregistrer l’arcade dentaire en trois dimensions: elle est dite **optique**. Elle est pratiquée directement dans la bouche du patient : elle est nommée **intra-orale**. Dans cette première partie, nous allons détailler les différents systèmes d’empreinte utilisant ce procédé, et leur fonctionnement.

### I.1 Principe de fonctionnement des systèmes d’empreintes optiques intra-orales implantaires

L’empreinte optique intra orale sur implant a pour but la **numérisation** c'est-à-dire l’enregistrement en trois dimensions de la position de l’implant en bouche. En effet, on obtient après modélisation (étape d’infographie tridimensionnelle qui consiste à modéliser dans un logiciel un objet en 3D), la situation sub-gingivale de l’implant au sein de l’arcade dentaire. Dans cette sous partie, nous allons détailler les principes généraux de l’empreinte optique et de la numérisation.

#### I.1.1 Principe généraux de l’empreinte optique

L’empreinte optique comporte deux étapes avant l’étape d’**usinage** : (1)

- L’enregistrement optique, c'est-à-dire le **captage**.
- La **modélisation** en 3D.

Pour la réalisation de l’empreinte optique, l’opérateur a besoin :

- D’une unité de prise d’empreinte : un scanner tridimensionnel ou une **caméra optique** et un capteur CCD photographique (charges-coupled-divice),
- D’un ordinateur avec un logiciel de modélisation pour numériser les données captées.

### **I.1.2 Principe généraux des caméras :**

Une lumière monochrome est émise sur l’objet par un type de balayage qui diffère selon les scanners. Il existe quatre types de balayages : par points (principe du scanner), par lignes, par trames ou par holographes. (2)

Les photons de cette source de lumière sont réfléchis vers le capteur du scanner en passant par une lentille. Les informations sur l’objet sont ainsi captées et seront analysées par numérisation.

La lumière émise diffère selon les fabricants : elle se différencie par la longueur d’onde choisie par chaque constructeur. Plus elle est courte, plus l’image sera précise. Par exemple : elle est bleue (ultra-violets) pour le constructeur Sirona, rouge (infra-rouges) pour Cadent.

Les objets brillants (comme l’émail), miroitants ou transparents sont difficiles à être numérisés car peu de photons sont réfléchis vers la caméra, c’est pourquoi certains fabricants préconisent la mise en place préalable de poudre antireflets blanche qui permettra à plus de photons d’être réfléchis vers le capteur de la caméra. Mais aujourd’hui certaines marques ont conçu des caméras qui n’ont pas besoin de cette poudre (comme iTero de Cadent® ou Cerec Omnicam de Sirona®).

Les caméras que nous allons étudier ont un fonctionnement optique différent. Nous allons énumérer succinctement quatre différentes techniques de détection optiques du volume. **(3)**

Le concepteur Sirona ayant décidé de ne pas dévoiler son fonctionnement, nous ne pourrons pas étudier en profondeur les mécanismes en jeu.

- **La triangulation active :**

Une caméra projette une lumière de courte longueur d'onde (photons parallèles collimatés) sur le volume à enregistrer en utilisant le principe de balayage par trames (une série de stries parallèles). Le faisceau de lumière réfléchi passe par un miroir pour être dévié vers la surface à enregistrer puis passe par un cristal conoscopique et atteint le capteur CCD qui convertira un signal lumineux en signal électronique.

C'est grâce au jeu de miroir que les trames lumineuses sont décalées : on obtient ainsi une image en relief.

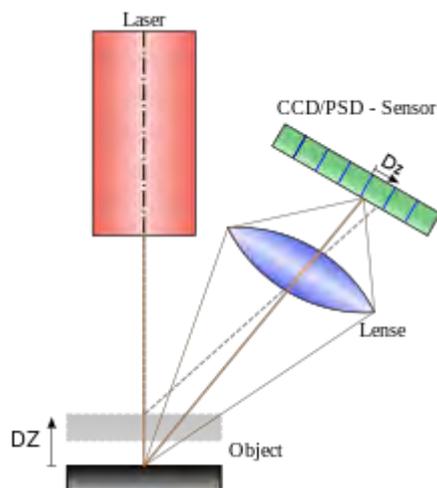


Figure 1 : Figure représentant la technique de la triangulation.

Le format de triangulation permet d'obtenir un cône oblique de lumière pour capturer une seule image à 15 mm. (4)

L'observation de cette trame par le capteur CCD spécifique utilise une technique optique d'interférométrie de la lumière permettant d'obtenir une image en 3D avec un temps très court.

Ce procédé optique est utilisé par la caméra endobuccale **CEREC Bluecam®**. Ce principe de détection du volume acquiert une profondeur de champ limitée (confer page 20) et demande un calibrage préalable du système optique.

- **La technique du moiré, ou technique d'effet de contraste :**

La surface à numériser est balayée par un faisceau laser qui produit des lignes multiples. La technique de Moiré calcule par de multiples formules mathématiques les volumes des surfaces balayées (5). La caméra endobuccale qui utilise cette technique est l'**E4D®**.

- **Imagerie parallèle confocale :**

Cette technique utilise le principe du microscope confocal inventé par Minsky en 1953. (6). La caméra endobuccale est constituée d'un faisceau laser et d'un scanner optique pour prendre des clichés dans des plans de mise au point (plans focaux) espacés d'environ 50  $\mu\text{m}$ . (7)

Ce procédé est utilisé par les fabricants **iTero®**.

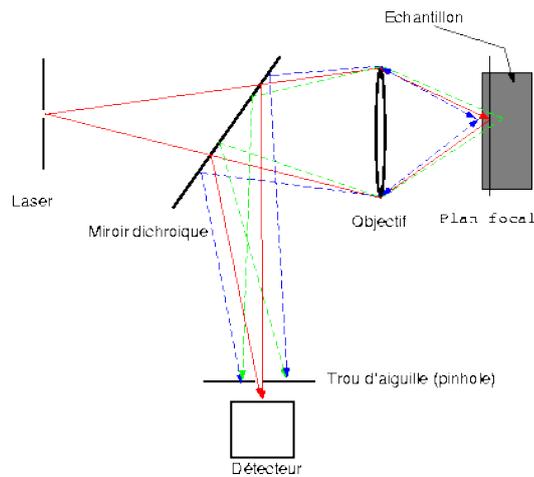


Figure 2: Image représentant le principe du microscope confocal.

- **Mesure de profondeur par utilisation des propriétés de défocalisation :**

Une diode laser émet un faisceau lumineux sur la surface à mesurer et le signal réfléchi est renvoyé sur le récepteur. Les photons réfléchis sont déplacés par une lentille afin d'obtenir sur les cellules photoélectriques du capteur CCD une intensité lumineuse réfléchie maximale.

Lorsque la surface à enregistrer n'est pas dans le plan focal d'un dispositif optique, on obtient des images floues. Le diamètre de l'image floue est proportionnel à la distance séparant l'objet du plan focal. (8)

La variation de diamètre de la lumière lors de la mesure déclenche une recherche de focalisation par un déplacement de la lentille dans un sens vertical. La lentille est couplée à système de déplacement vertical qui enregistre la hauteur de focalisation qui correspond au signal topographique. (9)

Cette technique permet la capture des images tridimensionnelle en séquence vidéo (20 données 3D par seconde) et d'obtenir les modèles numériques en temps réel. La caméra intraorale **Lava C.O.S®** de 3M ESPE utilise cette technique.

### I.1.3 Principe de numérisation

La numérisation a pour but de reconstruire un objet en 3D qui représente un objet réel. Ce procédé permet la conversion d'un signal lumineux en une suite de nombres : l'objet sera représenté par un ensemble de nombres réels. Ces nombres sont ensuite traités par un logiciel : c'est la modélisation.

Pour être plus précis, l'interface informatique analyse le positionnement d'un ensemble de points grâce à un système de points (nombres entiers pour désigner la position des points dans l'espace). (10) On parle de cartographie : le point est déterminé par des coordonnées sphériques ( $r, \varphi, \Theta$ ), où  $r$  est la distance entre le point et le scanner ;  $\varphi$  et  $\Theta$  sont les angles formés entre la ligne allant du point analysé au scanner à deux plans, horizontal et vertical, passant par le point d'origine.

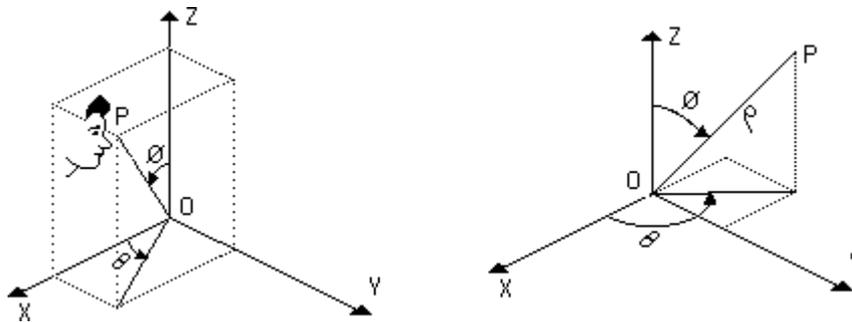


Figure 3: Schéma représentant le système de coordonnées sphériques.

Quelque ce soit la technique d'acquisition ou de numérisation tridimensionnelle utilisée, plusieurs captages sont réalisés pour permettre d'avoir un modèle volumique. Le logiciel utilisé superpose les parties communes de ces différents clichés et les met bout à bout par concaténation.

## I.2 Description des différentes caméras intra-orales

Pour la réalisation d'une empreinte optique nous avons besoin d'une caméra et d'un ordinateur doté d'un logiciel de numérisation.

Dans cette sous partie nous allons détailler les différentes caméras et leur différences. Nous n'allons pas parler des logiciels de numérisation. Nous dirons seulement que le logiciel utilisé est de la même marque que celle de la caméra utilisée.

### I.2.1 Les caméras intra-orales

La conception et fabrication assistées par ordinateur (CAO/CFAO) est en service depuis quarante ans. Elle a pour objectif d'obtenir des données à partir de balayages numériques précis des arcades dentaires, qui seront transmis directement à des systèmes de fraisages capables de fabriquer des suprastructures implantaires en alliage céramique ou en Titane.

Elle a fait son apparition en 1973 par son inventeur français le Professeur François Duret diplômé de l'Université de Lyon. Ce dernier expose les bases de la CFAO dans sa thèse intitulée « l'empreinte optique ». Ce chercheur a obtenu le brevet en 1984 et c'est à Chicago qu'il montre par une démonstration la fabrication d'une couronne en quatre heures.

Pendant ce temps, en 1980, un dentiste suisse, le Dr. Wermer Mörman et un ingénieur électricien suisse, Marco Brandestini ont développés le premier système commercial de CFAO pour la fabrication de prothèses : le **CEREC®**.

Cela fait maintenant 30 ans que l'empreinte optique est réalisée à l'aide d'un **scanner tridimensionnel**. Aujourd'hui, c'est avec une **caméra** que l'on enregistre l'arcade dentaire.

### Les différentes caméras:

Il existe actuellement de nombreux systèmes d'empreinte sur le marché. Nous n'allons en étudier que quatre, car nous ne nous intéressons qu'à l'empreinte optique sur implants : le Cerec® (Omnicam et BlueCam), Lava cos®, iTero® et 3shape®. Nous n'allons pas parler ici de l'appareillage E4D® car ce dernier a très peu de contrats commerciaux avec les fabricants d'implants.

- **Sirona CEREC® 3** : nous allons nous intéresser aux deux nouvelles technologies de cette marque : la **BlueCam et l'OmniCam**.

Le Cerec est le premier Scanner à être sur le marché. Il fait son entrée en 1987. (11) Grâce aux inventions du Professeur Duret, les deux chercheurs suisse et italien ont pu mettre en œuvre un système couplant scanner 3D numérique et unité d'usinage (Cerec inLab MC XL) par soustraction. La prothèse est réalisée après la mise en place (dans l'unité d'usinage) des blocs de céramique d'oxyde de zirconium qui existent en plusieurs teintes.

Le Cerec 3 est composé d'un ordinateur capable de numériser les images en 3D, le modèle une fois numérisé est stocké. La modélisation sera effectuée grâce au **logiciel CEREC AC®**.



Figure 4 : Image représentant le moniteur Bluecam de Cerec

Le système d'empreinte Cerec® est basé sur le principe de triangulation active. L'inconvénient de cette technique est que la surface à enregistrer doit être uniforme sinon la lumière est réfléchiée différemment. Cela signifie qu'il est nécessaire d'enduire la partie à enregistrer de poudre avant l'étape de balayage. La dernière version du CEREC® utilise des diodes électroluminescente bleues (LED). En projetant une lumière bleue intense de courte longueur d'onde, cela permet une meilleure précision d'empreinte : Bluecam et Omnicam.

➤ **Cerec BlueCam**



Figure 5 : Photographie représentant la caméra intra-orale Bluecam de chez Sirona.



Figure 6: Photographie représentant un balayage intra-oral par trames.

Il existe la possibilité d'un déclenchement automatique, **rapide** (il est possible de capturer une demi-arcade en moins d'une minute) et **précis**, sans images floues et une grande profondeur de champ (confer page 14). Le cliché peut être pris au contact de la dent adjacente de l'implant ou à distance.

Le CEREC Bluecam prend une série de clichés et le logiciel les regroupe pour former un modèle numérique en 3 Dimensions. La caméra détecte seule le moment où la prise de vue est la meilleure, cela, permet de prendre que des images nettes. En effet, il y a un détecteur de mouvement intégré dans la caméra pour prendre des clichés spontanés quand la caméra est en situation immobile. Le logiciel CEREC sélectionne par la suite les meilleurs clichés.

- **Cerec Omnicam** : est au prix de 42 000 euros. C'est un **système fermé** comme tous les appareillages CEREC ; c'est-à-dire que l'empreinte, la modélisation et l'usinage ne se font qu'avec la même marque.



Figure 7 : Image de la caméra Omnicam.



Figure 8 : capture d'écran d'un modèle numérique dentaire en couleurs

Cette caméra permet d'exécuter une empreinte de façon **rapide et précise**. La visualisation de l'objet numérisé se fait en direct sur l'écran d'ordinateur via un **flux vidéo en couleur** : le modèle 3D se construit au fur et à mesure. On peut s'arrêter et reprendre l'opération.

L'enregistrement des tissus dentaires et gingivaux ne nécessite **pas de poudrage** ; ce qui apporte un **gain de temps** et d'ergonomie non négligeable. La tête de la caméra a des dimensions réduites ce qui facilite l'empreinte des sites postérieurs. L'enregistrement est possible si le patient est assis ou allongé pour une posture plus **ergonomique**.

- **Lava Chairside Oral scanner (C.O.S) :**



Figure 9: Image représentant l'unité d'empreinte de la marque LAVA



Figure 10: Photographie de la caméra du concepteur LAVA

Le Lava <sup>TM</sup> Chairside Oral Scanner (COS) a été créé à Brontë Technologies à Lexington, dans le Massachusetts, et a été acquis par 3M ESPE® (St. Paul, MN) en Octobre 2006. Le produit a été officiellement lancé en Février 2008. Ce dispositif est constitué d'un chariot mobile comprenant un processeur, un procédé d'affichage à **écran tactile** et une caméra. L'appareil contient un système optique très complexe composé d'un système de 22 lentilles et de 192 cellules photoélectriques. La caméra du Lava COS indique une pointe de 13,2 mm de large et pèse 390 g.

Le Lava C.O.S. permet de capturer des données 3D par une séquence **vidéo** et des modèles numériques donnés en temps réel (environ 20 données 3D par seconde).

L'opérateur peut faire pivoter et agrandir les images à l'écran, et peut également passer de l'image 3D à une vue 2D (le dentiste peut voir ces images tout en portant des lunettes 3D).

- **Cadent iTero:**

Il existe l'iTero 1 et l'itero 2 qui viennent de sortir aux Etats Unis.

Après cinq ans de recherches et d'essais cliniques, ce scanner a été présenté début 2007. L'iTero est basé sur la théorie du microscope confocal parallèle : le scanner émet un faisceau de lumière par un petit trou (100 000 faisceaux de lumière rouge toutes les tiers de secondes), cette lumière sera réfléchiée après avoir touché la surface que l'on veut enregistrer.



Figure 11: Figure représentant la manette d'iTero 1 simulant la théorie du microscope confocal

Les photons réfléchis sont convertis en données numériques. Sur cette caméra, il n'y a **pas besoin d'agent réfléchant**, tel que la poudre de dioxyde de titane. Ce système comprend : un ordinateur, un moniteur, une souris, un clavier intégré, une pédale de pied et une caméra montés sur un chariot mobile. L'extrémité de la caméra est la **plus large** de tous les scanners, donc demande une **ouverture buccale** du patient beaucoup plus importante. On peut noter la présence d'une aide vocale qui guide le chirurgien dentiste dans ses enregistrements. Les **images en couleurs** sont progressivement présentées sur le moniteur avec l'appui sur la pédale.



Figure 12: Photographie représentant la manette itero 2 en bouche



Figure13 : Image de l'unité de prise d'empreinte itero 2.

- **3shape Trios :**

L'appareillage 3Shape de Trios est né en décembre 2010, sa présentation est faite en mars 2011 à Cologne en Allemagne. Il est basé sur le principe du microscope confocal. Il possède un **balayage très rapide** et performant, ce qui donne une empreinte **précise et rapide**.

### **I.2.2 Les différences entre les différentes caméras**

Nous allons lister dans cette sous partie quelques différences entre les quatre scanners décrits précédemment.

- Poudrer la partie à enregistrer : obligatoire pour la Bluecam et le Lava Cos. Cela demande une action supplémentaire dans le protocole, un achat supplémentaire. De plus, le poudrage peut être une cause de source d'erreur d'empreinte si la salive n'est pas gérée par des rouleaux de coton.
  
- Capture d'écran : par film pour l'Omnica et le Lava Cos. Cela est plus rapide, on fait défiler la caméra dans la bouche du patient sans s'arrêter pour chaque prise de vue.
  
- Empreinte en couleur : pour l'Omnica et l'iTero 2. A noter un petit plus pour l'Omnica qui présente des couleurs plus naturelles.
  
- Le poids et les dimensions de la caméra : la caméra la plus légère est la Bluecam (270 g). La plus lourde est la Lava Cos (390g). Celle qui est la plus fine est la Lava Cos (1,31cm), et possède également l'embout le plus fin (13,2 mm).
  
- Le prix : l'Omnica est la plus onéreuse, car c'est la dernière mise sur le marché ; le prix varie selon les constructeurs : 25 000 euros pour iTero1, 30 000 euros pour iTero 2 et 36 000 euros pour le 3Shape.

## COMPARATIF ENTRE CEREC BLUECAM ET CEREC OMNICAM



Figure 14: Photographie représentant les manettes Omnicam à gauche et Bluecam à droite.

La Manette Omnicam est **moins large** que la Bluecam mais **plus lourde**.

### TABLEAU COMPARATIF ENTRE OMNICAM ET BLUECAM

Caractéristiques	CEREC Omnicam	CEREC Bluecam
Mode de prise de vue	<b>Filmer</b> Saisie des données en continu et génération du modèle 3D en couleur.	<b>Photographier</b> Création du modèle 3D à partir d'un petit nombre de clichés.
Domaine d'utilisation	Restauration unitaire, quadrants, arcade complète (plus la zone à saisir est importante, plus l'absence de poudrage prévaut)	Restauration unitaire, quadrant (arcade complète possible)
Dimensions	Longueur totale : 228 mm Longueur de l'embout de la caméra : 107 mm Hauteur et largeur de l'embout : 16 mm	Longueur totale : 206 mm Longueur de l'embout de la caméra : 86 mm Hauteur et largeur de l'embout : 21 x 19 mm
Poids	313 g	270 g
Distance/Profondeur de champ	0-15 mm : un faible écart est maintenu entre la caméra et les dents.	La caméra peut être posée directement sur les dents.
Données ouvertes*	✓	✓
Sans frais d'envoi des empreintes via Sirona Connect (transmission de données d'empreintes à un laboratoire externe)	✓	✓
Combinaison possible avec une unité d'usinage	✓	✓
Mode « Conseils aux patients »	✓	
Scannage 3D en couleur	✓	
Pas de poudrage préalable	✓	
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Manipulation d'une simplicité inégalée</li> <li>■ Prise d'empreinte sans poudrage</li> <li>■ Cliché 3D précis aux couleurs naturelles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Précision plébiscitée par des milliers de praticiens</li> <li>■ Manipulation aisée</li> <li>■ Rapidité de la prise d'empreinte</li> </ul>

\* Les données d'empreintes numériques peuvent être traitées avec le logiciel inLab (via le portail Sirona Connect) ou un logiciel tiers (exportation des données de construction inLab via l'interface Open inLab).

Figure 15 : Tableau comparatif entre les deux dernières caméras de Sirona®.

Les principales évolutions de l'Omnicam par rapport à la caméra Bluecam sont la capacité de filmer, d'avoir une image en couleur et la non nécessité de poudrer avant l'empreinte.

## TABLEAU COMPARATIF DES DIFFERENTS SCANNERS MIS SUR LE MARCHE (12)

Intraoral scanner	Company	Working principles	Light source	Imaging type	Necessity of coating	In-office milling	Output format	Commercial availability
CEREC®AC-Bluecam	Sirona Dental System GMBH (DE)	Active triangulation and confocal microscopy	Visible blue light	Multiple images	yes - titanium dioxide	yes	Landlord	Available
iTero	Cadent LTD (IL)	Parallelal confocal microscopy	Red Laser	Multiple	none	no	Landlord and STL	Available
E4D	D4D Technologies, LLC (US)	Optical coherence tomography and confocal microscopy	Laser	Multiple	occasionally	yes	Landlord	Available
Lava™ C O S	3MESPE (US)	Active wavefront sampling	Pulsating Visible blue light	Video	yes - titanium dioxide	no	Landlord	Available
IOS FastScan	IOS Technologies, INC. (US)	Active triangulation and Schlemplflug principle	Laser	3 images	yes	no	STL	Not Available
DENSYS 3D	Densys LTD. (IL)	Active stereophotogrammetry	Visible light	2 images	not disclosed	no	ASCII	Not Available
DPI-3D	Dimensional Photonics International, INC (US)	Accordion fringe interferometry (AFI)	Wavelength 350 - 500 nm	Multiple images	none	no	Not disclosed	Not Available
3D Progress	MHT S.P.A. (IT) - MHT Optic Research AG (CH)	Confocal microscopy and Moiré effect	not disclosed	3 images	occasionally	no	STL	Not Available
directScan	HINT - ELS GMBH (DE)	Stereoscopic vision	not disclosed	Multiple images	not disclosed	no	STL	Not Available
trios	3Shape A/S (DK)	Confocal microscopy	not disclosed	Multiple images	not disclosed	no	Not disclosed	Not Available

Figure 16 : Tableau comparatif entre les scanners intra oraux

Les différents systèmes d'empreinte intra oraux utilisent des techniques optiques différentes. On peut noter que le poids des caméras est différent selon les fabricants. Pour une bonne préhension de cette dernière, elle doit avoir un poids ni trop important ni trop faible.

C'est au praticien de tester chaque caméra pour en faire sa propre opinion.

## **II. L’empreinte optique intra-orale pour la réalisation d’un pilier implantaire personnalisé**

Dans cette partie, nous allons parler des différentes étapes, à travers deux techniques, pour la réalisation d’un pilier implantaire personnalisé à partir d’une empreinte optique intra-orale.

### **II.1 Présentation de la réalisation d’un pilier implantaire personnalisé à l’aide de la CFAO.**

Le **pilier implantaire personnalisé** a la particularité d’être adapté anatomiquement au fût de l’implant et aux tissus muqueux péri implantaire ce qui est différent des **piliers implantaires standardisés**.

On peut distinguer trois étapes dans son processus de fabrication :

- **Le captage** : c'est-à-dire l’empreinte optique directe. On va détailler deux techniques d’empreinte : la technique utilisant des « Scanbodies », et la technique utilisant les vis de cicatrisation Encode®.
- **La modélisation** : la conception du pilier implantaire personnalisé.
- **Et son usinage** : c'est-à-dire sa fabrication.

Le pilier implantaire est dit personnalisé car lors de sa modélisation, le prothésiste le dessine en fonction de la hauteur gingivale, de la distance mésio-distale et une angulation correcte. (13)

## II.2 La technique « individualized scanbody technique » (IST)

Nous allons décrire une technique d’empreinte optique pour implants à travers un cas clinique. Ce cas clinique décrit la fabrication d’un pilier implantaire personnalisé et sa restauration en zirconium en position antérieure (site 22).

### II.2.1 Description de la technique d’empreinte : le captage

Traditionnellement, l’empreinte de la situation d’un seul ou plusieurs implants se fait par la technique « **pick up** » ou « **pop up** » (à ciel ouvert ou fermé) utilisant un porte empreinte et des transferts d’empreintes. Ici, l’empreinte de l’implant ostéointégré a été faite directement en bouche avec **un transfert d’empreinte optique préfabriqué**, communément appelé « **Scanbody** » et avec une caméra. On parle de **Technique de corps de Scannage Individualisé** (en anglais IST), car on utilise un scanbody conforme aux dimensions et au profil d’émergence de l’implant. A l’aide d’un logiciel de CFAO, on peut réaliser un modèle numérique avec l’analogue d’implant. Le pilier implantaire personnalisé et sa couronne peuvent être alors réalisés.

Il existe différents appareillages intra oraux comme on a vu dans le chapitre précédent, et chaque marque de scanner a des contrats commerciaux avec des marques de distributeurs dentaires.

Dans ce cas clinique, les opérateurs ont utilisé le scanner **Cadent iTero®** et le **scanbody** de la marque **Straumann®**.

Une provisoire a été mise en place pour soutenir les tissus mous et ainsi créer le profil d’émergence souhaité. Cette étape permet de moduler la gencive pour pouvoir l’exploiter numériquement.

**Ordonnancement de la technique du captage :**

1. Examiner minutieusement l'occlusion et l'esthétique de la provisoire supra-implantaire existante. Faire des photos cliniques pour multiplier les informations au laboratoire dentaire pour la fabrication de la restauration définitive.
2. Dévisser la provisoire, la sortir et nettoyer le site en enlevant les résidus de ciment de scellement provisoire. On obtient grâce à la provisoire des tissus mous sculptés.



Figure 17 : De gauche à droite: tissus mou sans provisoire, après dévissage de la provisoire, image radiographique de l'implant en place avec la provisoire.

3. Serrer le scanbody avec le tournevis et avec un appareil rotatif et contrôler la vitesse de couple avec 10Ncm de couple de serrage.

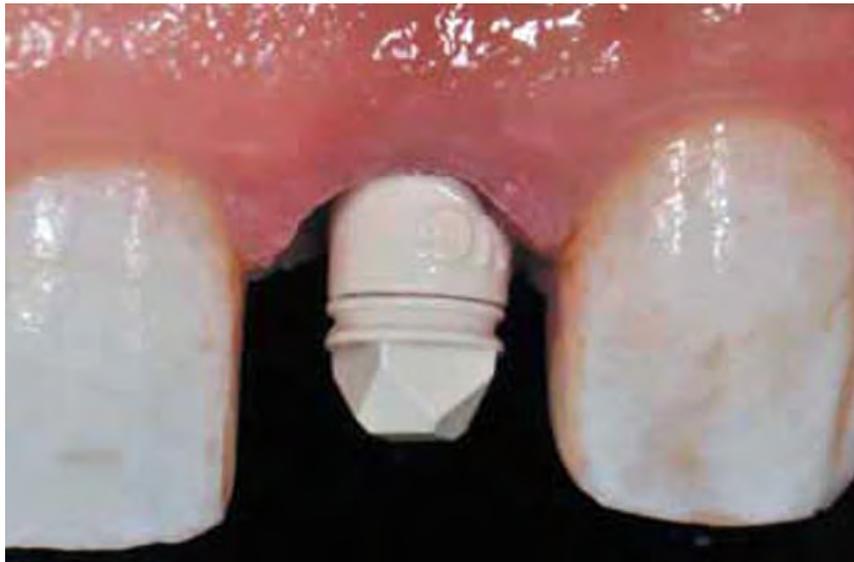


Figure 18 : Photographie du scanbody Straumann en place, vue frontale.



Figure 19 : Photographie du Scanbody en place, vue occlusale.

4. Il faut faire l'empreinte définitive et de l'arcade opposée et un enregistrement occlusal avec un scanner optique intra oral en fonction de son manuel d'utilisation. On doit avoir la position de la plate-forme de l'implant et les contours de la muqueuse supra-implantaire. Approuver l'empreinte numérique et transmettre l'ensemble des données au fabricant (Cadent) pour poursuivre la modélisation.

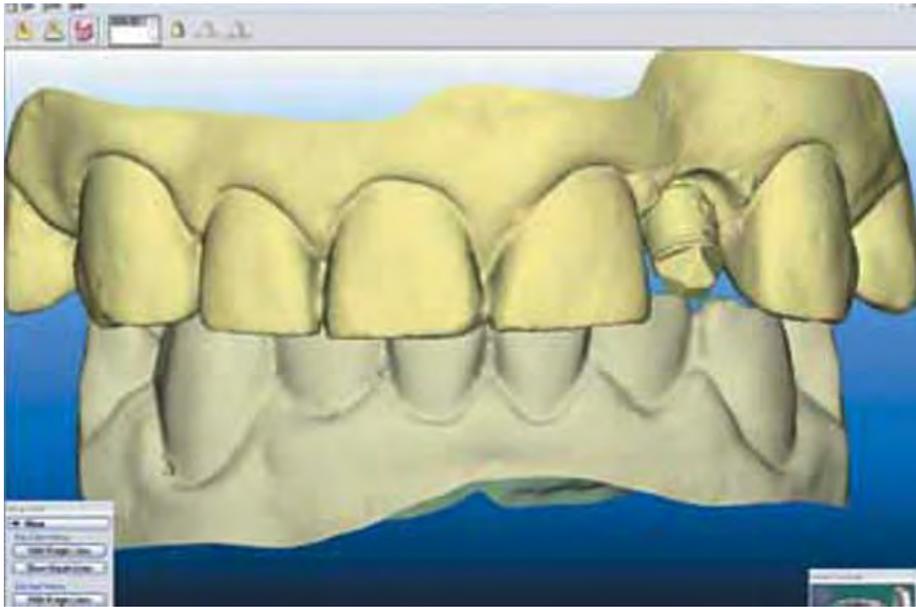


Figure 20 : Image représentant le modèle numérique scanbody en place, en vue frontale.

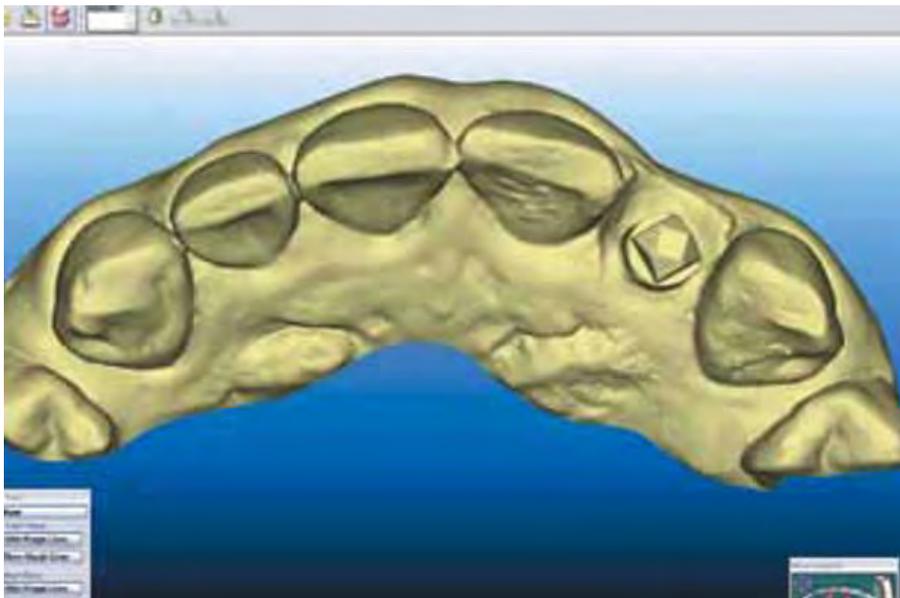


Figure 21 : Image représentant le modèle numérique scanbody en place, en vue occlusale.

## II.2.2 Ordonnancement de la modélisation et l'usinage.

1. Télécharger l'information de l'analogue de l'implant virtuel du modèle définitif sur le serveur internet du fabricant dans le laboratoire de prothèse.

2. Communiquer ensuite les images numériques de l'analogue numérisé du modèle définitif au fabricant Cadent pour la fabrication du modèle définitif en polyuréthane avec l'analogue d'implant.

3. Au laboratoire dentaire, créer le pilier anatomique en zirconium avec le logiciel. La modélisation peut être résumée par ces quelques étapes : (14)

- Régler l'axe d'introduction : vérifier que le scanbody ne masque pas la ligne gingivale. (15)
- Le pilier implantaire personnalisé doit avoir une position de 1mm en dessous de la ligne gingivale pour que le joint prothétique soit en place sous gingivale.
- Réaliser la construction : pendant la modélisation (icône Edit), la tête de l'implant est visible ainsi que la ligne gingivale péri-implantaire. La tête du scanbody ne doit pas interférer avec cette ligne.
- Adapter la forme de la méso-structure en fonction de l'antagoniste.
- Evaluer l'aperçu avant la phase d'usinage.

4. Une fois le pilier modélisé et enregistré, on communique électroniquement par mail les données du pilier conçu au fabricant Straumann® pour la fabrication du pilier implantaire personnalisé.



Figure 22 : Capture d'écran représentant le pilier numérique une fois modélisé, en vue frontale.

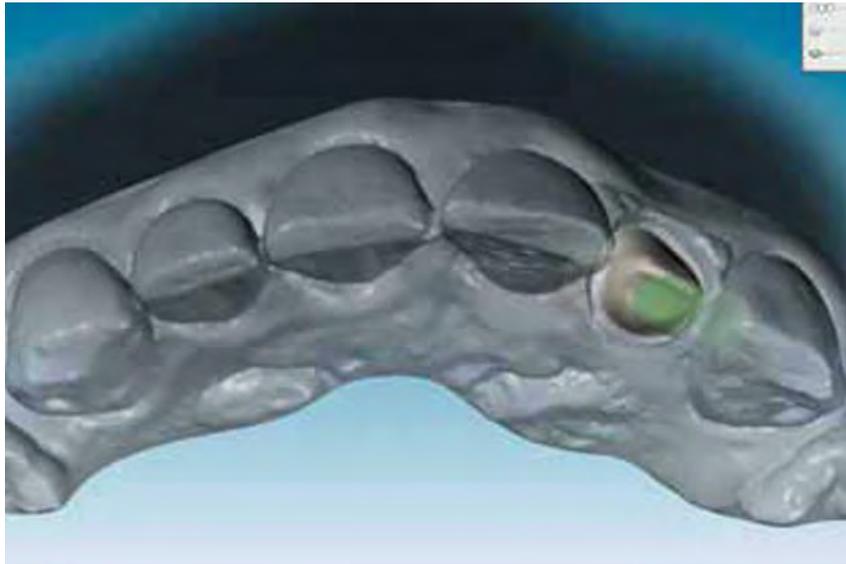


Figure 23 : Capture d'écran représentant le pilier numérique une fois modélisé, en vue occlusale.

5. L'usinage est lancé à partir de l'ordinateur. Il faut choisir d'abord la teinte du pilier, prendre le block d'usinage, l'insérer dans la machine d'usinage et lancer le programme de fabrication.

6. Un modèle doit être usiné pour pouvoir fabriquer la couronne supra-implantaire. L'unité d'usinage fabriquera en modèle polyuréthane par soustraction. Une fois ce dernier terminé (chez le fabricant Cadent) et le pilier anatomique usiné (par Straumann) ; ils sont envoyés par courrier chez le prothésiste dentaire.
7. Au laboratoire, le prothésiste articule le modèle définitif avec le modèle antagoniste dans un articulateur spécial (iTero articulator ; cadent Ltd). Puis, il fait correspondre le pilier anatomique fabriqué en zirconium avec l'analogue de l'implant.
8. Le prothésiste marque la gencive marginale autour de l'implant sur le modèle définitif avant l'ajustement pour éviter des modifications non nécessaires sur le modèle définitif.



Figure 24 : Photographie du pilier implantaire personnalisé sur le modèle en polyuréthane.



Figure 25 : Photographie de l'essayage du pilier implantaire en bouche.

### II.2.3 Présentation des différents scanbodies

Il existe différents scanbodies (corps de scannage) sur le marché. Mais le terme de scanbodies est utilisé pour la technique d'empreinte directe (intra-orale) mais également pour la technique indirecte au laboratoire (c'est-à-dire le scannage du scanbody est positionné sur le modèle en plâtre). (16) Nous allons décrire dans cette sous-partie que les scanbodies utilisés en technique directe, dans la fabrication des piliers implantaires personnalisés.

#### - **Glidewell Laboratories Inclusive® :**

Ce sont des Scanbodies scannables par les appareillages optiques **3Shape** de 3M ESPE et **iTero** de Cadent.

Les implants compatibles avec ces corps de scannage sont : Astra Tech®, Bränemark®, Keystone®, PrimaConnex®, Neoss®, Nobel Active™, Straumann® et Zimmer®. Ils sont disponibles en commande libre sur leur site internet.

Ils sont composés de trois parties : (17)

- Le corps de scannage
- La partie intermédiaire
- La vis de fixation



Figure 26: Photographie des scanbodies Glidewell.

#### - **Straumann® Cares®**

Ces scanbodies peuvent être scannés par les appareillages **Itero** de Cadent, **Lava C.O.S.** de 3M ESPE et **Cerec** de Sirona.

Il existe deux types de scanbodies Straumann: composé de deux ou trois pièces.

#### ❖ **Mono Scanbody**

Composé d'un seul élément de scannage avec une vis de fixation. Ces nouveaux scanbodies ont l'avantage d'être pratique pour le dentiste comme pour le patient grâce à un composant unique. La vis utilisée est autorétentive ce qui offre une marge d'erreur de précision moins importante en raison du nombre limité de composants.

Le praticien place le scanbody Straumann® CARES® Mono dans la bouche, et le transglisse à l'aide de la vis intégrée dans l'implant à l'aide d'un tournevis Straumann. L'empreinte optique peut-être réalisée grâce aux caméras intra-orales **iTero™** ou **Lava™ COS**.

Le nouveau Straumann® CARES® Mono Scanbody est disponible à la vente depuis juillet 2012 dans tous les pays où le système Straumann® CARES® CAD /CAM est commercialisé. Il est compatible avec toutes les plateformes du système Straumann® Dental.

Le scanbody conventionnel composé de trois éléments est toujours disponible à la vente.

❖ **Scanbody 3 pièces : (18)**



Figure 27 : Photographie du Scanbody Straumann CARES composé de trois parties.

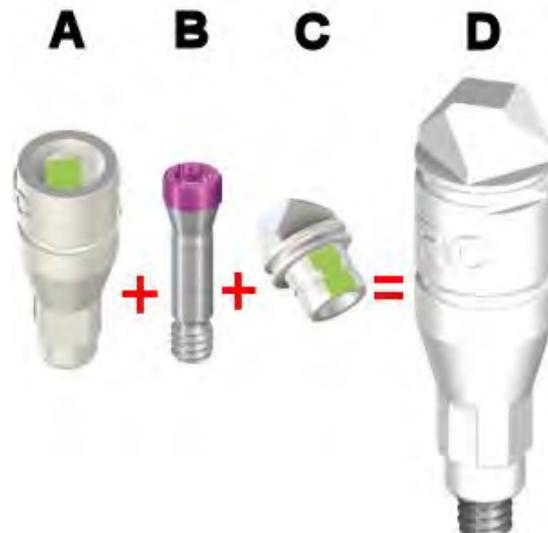


Figure 28 : Schéma représentant le scanbody assemblé

A : cylindre de balayage  
 B : vis de fixation  
 C : capuchon de balay

D : scanbody assemblé

La provisoire est dévissée. Le cylindre de balayage est installé sur l'implant. Il a une forme d'octogone pour faciliter l'assemblage des trois parties. Ensuite on serre avec un tournevis Straumann la vis de fixation, puis on enclenche le capuchon sur le cylindre. Le cylindre de balayage est usiné de telle sorte que les deux côtés intérieurs du cylindre correspondent aux deux faces planes du capuchon.



Ils sont disponibles en trois diamètres implants /plateforme : NN (étroit), IA (régulier), WN (large).

Figure 29: Image représentant les différentes tailles de scanbodies Straumann.

## - Laboratoire Euromax Monaco

Le laboratoire Euromax propose le Transfert de Scan Unico. Il est dit universel car il est compatible **avec toutes les marques de scanners intra oraux.**



Figure 31 : Représentation du Scanbody une fois numérisé.



Figure 30 : Représentation d'un Scanbody Unico.

Il est Compatible avec les implants : Nobel Biocare (Replace®, Bränemark®), Straumann (Synocta™, Bone Level™), 3i (Certain™, External), Zimmer (Tapered Screw-Vent®), Sweden and Martina (Pilot™), Dentsply (Frialit™) et Astra (Astratech™).

On le commande en fonction du type d'implant, du diamètre et du type de la Plateforme :

- NP (Narrow Platform) qui correspond à plateforme étroite,
- RP (Regular Platform) qui correspond à plateforme normale,
- WP (Wide platform) qui correspond à plateforme large.

Grâce à ces mesures, le logiciel de CAO numérisera l'implant. Puis la partie secondaire est modélisée en fonction de la plateforme et du diamètre de l'implant.

- **Camlog®:**

Ces scanbodies sont disponibles pour les diamètres d'implant de : 3,3mm (1pièce), 3,8 (2pièces), 4,3 (2 pièces), 5,0mm (1 pièce), 6,0mm (1 pièce). (19)



Figure 32: Image de scanbodies Camlog de diamètres différents.

Les Contres indications posés par Camlog® sont :

- Hygiène bucco-dentaire insuffisante,
- Espace prothétique insuffisant (inférieure à 7mm),
- Bruxisme,
- Restaurations avec une correction d'angulation supérieure à 20° par rapport à l'axe de l'implant.

La description du produit selon Camlog® :

Il existe 36 pièces à usage unique. Le scanbody est non stérile, il est donc conseillé de le stériliser avant son utilisation.

Ils sont compatibles avec les implants: Nobel Biocare (Replace®, Bränemark® et Nobel Bioactive®), Straumann (Tissuelevel®, Bone Level®), Astra Tech (OsseoSpeed™), Friadent (Xive®), Biomet 3i( Ex hex,Certain®), Zimmer (Tapered Screw-Vent®) et Medentika Implant® (M- Implant).

- **Tibase de Sirona :**

Il existe également des scanbodies utilisés en méthode directe qui permettent la réalisation d'un pilier implantaire personnalisé et de la couronne supra-implantaire sans passer par la fabrication d'un modèle en polyuréthane (20). En effet, la couronne et le pilier sont numérisés en même temps.

C'est le kit TiBase de Sirona qui propose ce système. Une base en titane (Ti-Base™) de Sirona™ est fournie avec une vis pour pilier implantaire et un scanbody. (21)



Figure 33: Photographie du kit d'empreinte optique par Sirona.

L’empreinte optique se fait avec une caméra Sirona. Le TiBase est vissé à l’implant, puis le scanbody est fixé sur la base en titane TiBase grâce à une rainure rétentive.

Le scanbody sert exclusivement à l’enregistrement de la position de l’implant dans le logiciel de CFAO inLab 3D pour la modélisation du pilier implantaire personnalisé.

#### II.2.4 Modélisation et usinage du pilier à l’aide du kit TiBase :

Nous allons décrire cette technique car elle est différente de celle utilisée avec les autres scanbodies.

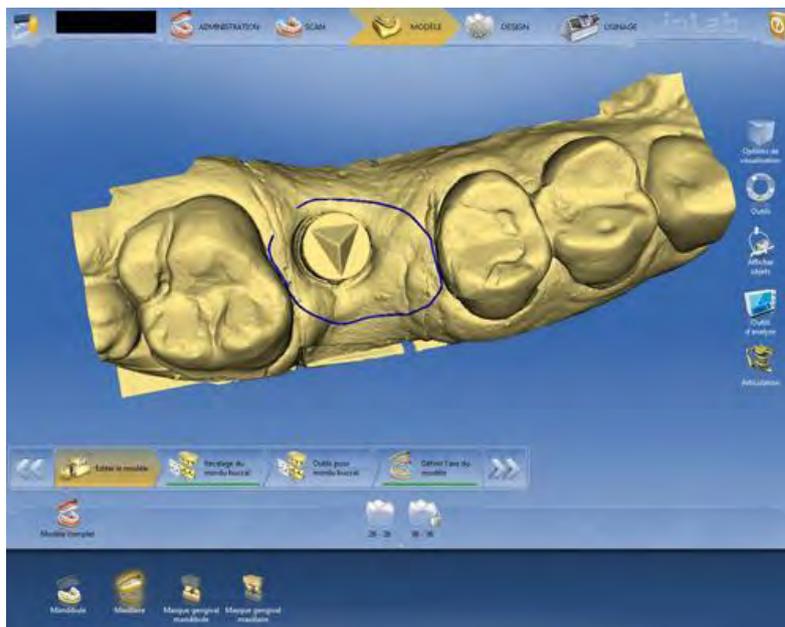


Figure 34: Capture d'écran du scanbody en place.

Le scanbody est fixé sur le Ti-Base. Le tracé de la limite se fait autour du scanbody qui correspond approximativement au volume de la future reconstitution prothétique.

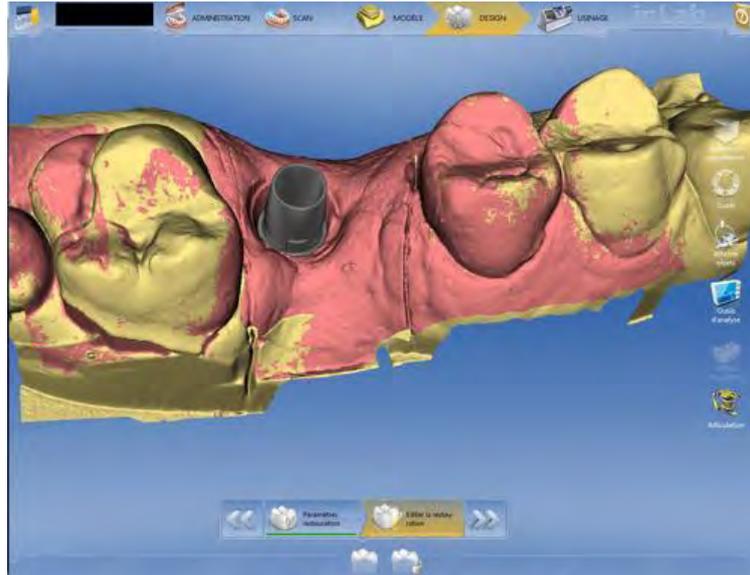


Figure 35: Visualisation en 3D du TiBase avec la gencive.

On enlève le scanbody pour visualiser le TiBase et la gencive. Et on refait une **deuxième empreinte** pour avoir le profil d'émergence.



Figure 36: Capture d'écran représentant la modélisation du pilier implantaire et de la couronne.

Le pilier implantaire est modélisé en même temps que la couronne.

On choisit la teinte du bloc d'usinage, on lance la fabrication : on obtient le pilier implantaire puis la couronne.



Figure 37: capture d'écran du bloc YZ de chez Sirona qui contient la suprastructure et le TiBase.

Lors de sa mise en place en bouche : le pilier implantaire est **collé** au TiBase.



Figure 38: Photographie représentant le tiBase et la suprastructure implantaire en zircone.

L'usinage du pilier implantaire personnalisé et de la couronne supra-implantaire est possible au fauteuil avec le TiBase. Néanmoins la phase d'usinage peut être déléguée au laboratoire. Dans ce cas, les données sont envoyées par Internet au Laboratoire Infinident via le portail Sirona Connect.

## AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES TI-BASES

### AVANTAGES :

- Ajustage optimal entre l'implant le pilier et la couronne (ils sont usinés en même temps au laboratoire) et retouche en bouche minimales. (Réglage possible de l'occlusion dynamique sur articulateur virtuel dans la version CEREC 4.2).
- Réadaptation optimum de l'axe de la future suprastructure par rapport à l'axe de l'implant.
- Technique d'assemblage par collage avec une limite supragingivale (en postérieur) qui permet d'éviter l'excès de ciment difficile à enlever.
- En cas de complications (telles que fracture du pilier implantaire) : on dévisse le Ti-Base par simple forage dans la couronne, et une nouvelle suprastructure implantaire peut être réalisée.

### INCONVENIENTS :

- Difficulté de lecture de l'épaulement du TiBase lorsque la collerette gingivale péri-implantaire est profonde.
- Il n'existe pas encore de systèmes pour la prothèse transvissée.
- Cela demande une utilisation d'un **système fermé** : l'empreinte et l'usinage ne peuvent se faire qu'avec le système Sirona.

Pour avoir une empreinte reproductible, il est important d'étudier la précision des transferts optiques (scanbodies), c'est ce que nous allons étudier dans la prochaine sous-partie.

## II.2.5 Adaptation du scanbody à l'implant

Le transfert d'informations entre la situation clinique et le laboratoire doit être le plus précis possible. Cette transmission de données se fait par l'empreinte optique, elle comprend **la position de l'implant** ainsi que son **inclinaison**. (22) La situation de l'implant peut être retranscrite par le logiciel de CAO, grâce au scannage du scanbody.

Des problèmes de précision des prothèses peuvent apporter des complications biologiques et mécaniques : fracture de la céramique, fracture de l'implant et péri-implantite. C'est pourquoi **l'ajustement des scanbodies**, lors de l'empreinte optique, est primordial pour le transfert précis de la position de l'implant et de son inclinaison.

Certaines études (22) ont pu montrer que les scanbodies sont plus adaptés sur les analogues d'implant que sur les implants. Des mesures ont été faites par un logiciel après plusieurs empreintes optiques faites en bouche et sur un modèle en polymère. On a pu noter une différence de précision entre les scanbodies et les implants de  $39\mu\text{m}$  ( $\pm 58\mu\text{m}$ ) ; entre les scanbodies et les analogues d'implants les variations étaient de  $11\mu\text{m}$  ( $\pm 17\mu\text{m}$ ). (23)

De plus, il a été montré que l'empreinte optique indirecte des scanbodies sur le modèle en plâtre (obtenu par une empreinte pick up) donne des résultats plus précis qu'une empreinte optique des scanbodies vissés sur des implants.

### Discussions :

Les scanbodies sur les analogues d'implants ont une reproductibilité élevée en comparaison avec l'adaptation des implants d'origine. Or, la précision des interfaces de l'implant et de son analogue doit être identique lors de la numérisation des modèles.

Si on se base sur les résultats de cette étude, la technique d'empreinte classique est plus précise que l'empreinte numérique en méthode indirecte. Cependant, il faut noter que cette étude ne met pas en application l'empreinte optique directe intra-orale et que la technique de cette étude demande des étapes de laboratoires supplémentaires qui peuvent fausser les résultats.

Pour améliorer la technique d'empreinte optique utilisant des scanbodies, il est intéressant d'améliorer la précision d'adaptation de ces derniers avec l'implant correspondant.

Ce que l'on peut déduire de cette étude :

- L'empreinte optique à l'aide des scanbodies sur les analogues d'implants est plus précise que celle faite directement sur les implants.
- Donc, la capacité de repositionnement des corps de scannage est meilleure sur les analogues d'implants que sur les implants.
- Les entreprises doivent donc améliorer l'ajustement des scanbodies sur les implants pour avoir un résultat numérique très acceptable.

## **II.2.6 Utilisation de provisoires pour la gestion des tissus mous : (24)**

Nous allons étudier à travers un cas clinique l'utilisation de provisoires pour transférer un profil péri-implantaire bien défini des tissus mous. Les résultats esthétiques sont ainsi mieux contrôlés grâce au profil d'émergence respecté (le résultat esthétique attendu étant la présence de papilles mésiale et distale après la pose des prothèses conjointes définitives). Nous considérons que l'implant est posé correctement, respectant les règles de chirurgies pour créer un espace biologique sain dans un sens vertical, horizontal et vestibulo-lingual.

La provisoire a pour principe de modeler les tissus gingivaux. Il est important de pouvoir les retranscrire au prothésiste pour la fabrication de la supra-structure implantaire définitive.

Cette technique utilise des restaurations temporaires implanto-portées pour transférer le profil d'émergence péri-implantaire au modèle définitif usiné en polyuréthane. La fausse gencive démontable est moulée autour de l'implant pour maximiser les résultats esthétiques des restaurations définitives.

Pour répondre aux exigences esthétiques, les tissus mous sont repoussés grâce à des limites bien marquées de la provisoire transvissée. Cette dernière est laissée quelques mois (deux ou trois mois), le résultat esthétique est validé par le dentiste et le patient.

### **ORDONNANCEMENT DE LA TECHNIQUE :**

1. Au premier rendez-vous clinique : le chirurgien dentiste fait un examen extra et intra-oral complet, c'est-à-dire l'examen des fonctions occlusales, de l'esthétique et du sourire. Il prend ensuite des photographies des provisoires en place. Une fois l'esthétique validée, on fournit au prothésiste les informations nécessaires pour la conception des prothèses.



Figure 39 : Photographie des provisoires implanto-portées sur 13, 14, 23 et 24.

2. On enlève les provisoires implanto-portées et on met en place les scanbodies (ici Straumann®) au niveau des implants à l'aide d'un tournevis avec une vitesse de couple de 15Ncm.



Figure 40 : Photographie du maxillaire après la dépose des provisoires.



Figure 41 : Photographie après la mise en place des scanbodies avec un affaissement direct des tissus mous après la dépose des provisoires.

3. On fait l’empreinte optique en fonction de la notice d’utilisation de l’appareillage utilisé (ici avec iTero Cadent Inc. ®) scanbodies en place pour permettre l’analyse numérique des corps d’empreintes optiques et leur situation par rapport aux autres repères anatomiques.
4. On enregistre l’empreinte numérique et la modélisation peut être commencée au fauteuil ou au laboratoire de prothèses. Le logiciel de CAO (ici itero Cadent®) met en place automatiquement l’analogue de l’implant qui correspond (grâce aux données du scanbody) sur le modèle numérique.
5. On enregistre et envoie les données numériques par mail au fabricant iTero qui usinera un modèle en polyuréthane.
6. Les secteurs péri-implantaires sont ajustés au laboratoire avec une fraise en tungstène.



Figure 42 : Photographie des analogues d'implants mis en place, les tissus péri-implantaires peuvent être travaillés.

7. Pour personnaliser au maximum les futures prothèses, le profil d'émergence déjà existant par les prothèses provisoires va être retranscrit. Il faut ajouter une **étape clinique supplémentaire** : prendre une empreinte en bouche en alginate prothèses provisoires en place.

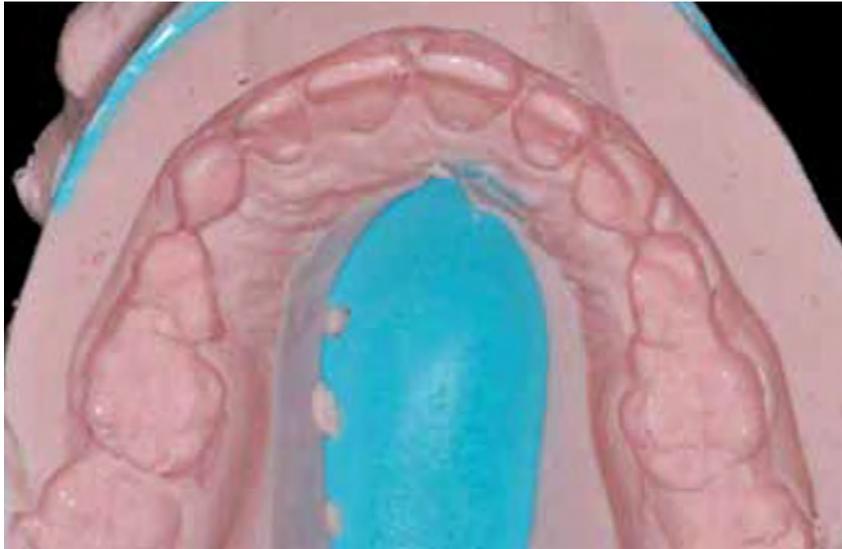


Figure 43: Photographie de l'empreinte en alginate provisoires en bouche.

8. Le chirurgien dentiste dépose les provisoires et les visse aux analogues d'implants sur le modèle.
9. On injecte le silicone avec une seringue autour des couronnes provisoires sur le maître modèle qui représente la fausse gencive.



Figure 44: Photographie des provisoires en place sur le maître modèle avec la fausse gencive.

10. On replace le porte empreinte avec l'alginata sur le modèle définitif et s'assurer de son bon repositionnement.

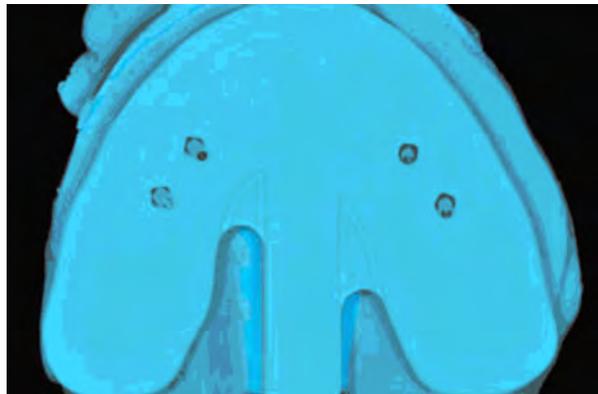


Figure 45: Photographie du repositionnement du maître-modèle dans l'empreinte en alginate.

11. Attendre la polymérisation du silicone et séparer le modèle de l'empreinte ; utiliser un scalpel pour éliminer l'excès de fausse gencive.



Figure 46: Photographie de la fausse gencive modelée autour des analogues d'implants.

### **Conclusions de cette technique :**

La technique de construction de la fausse gencive sur le modèle en polyuréthane à partir des tissus mous modelés à partir de provisoires, est une bonne option pour fabriquer des prothèses parfaitement adaptées aux tissus mous. Seulement, cette technique demande une étape supplémentaire au patient et au praticien et nécessite une étape d'empreinte conventionnelle.

### **II.2.7 Discussions sur la technique d'IST : (25)**

La technique d' "individualized scanbody technique" est une approche rapide et simple pour l'empreinte optique intra-orale implantaire. Cette technique apporte les informations sur la position de l'implant, son diamètre, son type de plateforme mais également l'architecture gingivale péri-implantaire.

Cependant, une étude a montré que le corps de scannage usiné pourrait être mieux adapté à l'implant qui lui correspond. Elle montre également que les scanbodies préfabriqués ne peut pas empêcher l'effondrement des tissus mous dès le dévissage des provisoires supra-implantaires et fausse ainsi l'information retranscrite du profil d'émergence. Il y a un risque élevé d'obtenir un résultat esthétique moyen avec cette technique. C'est pourquoi, il serait intéressant dans l'avenir d'introduire une caractéristique supplémentaire au scanbody : un **scanbody individualisé** (adapté aux tissus gingivaux) fabriqué à partir d'une empreinte des limites des couronnes provisoires.

La technique d'empreinte utilisant les corps de scannages optiques doit être améliorée dans l'avenir pour obtenir plus de précision et des résultats esthétiques meilleurs.

La technique d'empreinte utilisant les corps de scannages optiques doit être améliorée dans l'avenir pour obtenir plus de précision et des résultats esthétiques meilleurs.

### **II.3 La technique par codification des vis de cicatrisations ENCODE.**

La deuxième technique d'empreinte optique que nous allons décrire a pour objectif d'utiliser une vis de cicatrisation particulière posée directement après la pose de l'implant.

Son profil spécifique permet au scanner intra-buccal d'obtenir les informations concernant le type d'implant nécessaires à la réalisation d'un pilier implantaire personnalisé.

Les objectifs de cette étude sont :

- Eliminer l'utilisation des transferts d'empreinte conventionnelle
- Réduire le temps clinique et le temps en laboratoire
- Avoir un pilier implantaire adapté anatomiquement au profil d'émergence fabriqué à partir de cette vis de cicatrisation.

Nous allons détailler les objectifs de cette technique à travers un cas clinique.  
(26)

Pour cette technique nous avons besoin :

- D'un scanner intra-oral,
- D'une vis de cicatrisation Encode®.

### Les scanners intra-oraux : (27)

Les scanners **iTero**, **E4D**, **Lava C.O.S.**, **Trios** et **CEREC** fonctionnent pour la technique d’empreinte optique des vis de cicatrises. Pour le scanner Cerec, l’empreinte est prise et numérisée grâce au logiciel CEREC AC et envoyée au fabricant Biomet 3i.

### Les vis de cicatrises :

Les vis de cicatrises utilisées sont toutes de la marque **Biomet 3i** : **vis Encode Bella Tek**. L’utilisation de ces vis impose la mise en place des implants de la marque Biomet 3i et la commande des méso-structures implantaires au laboratoire Biomet 3i.

#### II.3.1 Les différentes vis de cicatrisation Encode Bella Tek

- En deux pièces : avec une plateforme de 3,4 mm, 4,1mm, 5,0mm ou 6,0mm de diamètre.

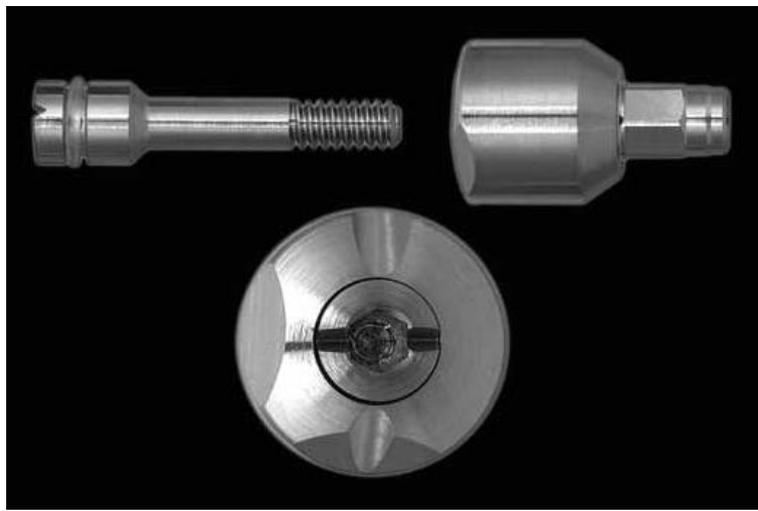


Figure 47: Image représentant la vis de cicatrisation Encode composée de deux parties.

- Une pièce (vis de cicatrisation EP®): existe en plusieurs diamètres de plateforme.

On commande une vis de cicatrisation en fonction :

- Du diamètre de plateforme prothétique (c'est-à-dire la partie qui permet la jonction entre l'implant et la partie secondaire), spécifié sur le bon de commande par la lettre **D**.
- Du profil d'émergence noté **P** ou **EP**. Qui varie de 3,4mm à 7,5mm.
- Et de la hauteur du col, annoté **H**. qui varie de 3mm à 8mm.

Exemple : 6mm D, 7,5mm P, 6mm H.

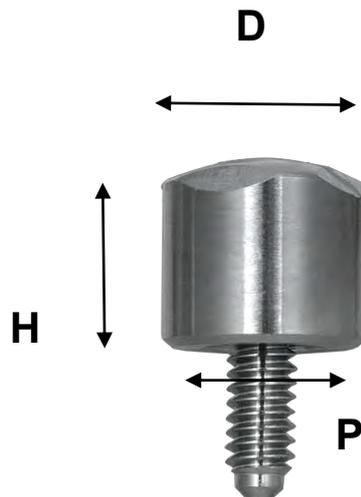


Figure 48 : Image représentant une vis de cicatrisation Encode composé d'une seule pièce.

Il faut utiliser des vis de cicatrisations hautes pour avoir une meilleure cicatrisation gingivale. La hauteur du col de la vis Encode® doit dépasser les tissus mous de 2mm (1mm minimum) pour permettre une prise d'empreinte de bonne qualité.

Il faut utiliser des vis de cicatrisations larges pour faciliter la pose du pilier implantaire définitif et éviter la compression de la gencive lors de sa mise en place.

### II.3.2 Description de la technique d’empreinte : (28), (29), (30)

Nous allons présenter un cas clinique qui décrit la technique étape par étape pour numériser les vis de cicatrisation codées avec un scanner intra-oral pour générer un pilier implantaire personnalisé. (32)

Le succès d’obtenir un pilier implantaire personnalisé dépend, en partie, du transfert précis des données intra-orales au laboratoire afin que la suprastructure soit la plus **passive** possible. Un des avantages conjecturé de l’empreinte optique par rapport à l’empreinte conventionnelle est l’élimination de l’instabilité dimensionnelle potentielle des matériaux d’empreintes. Cette technique numérique peut éliminer ce problème récurrent.

Un système a été spécialement conçu pour reconnaître des codes situés sur les vis de cicatrisations (BellaTek Encode; Biomet 3i) par un scanner intra oral. Les codes de ces vis de cicatrisation fournissent les informations afin de placer l’implant virtuellement au sein de l’empreinte sur laquelle sera fabriqué le pilier implantaire personnalisé. (33)

Les informations sont :

- L’orientation de l’implant grâce à son engagement hexagonal
- Le diamètre de la plateforme de l’implant
- La hauteur du pilier ce cicatrisation
- Le diamètre du profil d’émergence
- Le type de connexion interne ou externe.

Une fois la vis scannée, le logiciel va chercher dans sa banque de données l’implant correspondant aux codes captés pour pouvoir numériser le modèle en 3D avec l’implant, la vis de cicatrisation, les dents adjacente et l’arcade antagoniste. Le pilier implantaire personnalisé peut être numérisé à partir du modèle numérique. Le pilier implantaire est usiné en titane ou en zircone et l’analogue d’implant de situe dans le modèle polyuréthane fraisé.

Même si on n'a plus les inconvénients de stabilité des matériaux de l'empreinte conventionnelle, il faut noter certains inconvénients à cette technique : les analogues d'implants sont intégrés dans le modèle en polyuréthane lors de son usinage ce qui peut modifier leur positionnement dans la résine.

### **Matériel et méthode :**

Nous allons décrire la technique d'empreinte à travers un cas clinique.

La pose des implants (sur les sites 46, 47 et 16) et leur vis de cicatrisation Bella Tek ont été posées 6 mois avant l'empreinte. Il faut vérifier par une radio rétro-alvéolaire que la vis est correctement vissée dans l'implant. La vis de cicatrisation possède une connexion hexagonale qui s'engage avec la connexion hexagonale de l'implant. On peut passer un profileur d'os juste après la pose de l'implant pour enlever tout résidu osseux qui risque de s'entremettre entre le col de l'implant et la vis de cicatrisation. (34)

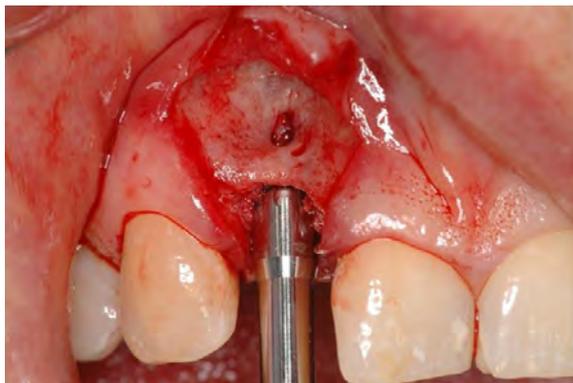


Figure 49: photographie du passage du profileur d'os avant la mise en place de la vis de cicatrisation.

La vis Encode® est serrée à 20 cmN à l'aide du tournevis à forme hexagone et le tissu a été suturé autour de la vis.

Pour une empreinte optique optimale, les vis de cicatrisations sont contrôlées avant l'empreinte : elles doivent être au moins d'**1mm en position supra-gingivale** et les **encoches gingivales doivent être bien visibles**. Serrer la vis à la main avant la prise d'empreinte et vérifier radiologiquement la mise en place de celle-ci.



Figure 50 Photographie en vue intra-orale de la vis de cicatrisation avant l'empreinte optique.

Pour la réalisation de l'empreinte, le patient est dans une position assise ou allongée de telle sorte que la surface d'occlusion doit être parallèle à la caméra intra-orale. Le praticien a une position du coude relâchée et non en extension afin d'avoir une **ergonomie** correcte.

Les surfaces à enregistrer ont été isolées avec des rouleaux de coton et une bonne aspiration. Elles sont ensuite saupoudrées d'une légère couche de poudre de dioxyde de titane (car ici l'empreinte se fait avec la caméra Lava C.O.S.).



Figure 51 : Photographie montrant la poudre de scannage sur la vis de cicatrisation Encode.

Le bouton « Defog » est activé juste avant le balayage dans le but d'éviter la formation de buée.

On appuie sur le bouton démarrage de la caméra, la manette est placée sur la face occlusale, linguale / palatine et vestibulaire de la vis de cicatrisation et des dents adjacentes. Prendre plusieurs clichés jusqu'à ce que l'ordinateur indique qu'il a assez de données. Scanner ensuite l'arcade antagoniste avec la même technique.

Vérifier l'empreinte numérisée : la surface occlusale de la vis doit être bien visible ainsi que les contours gingivaux. Si ce n'est pas le cas, reprendre l'empreinte autant de fois que l'on veut. Il faut sauvegarder le nombre minimal de clichés nécessaires mais suffisants, pour diminuer le nombre d'artéfacts lors de l'enregistrement de l'empreinte. (35)

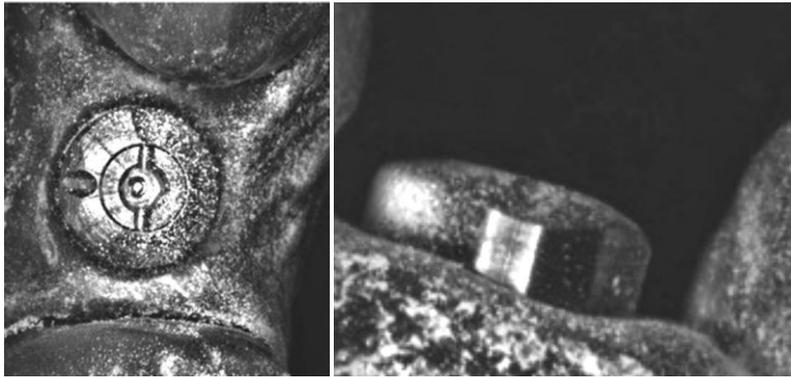


Figure 52: Photographie de la vis de cicatrisation numérisée, en vues occlusale et sagittale.

Les informations sont ensuite analysées par le logiciel pour pouvoir numériser le modèle avec la vis de cicatrisation en place. On obtient un modèle numérique en trois dimensions.

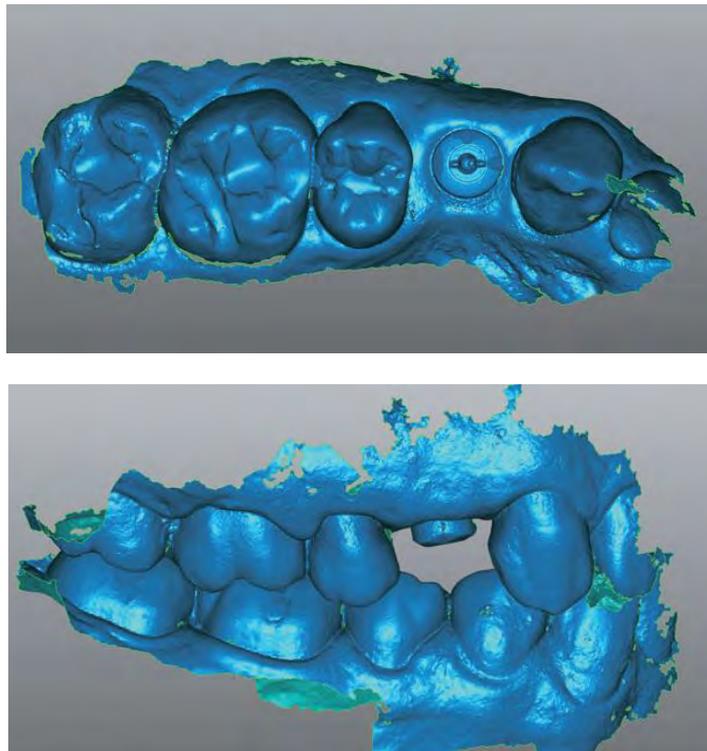


Figure 53: Capture d'écran de l'empreinte optique faite par le scanner Lava C.O.S, en vues occlusale et frontale.

Grâce au codage inscrit sur la vis de cicatrisation, le logiciel place numériquement l'implant. La banque de données du logiciel reconnaît le **type d'implant et respecte sa direction dans l'espace**. On obtient ainsi la **position exacte de l'implant** dans sa situation endo-osseuse.

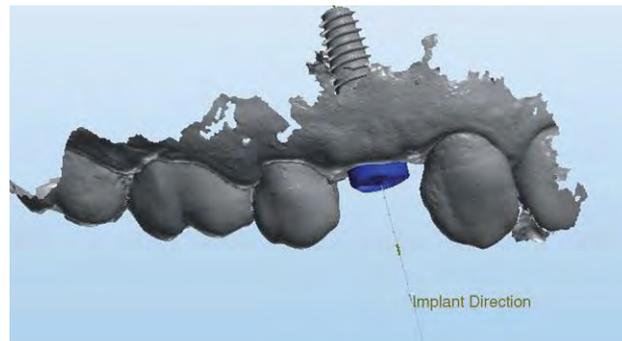


Figure 54: Capture d'écran représentant l'implant numérique intégré dans le modèle numérique.

Une fois cette étape validée, le modèle numérique articulé est numérisé et l'étape de modélisation du pilier implantaire peut être effectuée.



Figure 55: Capture d'écran représentant le modèle numérique définitif.

Le modèle numérique est vérifié, stocké et envoyé par courriel aux entreprises Biomet 3i et 3M ESPE. La première étape clinique est finie. La deuxième et dernière étape au fauteuil de fera lors de la pose de la suprastructure implantaire.

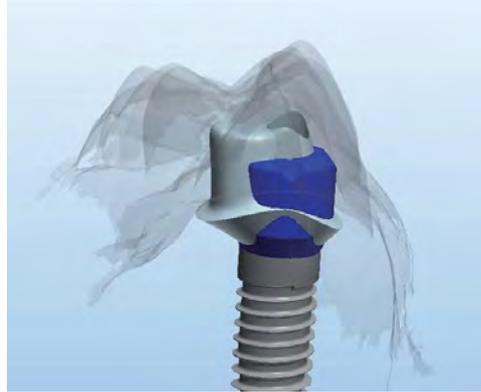


Figure 56: Capture d'écran représentant le pilier implantaire modélisé.

L'étape de laboratoire de modélisation est validée par le prothésiste de laboratoire. L'usinage du pilier implantaire peut alors être lancé. Le modèle en polyuréthane est usiné en même temps pour éviter toute perte de temps. Ce modèle sera utilisé pour réaliser la couronne sur implant.



Figure 57: Photographie du pilier implantaire en zirconium usiné.

Puis le pilier implantaire personnalisé numérisé est envoyé à l'entreprise 3M ESPE pour la réalisation par stéréolithographie du modèle (avec le pilier implantaire en place) en polyuréthane.



Figure 58: Photographie du modèle en polyuréthane usiné.

Le modèle et les piliers personnalisés sont envoyés au laboratoire dentaire du dentiste et la couronne peut être alors réalisée

Une fois la couronne réalisée, le dentiste reçoit le pilier avec la couronne. Il dépose les vis de cicatrisations Encode, visse les piliers implantaires personnalisés avec un torque de 20cmN, fait une rétro-alvéolaire de contrôle et valide ou non la prothèse.



Figure 59: Photographie d'une rétro-alvéolaire de l'implant quelques mois après la pose de la prothèse.

Quelques mois après la pose de la supra-structure implantaire, on remarque une très bonne intégration de la prothèse avec les tissus environnants. On peut distinguer une « lamina dura » autour de l'implant, ce qui signifie la bonne adaptation de la supra-structure à l'implant.

### **II.3.3 Empreinte optique pour la réalisation d'un pilier implantaire personnalisé en Titane**

La vis de cicatrisation donne les éléments nécessaires pour repositionner l'analogue d'implant dans le modèle fraisé. C'est une nouvelle méthode de CFAO où le modèle définitif est foré pour la mise en place de l'analogue de l'implant.

La société Biomet 3i modélise le pilier implantaire personnalisé à partir du modèle numérique reçu électroniquement et le fabrique par meulage : on obtient un pillier implantaire personnalisé en Titane.



Figure 60: Image représentant le pilier implantaire en Titane modélisé.



Figure 61: Photographie du pilier implantaire en Titane en bouche.

### Schéma expliquant la modélisation et l'usinage

A travers ce schéma, nous pouvons constater une solide communication entre le dentiste, les laboratoires Biomet 3i et 3M ESPE et le laboratoire de prothèse du dentiste.

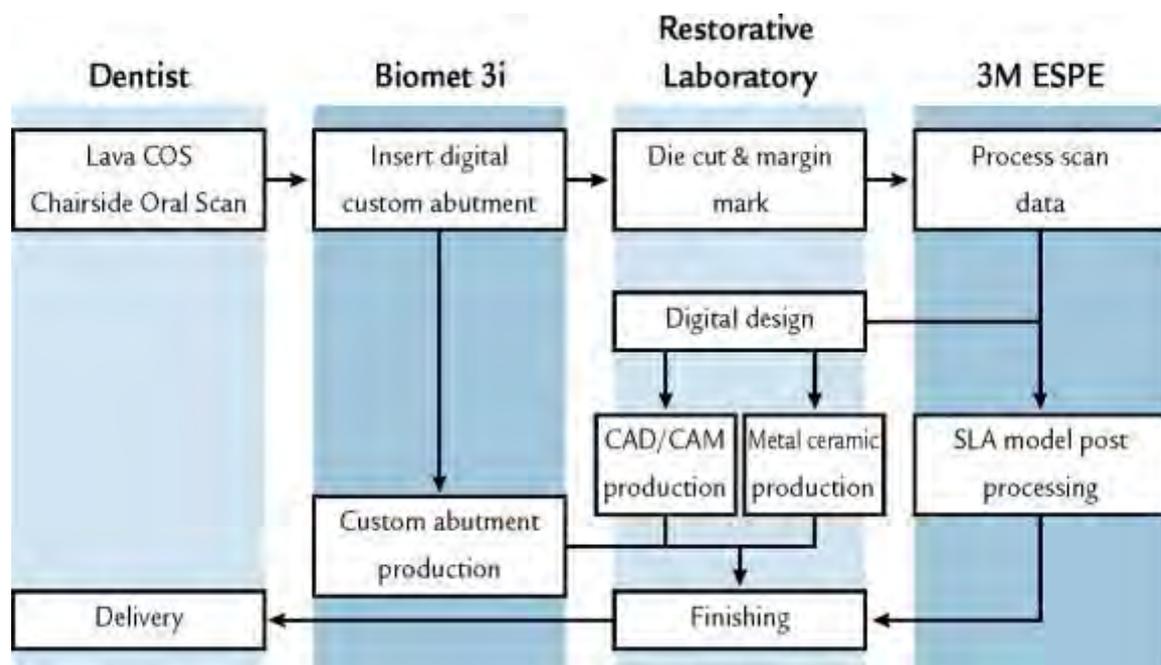


Figure 62: Schéma représentant le flux numérique de l'empreinte.

### **II.3.4 Comparaison entre l’empreinte conventionnelle à ciel ouvert et l’empreinte optique sur les vis de cicatrises Encode®.**

Lors de la modélisation, le logiciel CAO place l’implant numérique sur le modèle numérique grâce au codage de la vis de cicatrisation Encode. Si la situation de l’implant n’est pas respectée, les piliers implantaires fabriqués ne seront pas adaptés à l’implant.

Une étude a pu démontrer que l’empreinte optique sur les vis de cicatrises Encode est moins précise que la technique d’empreinte conventionnelle pick up.

En effet les résultats montrent que l’axe central de l’analogue est dévié de 37,4  $\mu\text{m}$  sur le côté test (celui avec les vis Encode®), versus 18,5 $\mu\text{m}$  sur le côté contrôle, avec un  $p=0,001$ . (36)

La fabrication d’un modèle à partir de vis de cicatrises codées par empreinte optique au laboratoire (empreinte optique indirecte) est moins précise que la technique d’empreinte conventionnelle.

Il faut noter certaines limites de cette étude. En effet, la technique d’empreinte testée est une empreinte optique indirecte et non directe. L’enregistrement est fait sur un modèle en plâtre qui provient d’une empreinte au silicone des vis de cicatrisation.

Dans les limites de cette étude, il semblerait que l’empreinte optique sur les vis de cicatrises Encode est moins précise que l’empreinte conventionnelle.

La technique d’empreinte avec les vis de cicatrisation est préconisée pour les édentements postérieurs ne nécessitant pas la pose de provisoires. Cette technique est simple et rapide et ne détruit pas les fibres desmodontales contrairement à la technique utilisant les scanbodies.

### **III. Différences entre empreinte conventionnelle, empreinte optique indirecte et empreinte optique intra buccale.**

La technique d'empreinte pour la réalisation de prothèses dentaires est un protocole clinique récent.

En effet, c'est en 1937 que Monsieur Sears a conçu le premier matériau pour enregistrer les surfaces dentaires à base d'Agar-agar. Seulement, les hydrocolloïdes réversibles et irréversibles ont une faible stabilité dimensionnelle. C'est pourquoi en 1950, les polysulfures (élastomères) ont fait leur entrée dans le marché dentaire. Néanmoins, le polysulfure possède un goût et une odeur désagréables, a un temps de prise long, et subit une variation dimensionnelle après que l'empreinte soit retirée de la bouche. En 1965 le matériau élastomère polyéther a révolutionné les empreintes dentaires : avec un temps de prise relativement rapide, une excellente fluidité, la reproduction des détails exceptionnelle et la résistance à la déchirure.

Ce matériau est encore très utilisé en cabinet pour la réalisation d'empreintes d'implants à ciel ouvert ou fermé. Seulement, il présente encore des problèmes d'odeurs et de goût désagréables, un module d'élasticité élevé (rigidité) souvent le leader de la difficulté à retirer les empreintes de la bouche, et l'obligation de couler des modèles dans les 48 heures en raison du risque d'absorption d'eau par le matériau, ce qui peut conduire à une déformation de l'empreinte. (37)

Les matériaux d'empreinte en silicone de condensation par la suite ont été développés, mais ceux-ci ont également souffert de problèmes de stabilité dimensionnelle.

En plus des nombreuses distorsions immanentes dues aux matériaux eux-mêmes, d'autres déformations de l'empreinte peuvent se produire par des erreurs commises : lors du malaxage des matériaux, lors du vissage et dévissage des transferts, lors de la prise d'empreinte, lors de la désinsertion de l'empreinte, lors de la mise en place des analogues d'implants, lors de son transport au laboratoire dentaire, et dans le laboratoire de prothèse lui-même où la gestion de l'humidité est compliquée. En effet, l'eau provoque ainsi une déformation du plâtre.

C'est pour pallier à tous ces inconvénients que l'empreinte optique va révolutionner l'étape d'enregistrement de l'implant. En effet, la prise d'empreinte optique n'exige pas que les patients soient assis longtemps sur le fauteuil, alors que la prise d'empreinte conventionnelle dure en moyenne sept minutes. On ne remet pas les analogues d'implants qui sont souvent risqué d'erreur et transmettent une mauvaise situation de l'implant au laboratoire. De plus on évite le goût du matériau souvent pas apprécié par les patients, une sensation d'avoir de la « bouillie » dans la bouche. La mise en place de transferts longs pour la technique « pick-up » demande une ouverture buccale surdimensionnée. De plus, si l'empreinte ne convient pas, il suffit de refilmer la partie qui ne va pas; contrairement à l'autre technique qui demande de regarnir le porte empreinte et de ré attendre la fin de la prise d'empreinte. Cela coûte du temps, du stress et de l'argent au dentiste.

Nous allons maintenant découvrir une étude qui compare les deux techniques d'empreintes traditionnelle et optique.

### **III.1 Empreinte optique versus empreinte conventionnelle.**

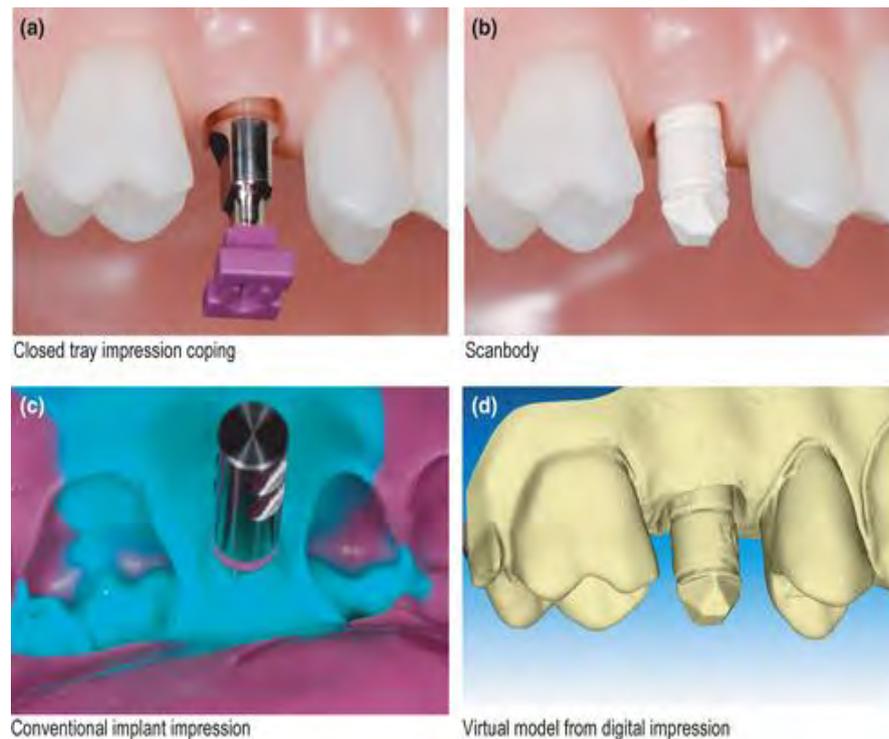
Nous allons étudier la mise en application de l'empreinte optique par des étudiants en dentaire à travers une étude clinique. (37) Cette dernière a été faite en 2013 à l'université de Médecine de Harvard. Elle a pour but de comparer deux techniques d'empreintes sur implants : l'une traditionnelle à ciel fermé avec du silicone monophasé de moyenne viscosité, l'autre grâce à un scanner numérique.

Cette étude a pour objectif de comparer la technique elle-même de l'empreinte et non pas la qualité et la précision de l'empreinte comme on peut le voir dans d'autres études. On cherche à connaître la préférence (via un questionnaire) de chaque opérateur pour telle ou telle technique. Pour rendre cette étude la plus objective possible, la célèbre université de Boston a pris comme effecteurs des étudiants en deuxième année d'odontologie. En effet, ces étudiants n'ont jamais pratiqué d'empreintes sur implants, que ce soit traditionnellement ou numériquement.

Les deux techniques d'empreintes sont montrées et expliquées via une vidéo. Les empreintes seront effectuées sur un modèle maxillaire sur lequel est placé préalablement un implant Straumann® au niveau du site 25. Ces modèles sont placés sur un mannequin afin de simuler l'empreinte au fauteuil.

Pour l'empreinte traditionnelle, les étudiants auront à leur disposition : trois porte-empreintes de différentes tailles, de l'Aquasil Ultra Monophasé de Densply® et des transferts d'empreintes. L'empreinte de l'arcade antagoniste sera faite avec de l'Alginate.

Pour l'empreinte optique, on utilisera: le scanner intra-oral Cadent iTero™, et un Scanbody Straumann® pour donner la position de l'implant. Dix sept captures d'écrans sont demandées pour avoir toutes les informations nécessaires à la fabrication d'un maître-modèle avec l'analogue d'implant.



**Figure 63 : Empreinte conventionnelle et optique. (a) Empreinte à ciel fermé ; (b) Scanbody; (c) empreinte conventionnelle; et (d) modèle virtuel avec le transfert d'implant optique.**

Les empreintes des deux différentes techniques sont examinées soigneusement pour être validées. Elles doivent être précises, sans bulles au niveau des faces occlusale, palatine, vestibulaire et proximales ; ainsi qu'au niveau des dents proximales et antagonistes. Si l'empreinte ne portait pas ces recommandations : il fallait soit refaire l'empreinte avec du silicone soit refaire un autre scan.

Le temps de la préparation de l'empreinte et de l'empreinte elle-même est calculé en minutes et secondes (m/s). La difficulté du travail des deux techniques est notée grâce à une échelle (d'Osgood) allant de 0 à 100. Pas difficile : 0 ; très difficile : 100.

Les résultats sont analysés par un logiciel SPSS système.

Les résultats de cette étude montrent que :

- Le temps total de la réalisation de l'empreinte conventionnelle est de 24 minutes et 42 secondes (24m : 42 m /s) et de 12 minutes et 29 secondes (m /s) pour l'empreinte numérique avec un p-value < 0,001.
- Refaire l'empreinte à ciel fermé demandait 20 :00 m /s, contre 8 :54 m/s si on devait rescanner.
- 60% des étudiants préfèrent la technique d'empreinte numérique, 7% l'empreinte traditionnelle et 33% préfèrent les deux techniques.

Pour conclure, cette étude a pu montrer un **gain de temps** et une préférence pour la technique d'empreinte numérique. Lorsque l'on n'est pas satisfait de notre cliché numérique, il suffit de le reprendre ; alors que reprendre une empreinte au silicone prends **trois fois plus de temps**. L'empreinte numérique est ressentie comme étant plus **facile d'utilisation** par les opérateurs. L'empreinte conventionnelle requiert **plus d'expérience**.

Le fait que les étudiants ne connaissaient aucune des deux techniques ne constitue pas un biais, au contraire si l'on prenait des opérateurs ayant l'habitude de faire une empreinte conventionnelle, les résultats de l'étude ne seraient certainement pas les mêmes.

On peut souligner quelques limites de cette étude : notamment le fait que l'on n'est pas en présence d'une étude clinique et que l'on n'inclut pas la perception des patients.

### **III.2. Comparaison entre la technique d’empreinte optique directe et la technique d’empreinte indirecte.**

L’empreinte optique **directe** se fait directement dans la bouche du patient. L’empreinte optique **indirecte** se fait au laboratoire dentaire à partir d’un modèle en plâtre, obtenu par une empreinte conventionnelle.

Pour comparer ces deux techniques d’empreintes, nous avons analysé une étude clinique. Nous pourrions à travers cette comparaison, avoir des informations sur la **précision** des empreintes optiques obtenues par ces deux techniques. Cette comparaison est mise en exergue à travers un tableau à la fin de cette sous-partie.

#### **II.2.1 Précision des modèles obtenus par empreinte optique directe ou indirecte.**

Une étude de 2013 compare la précision de plusieurs techniques d’empreintes numériques ; qu’elles soient directement faites en bouche ou indirectement par l’intermédiaire d’un maître-modèle en plâtre.

Généralement, l’utilisation de la CFAO pour la réalisation de prothèses se fait par l’intermédiaire d’un modèle coulé à partir d’une empreinte conventionnelle. Maintenant, l’empreinte numérique peut être faite directement en bouche.

**En quoi l’empreinte numérique est plus efficace en termes de précisions que l’empreinte conventionnelle ?**

Conventionnellement, l’opérateur utilise des matériaux à empreinte de haute précision tels que : les hydrocolloïdes, les polyéthers, les polyvinyles ou les polysulfures ; qu’il insère par la suite dans la bouche du patient pour enregistrer l’arcade du patient. La situation clinique une fois enregistrée sera transmise au laboratoire pour la réalisation de la future prothèse. Cependant certains problèmes sont à prévoir dans le cheminement de transmission d’informations apportés par l’empreinte. En effet, on peut avoir une déformation de l’empreinte due :

- au **stockage de l’empreinte** car des réactions chimiques vont avoir lieu avec le matériau et le milieu ambiant,
- à l’utilisation d’une solution antiseptique,
- au **transport** de l’empreinte au laboratoire,
- différentes **variations de températures**. (38)

Après avoir listé les causes de pertes d’informations de l’empreinte conventionnelle, nous pouvons ajouter certains avantages à l’empreinte optique intra orale :

- une précision bien supérieure de l’empreinte numérique à l’empreinte conventionnelle (39),
- ainsi que l’inconfort du patient lors de l’insertion du porte empreinte garni de matériau. Inconfort qui peut se traduire par des nausées due partiellement au mauvais goût du matériau, transpirations et douleurs.

Tous ces facteurs négatifs peuvent être évités en utilisant l’empreinte numérique directe. Avec cette dernière technique, les surfaces dentaires et ostéomuqueuses sont directement captés dans la bouche du patient en utilisant une caméra intra- orale.

Nous allons, à travers une étude (40), comparer la précision des informations numériques captées par l'empreinte optique, à travers deux approches cliniques : enregistrement des données par empreinte intra orale ou sur un modèle en plâtre.

Pour évaluer les différences de précisions entre ces deux techniques, un modèle en titane est utilisé : une prémolaire et une molaire sont préparées pour la réalisation de couronnes unitaires fabriquées par CFAO.

Pour avoir les informations numériques de référence, le modèle est scanné par un appareillage d'acquisition. Ce dernier est testé pour certifier son haut niveau de précision.

Les informations sont stockées en format STL et sont définies comme valeur de référence (REF) pour cette étude.

Douze analyses numériques ont été effectuées in vitro notées n de 1 à 12 :

- à partir d'un scanner intra-oral : le Lava Chairside Oral Scanner (C.O.S). le modèle est préalablement pulvérisé de poudre Lava Scanpowder. Les informations sont stockées en format STL par le nom COS de 1 à 12,
- sur une empreinte en polyéther monophasé en respectant les recommandations du fabricant, puis l'empreinte est désinfectée pendant 10 minutes et enfin scannée 12 heures après. Les informations stockées en STL sont nommées IMP de 1 à 12,
- sur un modèle en plâtre par un scanner de laboratoire : le Lava Scan ST. Une fois les empreintes scannées, le plâtre est coulé et l'empreinte numérique indirecte est faite 48 heures maximum après la coulée. Et les informations sont enregistrées comme ST 1 à 12.

Grâce à l'utilisation d'un logiciel, les données numériques ont été analysées et superposées (par l'exploitation d'un algorithme très précis) avec des données de référence (REF). Ainsi, les divergences entre les informations numériques testées et l'information de référence ont pu être analysées et mises en évidence.

Après l'étude des résultats, on peut en déduire que **l'empreinte par technique directe** par le Lava C.O.S **donnerait les résultats les plus précis**: +17 $\mu$ m / -13 $\mu$ m ( SD +/- 19 $\mu$ m), suivi de l'empreinte numérique sur l'empreinte faite en polyéther : : +23 $\mu$ m / -22 $\mu$ m ( SD +/- 31 $\mu$ m), et enfin l'empreinte numérique indirecte faite par le Scanner Lava de laboratoire : : +36 $\mu$ m / -35 $\mu$ m ( SD +/- 52 $\mu$ m). (40)

Dans les limitations de cette étude in vitro, **l'empreinte numérique directe intra-orale donne des résultats statistiquement meilleurs au niveau de la précision que la technique d'empreinte conventionnelle ou que la technique d'empreinte numérique indirecte faite au laboratoire.**

Cette étude utilise la technique d'empreinte optique ou conventionnelle, sur des dents préparées. Elle ne met pas en situation l'empreinte optique supra-implantaire.

En conclusion, si l'empreinte optique intra-orale est plus précise que l'empreinte indirecte comme nous le montre cette étude, l'empreinte optique intra-orale supra-implantaire devrait également être plus précise que l'empreinte optique faite au laboratoire.

La technique d'empreinte optique doit cependant être étudiée en implantologie pour valider ou réfuter cette hypothèse.

### **III.2.2 Différences entre techniques d'empreinte optique directe et indirecte.**

Nous allons étudier les différences entre ces deux techniques d'empreintes à travers un tableau. La technique d'empreinte utilisée est l'empreinte optique sur les vis de cicatrisation Bella Teck.

Le tableau que nous allons présenter compare les deux techniques d'empreintes. Pour cela, chaque étape clinique et de laboratoire sont inscrites dans le tableau et sont cochées lorsqu'elles sont réalisées.

Après lecture du tableau ci-après, on peut noter que sur les 17 étapes réalisées avec l'empreinte optique indirecte, seulement 5 étapes sont réalisées avec l'empreinte optique directe.

	<b>Empreinte conventionnelle</b>	<b>Empreinte optique</b>
Enlever les vis de cicatrisation	✓	
Placer les transferts d'empreinte	✓	
Radiographie de contrôle après la mise en place pilier implantaire	✓	✓
Faire les empreintes en silicone des deux arcades	✓	
Enregistrement occlusal	✓	
Remettre les vis de cicatrisation	✓	
Envoyer les empreintes en silicone au laboratoire	✓	
Fabrication des deux modèles en plâtre au laboratoire	✓	
Montage des modèles en plâtre sur articulateur au laboratoire	✓	
Envoi des modèles au centre de production Bella Tek	✓	
Scannage des modèles pour la modélisation 3D	✓	
Modélisation du pilier implantaire par Bella Tek	✓	✓
Usinage du pilier implantaire	✓	✓
Placement du pilier sur le maître modèle en plâtre	✓	
Envoi du maître modèle ou du SLA modèle et le pilier usiné au laboratoire	✓	✓
Fabrication de la couronne au laboratoire et envoi au chirurgien dentiste	✓	✓

Figure 64: Tableau représentant les différences entre empreinte conventionnelle et empreinte optique intra orale.

Après analyse de ce tableau, nous pouvons en déduire que l’empreinte optique directe est plus rapide que l’empreinte optique indirecte.

Pour conclure cette sous-partie, l’empreinte optique directe est **plus précise, plus rapide et plus facile d’utilisation** que l’empreinte optique indirecte et que l’empreinte conventionnelle.

### **III.3. Avantages de la technique d’empreinte optique intra-orale**

L’étape la plus critique dans le processus de fabrication de suprastructures implantaires, est l’empreinte précise de la position de l’implant et les tissus mous. La technologie numérique a peut être révolutionné cette technique délicate. (41)

- **Précision** : en évitant les problèmes de stabilité des matériaux par élimination de l’utilisation des matériaux à empreinte et du plâtre.
- **Adaptation marginale des restaurations antérieures** : par la fabrication de piliers implantaires personnalisés (42), (43)
- **Lorsqu’une zone est mal enregistrée**, en numérique, seule la zone mal définie est à nouveau enregistrée contrairement à l’empreinte classique, laquelle doit être refaite entièrement. (44)
- **Gain de temps** : au fauteuil et au laboratoire (pas de coulée en plâtre et de technique de cire perdue). Le temps est réduit d’environ 70%.
- **Coût des composants** : aucun achat des transferts d’empreinte pour la technique utilisant les vis Encode, porte-empreinte, analogues d’implant et matériaux d’empreinte.

- **Confort des patients** : on évite d'activer le réflexe nauséux chez certains patients, l'attente au fauteuil est moins longue, la bouche reste peu de temps ouverte.
- **Rapidité** pour la fabrication des suprastructures implantaire.
- **Technique facile mais nécessite une courbe d'apprentissage.**
- **Nombre de séances cliniques réduites** : on n'a besoin que de deux rendez-vous. Un pour le balayage, l'autre pour la pose des prothèses définitives.
- **Respect des tissus mous** : pour la technique utilisant la vis de cicatrisation Encode. Cette dernière n'est déposée que lors de la pose des prothèses évitant toutes déchirures des cellules gingivales créées lors de la cicatrisation. (45) La technique utilisant les scanbodies demande une étape supplémentaire de dévissage des prothèses pour la mise en place des corps de scannage, comme pour la technique conventionnelle.
- **Fabriquer un pilier implantaire** personnalisé par le logiciel: qui est adapté anatomiquement à la plateforme de l'implant contrairement au pilier implantaire usinés ou coulés.
- **La correction d'angle par le logiciel** : la supra-structure implantaire peut être situé jusu'à 30 degrés par rapport à l'implant. Cette correction peut se faire directement par le logiciel de CAO sans passer par une étape de laboratoire.
- **La diversité des matières** : Le pilier implantaire personnalisé peut être fourni en zircone ou en titane.

### III.4 Limites de l’empreinte optique intra orale

- **L’expérience** : cette technique demande une certaine expérience en CFAO pour pouvoir entreprendre l’empreinte dans des brefs délais.
- **Coût** : les coûts sont élevés au démarrage pour l’achat des scanners intra-oraux et peuvent limiter leur utilisation.
- **Accès aux parties postérieures** : dans certaines situation le balayage des parties postérieures sont difficiles voire impossibles comme pour les patients ayant une ouverture buccale limitée.
- **La présence de salive** : peut perturber la précision de l’empreinte optique. Mais on retrouve ce problème également pour les techniques d’empreintes conventionnelles. (46)
- **L’utilisation de la poudre** : pour certaines caméras, l’épaisseur de la poudre peut compromettre la précision des empreintes. (47) Cependant, une étude a montré qu’il n’y avait pas d’écart de précision d’empreinte entre l’empreinte utilisant de la poudre et l’empreinte extra-orale non poudrée sur un modèle en plâtre d’un même patient. (48)
- **Système fermé à une seule marque d’implant** : pour la technique utilisant la vis Encode® car l’utilisation de ce système est limitée à la mise en place exclusive d’implants Biomet 3i.

## CONCLUSION

Nous avons pu analyser à travers plusieurs études, que l'empreinte optique intra-orale apporte des avancées en termes de précisions par rapport à l'empreinte optique indirecte.

Cependant, nous ne pouvons pas affirmer que l'empreinte optique intra-orale offre plus de précision que l'empreinte conventionnelle « pick up ». En effet, à ce jour, très peu d'études cliniques ont été publiées et réalisées à ce sujet, ce qui limite notre positionnement. Nous manquons de recul clinique : d'une part, selon cette technique d'empreinte, nous ne pouvons pas estimer la durée de vie d'une réalisation prothétique (suprastructure implantaire) et d'autre part l'adaptation à long terme reste à prouver.

Les principaux avantages de l'empreinte optique intra-orale pour le chirurgien dentiste sont sa simplicité et sa rapidité d'exécution. En effet, il est possible de réaliser la suprastructure en une seule séance en supprimant les étapes de laboratoires et les étapes cliniques d'essayage. Du point de vue du patient, cette technique permet d'assurer plus de confort à ce dernier par rapport à l'empreinte conventionnelle.

Il existe des limites à cette technique que l'on ne peut pas négliger : l'amortissement de l'appareil se fait à long terme et l'utilisation de systèmes fermés oblige le chirurgien dentiste à utiliser un flux numérique de la même marque.

Suite à l'analyse critique des études cliniques, le système utilisant les vis de cicatrisations Encode® serait meilleur que la technique d'empreinte utilisant les scanbodies. Pour pousser la technique optique vers la perfection, ces derniers doivent être fabriqués en pièce unique pour s'adapter optimalement aux tissus mous.

Pour pallier à l'exigence d'utilisation de systèmes fermés, il serait judicieux d'utiliser un système universel pour que n'importe quel prothésiste dentaire puisse usiner le pilier implantaire personnalisé modélisé.

Enfin, de nouvelles études seront nécessaires afin d'affirmer que l'empreinte optique intra-orale offre une précision égale ou supérieure à l'empreinte conventionnelle pick up.

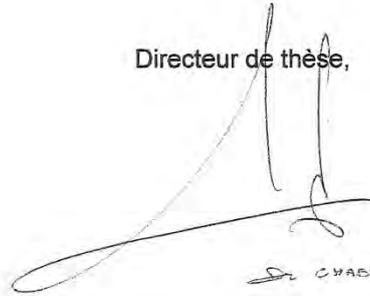
Président du Jury,

*Vu, le Président du Jury*



*29/04/2014*

Directeur de thèse,



*Dr CHABERON Olivier*

## BIBLIOGRAPHIE

1. DURET, Francois. Histoire et résumé sur ma thèse" empreinte optique.". 2010.
2. DURET, François. Conférence sur la CFAO à Annecy. 2008.
3. C. Moussaly, S.Cazier, J.P. Attal. L'empreinte optique. *Entretiens d'Odontologie-Stomatologie: Entretiens de Bichat 2010*. 2010, pp. 46- 48.
4. Bolding, Scotty L. Advanced Digital Implant dentistry. *ADA CERP American Dental Association* . 2012.
5. [http://fr.wikipedia.org/wiki/Moir%C3%A9\\_\(effet\\_de\\_contraste\)](http://fr.wikipedia.org/wiki/Moir%C3%A9_(effet_de_contraste)).
6. Minsky, Marvin. Microscopy apparatus. Brevet US 3013467, 1967.
7. [http://fr.wikipedia.org/wiki/Microscope\\_confocal](http://fr.wikipedia.org/wiki/Microscope_confocal).
8. Peyre Philippe, Bliot M. (directeur de thèse). Perception tridimensionnelle à partir d'images défocalisées. Université de toulouse 3 : s.n., 1995, p. 112.
9. [http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doschim/decouv/peau/loupe\\_imagerie.html](http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doschim/decouv/peau/loupe_imagerie.html).
10. www. Copos. Berlios.de .
11. Nathan S. Bimbaum, Heidi B. Aaronson. Dental Impressions using 3D Digital scanners: Virtual Becomes Reality.*Compendium of continuing education in dentistry*, 2008, pp. **28(8)**: 494, 496, 498-505.
12. S. Logozzo, G. Franceschini, A. Kilpela, M. Caponi, L. Governi, L. Blois. A comparative Analysis of Intraoral 3D digital Scanners for Restorative Dentistry. *The internet Journal of medical Technology*. 2011, Vol. **Volume 5** Number 1.
13. <http://www.oxyum.com/vertus-massage-09.htm>.
14. Sirona., Operator's Manuel of. in Lab for Abitments V3.6X.
15. Manuel utilisateur Cerec 3. 228-232 : s.n., 2011.

16. <http://www.sirona.fr/fr/produits/dentisterie-numerique/inlab-labside-solutions/?tab=954>.
17. <https://www.glidewelldirect.com/ProductList.aspx?PageType=0&Param1=3999&TabModuleId=968&ParentCatId=3994>.
18. <http://genieoss.com/manufacture/straumannimpressioncoping.html>.
19. [www.camlogconnect.com](http://www.camlogconnect.com).
20. <http://www.dreamdirectdesign.com/dentisfuturis/modules/news/article.php?storyid=1189>.
21. <http://www.paperblog.fr/6711121/cas-clinique-de-couronne-sur-pilier-implantaire-cfao-systeme-ti-base-de-sirona/>.
22. Assunco WG, Filho HG, Zaniquelli O. Evaluation of transfer impressions of osteointegrated implants at various angulations. *Implant Dent*. 2004, pp. **13**: 358-366.
23. Mickael Stimmelmayer, Jan- Frederik Güth, Kurt Erdelt, Daniel Edelhoff, Florian Beuer. Digital evaluation of the reproductibility of implant scanbody fit-and in vitro study. *Clinical Oral Invest*. 2012, Vol. **16**: 851-856.
24. Wei-Shao Lin, Bryan T. Harris, dean Morton. Use of implant -supported interim restorations to transfer perimplant soft tissue profiles to a milled polyuréthane definitive cast;. *The Journal of Prosthetic dentistry*. 2013, Vol. **109**: 333-337.
25. Joda T., Wittneben JG, Bragger U. Digital implant Impressions with the "Individualized Scanbody Technique". (IST) for emergence profile support. *Clinical Oral Implants Research*. 2013, Vol. **00**:1-3.
26. Christopher D.RAMSEY, Robert G.RITTER. Utilization of digital technologies for Fabrication of Definitive Implant-Supported Restorations. *Wiley Periodicals Inc*. 2011, pp. 1-10.
27. [http://www.genieoss.com/digital\\_implant\\_impression.html](http://www.genieoss.com/digital_implant_impression.html).

28. Namrata Nayyar, BDS, MS,a Burak Yilmaz. Using digitally coded healing abutments and an intraoral scanner to fabricate implant-supported, cement-retained restorations. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2013, Vol. **109**:210-215.
29. Digital Impressions of Coded Implant Abutments. *Inside Dentistry*. 2011, **7**:8.
30. Intra-oral and Digital Implant Impressioning. *Inside Dentistry*. Aout 2013, **Volume 9** .
31. Namrta Naymar, Burak Yilmaz and Edwin Mc Glumphy. Using digitally codes healing abutments and an intraoral scanner to fabricate implant-supported, cement-retained restorations. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2013, **Vol. 109**: 210-215.
32. Gardien Tellman, Gerry M. Raghoobar, Arjan Vissink et Henny J.A. Meijer. The use of a coded healing abutment as an impression coping to design and mill an individualized anatomic abutment : a clinical report. 2011, *The Journal of Prosthetic Dentistry*, pp. **105**: 181-185.
33. <http://www.les-implants-dentaires.com/implants-videos/feuille-de-route.htm>.
34. Système de restauration Encode® Manuel Clinique.
35. Alf Eliasson, Anders Ortorp. The Accuracy of an Implant Impression technique using digitally Coded healing Abutments. *Wiley Periodicals, inc*. 2011, pp. 30-38.
36. Wassel RW, Barker D, Walls AWG. Crowns and other extra-coronal restorations: impression materials and technique, *Br Dental Journal* 2002, pp. **192**: 281-332.
37. Sang J Lee, German O Galluci. Digital vs conventional implant impressions: efficiency outcomes. *Clinical Oral Implant*. 2013, **24**: 111-115.
38. Finger, Christenzen GJ. The Challenge to conventional impressions . *The journal of American dental association*. 2008, **139**: 347-349.

- 39.** Guth JF, Stimmelmayer M, Beuer F, Edelhoff D. Accuracy of digital models obtained by direct and indirect data capturing. *Clinical Oral Investigations*. 2013, **17**: 1201.
- 40.** Namrta Naymar, Burak Yilmaz and Edwin Mc Glumphy. Using digitally coded healing abutments and an intraoral scanner to fabricate implant supported, cement-retained restorations. . *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2013, Vol. **109**: 210-215.
- 41.** Syrek A, Reich G, Ranftl D, Klein C, Cerny B. Clinical evaluation of all ceramic crowns fabricated from intraoral digital impressions based on the principle of active wavefront sampling. *Journal of Dentistry*. 2010, pp. **38**: 553-9.
- 42.** Grossmann Y, Pasciuta M, Finger IM. A novel technique using a coded healing abutment for the fabrication of a CAD/CAM titanium abutment for an implant supported restoration. *The journal of prosthetic Dentistry*. 2006, pp. **95**: 258-61.
- 43.** <http://www.sop.asso.fr/les-journees/comptes-rendus/la-sop-au-congres-de-ladf-2012/1>.
- 44.** Abrahamsson I, Berglundh T, Lindhe J. The mucosal barrier following abutment dis/reconnection. An experiment study in dogs. *Journal Clinical Periodontol*, 1997, pp. **24**: 568-72.
- 45.** Ender A, Mehl A. Full arch scans: conventional versus digital impressions: an in vitro study. *Int. J. Comput. Dent*. 2011, pp. **14**: 11-21.
- 46.** Cardelli P, Scotti R, Monaco C . *Clinical fitting of CAD/CAM zirconia single crowns generated from digital intraoral impressions based on active wave front sampling*. *The Journal of Dentistry*. 2011.
- 47.** Da Costa JB, PelogiaF, Hagedorn B, Ferracane JL. Evaluation of different methods of optical impression making on the marginal gap of onlays created with CEREC 3D. *Oper Dent*. 2010, pp. **35**: 324-9.

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

**Figure 1** : Figure 63 technique de la triangulation par Georg Wiora, 2006

**Figure 64**: Image représentant le principe du microscope confocal.

[http://w3.jouy.inra.fr/unites/miaj/public/imaste/Projets/AI2M\\_v2/node9.html](http://w3.jouy.inra.fr/unites/miaj/public/imaste/Projets/AI2M_v2/node9.html)

**Figure 65**: Schéma représentant le système de coordonnées sphériques.

<http://www.iluac.com/docs/C32TVAVA.htm>

**Figure 4** : Image représentant le moniteur Bluecam de Cerec.

Nathan S. Birnbaum and Heidy B. Aaronson. *Dental impression using 3D digital scanners: Virtual becomes reality.*

**Figure 5**: Photographie représentant la manette intra-orale Bluecam de Cerec.

Nathan S. Birnbaum and Heidy B. Aaronson. *Dental impression using 3D digital scanners: Virtual becomes reality.*

**Figure 6**: Photographie représentant un balayage intra-oral par trames.

S. Logozzo, G. Franceschini, A. Kilpelä, M. Caponi, L.Governi, L. Blois. A Comparative Analysis Of Intraoral 3dDigital Scanners For Restorative Dentistry. *The Internet Journal of Medical Technology*. Volume 5 Number 1, 2011.

**Figure 7** : Image de la manette Omnicam.

Brochure Sirona « Deux caméras de CFAO d'exception ».

**Figure 8** : Capture d'écran d'un modèle numérique dentaire en couleurs

Brochure Sirona « Deux caméras de CFAO d'exception ».

**Figure 9**: Image représentant l'unité d'empreinte de la marque LAVA.

S. Logozzo, G. Franceschini, A. Kilpelä, M. Caponi, L.Governi, L. Blois. A Comparative Analysis Of Intraoral 3dDigital Scanners For Restorative Dentistry. *The Internet Journal of Medical Technology*. Volume 5 Number 1, 2011.

**Figure 10:** Photographie représentant la manette optique de la marque LAVA.

S. Logozzo, G. Franceschini, A. Kilpelä, M. Caponi, L.Governi, L. Blois. A Comparative Analysis Of Intraoral 3dDigital Scanners For Restorative Dentistry. *The Internet Journal of Medical Technology*. Volume 5 Number 1, 2011.

**Figure 11:** Figure représentant la manette d'iTero 1 simulant la théorie du microscope confocal.

S. Logozzo, G. Franceschini, A. Kilpelä, M. Caponi, L.Governi, L. Blois. A Comparative Analysis Of Intraoral 3dDigital Scanners For Restorative Dentistry. *The Internet Journal of Medical Technology*. Volume 5 Number 1, 2011.

**Figure 12:** Photographie représentant la manette itero 2 en bouche.

S. Logozzo, G. Franceschini, A. Kilpelä, M. Caponi, L.Governi, L. Blois. A Comparative Analysis Of Intraoral 3dDigital Scanners For Restorative Dentistry. *The Internet Journal of Medical Technology*. Volume 5 Number 1, 2011.

**Figure 13:** Image de l'unité d'empreinte de la marque iTero 2.

S. Logozzo, G. Franceschini, A. Kilpelä, M. Caponi, L.Governi, L. Blois. A Comparative Analysis Of Intraoral 3dDigital Scanners For Restorative Dentistry. *The Internet Journal of Medical Technology*. Volume 5 Number 1, 2011.

**Figure 14:** Photographie représentant les manettes Omnicam à gauche et Bluecam à droite.

Brochure Sirona « Deux caméras de CFAO d'exception ».

**Figure 15 :** Tableau comparatif entre les deux dernières caméras de Cerec®.

Brochure Sirona « Deux caméras de CFAO d'exception ».

**Figure 16 :** Tableau comparatif entre les scanners intra oraux.

S. Logozzo, G. Franceschini, A. Kilpelä, M. Caponi, L.Governi, L. Blois. A Comparative Analysis Of Intraoral 3dDigital Scanners For Restorative Dentistry. *The Internet Journal of Medical Technology*. Volume 5 Number 1, 2011.

**Figure 17** : De gauche à droite: tissus mou sans provisoire, après dévissage de la provisoire, radiographie de l'implant en place avec la provisoire.

Joda T, Wittneben JG, Brägger U. Digital implant impressions with the "Individualized Scanbody Technique" (IST) for emergence profile support. *Clinical Oral Implants Research*; **00**, 2013, 1-3.

**Figure 668** : Photographie du scanbody Straumann en place, vue frontale.

Wei- Shao Lin, Bryan T. Harris and Dean Morton. The use of scannable impression coping and digital impression technique to fabricate a customized anatomic abutment and zirconia restoration in the esthetic zone. *The journal of Prosthetic Dentistry*. 2013; **109** (3): 188-191.

**Figure 19** : Photographie du Scanbody en place, vue occlusale.

Wei- Shao Lin, Bryan T. Harris and Dean Morton. The use of scannable impression coping and digital impression technique to fabricate a customized anatomic abutment and zirconia restoration in the esthetic zone. *The journal of Prosthetic Dentistry*. 2013; **109** (3): 188-191.

**Figure 20** : Image représentant le modèle numérique scanbody en place, en vue frontale.

Wei- Shao Lin, Bryan T. Harris and Dean Morton. The use of scannable impression coping and digital impression technique to fabricate a customized anatomic abutment and zirconia restoration in the esthetic zone. *The journal of Prosthetic Dentistry*. 2013; **109** (3): 188-191.

**Figure 21** : Image représentant le modèle numérique scanbody en place, en vue occlusale.

Wei- Shao Lin, Bryan T. Harris and Dean Morton. The use of scannable impression coping and digital impression technique to fabricate a customized anatomic abutment and zirconia restoration in the esthetic zone. *The journal of Prosthetic Dentistry*. 2013; **109** (3): 188-191.

**Figure 22** : Capture d'écran représentant le pilier numérique une fois modélisé, en vue frontale.

Wei- Shao Lin, Bryan T. Harris and Dean Morton. The use of scannable impression coping and digital impression technique to fabricate a customized anatomic abutment and zirconia restoration in the esthetic zone. *The journal of Prosthetic Dentistry*. 2013; **109** (3): 188-191.

**Figure 23** : Capture d'écran représentant le pilier numérique une fois modélisé, en vue occlusale.

Wei- Shao Lin, Bryan T. Harris and Dean Morton. The use of scannable impression coping and digital impression technique to fabricate a customized anatomic abutment and zirconia restoration in the esthetic zone. *The journal of Prosthetic Dentistry*. 2013; **109** (3): 188-191.

**Figure 24** : Photographie du pilier implantaire personnalisé sur le modèle en polyuréthane.

Wei- Shao Lin, Bryan T. Harris and Dean Morton. The use of scannable impression coping and digital impression technique to fabricate a customized anatomic abutment and zirconia restoration in the esthetic zone. *The journal of Prosthetic Dentistry*. 2013; **109** (3): 188-191.

**Figure 25** : Photographie de l'essayage du pilier implantaire en bouche.

Wei- Shao Lin, Bryan T. Harris and Dean Morton. The use of scannable impression coping and digital impression technique to fabricate a customized anatomic abutment and zirconia restoration in the esthetic zone. *The journal of Prosthetic Dentistry*. 2013; **109** (3): 188-191.

**Figure 26:** Photographie des scanbodies Glidewell.

<http://www.glidewell dental.com/downloads/lab/inclusive-implant-services.pdf>

**Figure 67** : Photographie du Scanbody Straumann CARES composé de trois parties.

<http://blogohj.oralhealthjournal.com/clinical/implantology/straumannidsinternational-e-dental-schau-wwwidscom>

**Figure 28** : Schéma représentant le scanbody assemblé.

[http://www.genieoss.com/digital\\_implant\\_impression.html](http://www.genieoss.com/digital_implant_impression.html) (accesed May 17, 2013)

**Figure 29**: Image représentant les différentes tailles de scanbodies Straumann.

[http://www.genieoss.com/digital\\_implant\\_impression.html](http://www.genieoss.com/digital_implant_impression.html) (accesed May 17, 2013)

**Figure 30** : Représentation du Scanbody une fois numérisé.

Brochure Simbiosi : « SOLUTION IMPLANTAIRE Interfaces Personnalisables. »

**Figure 31** : Représentation d'un Scanbody Unico.

Brochure Simbiosi : « SOLUTION IMPLANTAIRE Interfaces Personnalisables. »

**Figure 32**: Image de scanbodies Camlog de diamètres différents.

[www.camlogconnect.com](http://www.camlogconnect.com)

**Figure 33** : Photographie du kit d'empreinte optique par Sirona.

[http://www.dentaltribune.com/articles/business/europe/1321\\_customized\\_implant\\_abutments\\_sirona\\_launches\\_titanium\\_bases.html](http://www.dentaltribune.com/articles/business/europe/1321_customized_implant_abutments_sirona_launches_titanium_bases.html)

**Figure 68**: Capture d'écran du scanbody en place.

<http://www.dentisfuturis.com/modules/news/article.php?storyid=1189>

**Figure 69**: Visualisation en 3D du TiBase avec la gencive.

<http://www.dentisfuturis.com/modules/news/article.php?storyid=1189>

**Figure 70**: Capture d'écran représentant la modélisation du pilier implantaire et de la couronne.

<http://www.sirona.fr/fr/actualites/campagnes-promotions/packs-cerec/classic/logiciel-cerec-42-classic/>

**Figure 71:** capture d'écran du bloc YZ de chez Sirona qui contient la suprastructure et le TiBase.

<http://www.sirona.fr/fr/actualites/campagnes-promotions/packs-cerec/classic/logiciel-cerec-42-classic/>

**Figure 72:** Photographie représentant le tiBase et la suprastructure implantaire en zircone.

[http://www.dentaltribune.com/articles/business/europe/1321\\_customized\\_implant\\_abutments\\_sirona\\_launches\\_titanium\\_bases.html](http://www.dentaltribune.com/articles/business/europe/1321_customized_implant_abutments_sirona_launches_titanium_bases.html)

**Figure 39 :** Photographie des provisoires implanto-portées sur 13, 14, 23 et 24.

Wei-Shao Lin, Bryan T. Harris, Dean Morton. Use of implant- supported interim restorations to transfer periimplant soft tissue profiles to a milled polyurethane definitive cast. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2013; **109** (5): 333- 337.

**Figure 40 :** Photographie du maxillaire après la dépose des provisoires.

Wei-Shao Lin, Bryan T. Harris, Dean Morton. Use of implant- supported interim restorations to transfer periimplant soft tissue profiles to a milled polyurethane definitive cast. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2013; **109** (5): 333- 337.

**Figure 41 :** Photographie après la mise en place des scanbodies avec un affaissement direct des tissus mous après la dépose des provisoires.

Wei-Shao Lin, Bryan T. Harris, Dean Morton. Use of implant- supported interim restorations to transfer periimplant soft tissue profiles to a milled polyurethane definitive cast. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2013; **109** (5): 333- 337.

**Figure 42 :** Photographie des analogues d'implants mis en place, les tissus péri-implantaires peuvent être travaillés.

Wei-Shao Lin, Bryan T. Harris, Dean Morton. Use of implant- supported interim restorations to transfer periimplant soft tissue profiles to a milled polyurethane definitive cast. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2013; **109** (5): 333- 337.

**Figure 43:** Photographie de l'empreinte en alginate provisoires en bouche.

Wei-Shao Lin, Bryan T. Harris, Dean Morton. Use of implant- supported interim restorations to transfer periimplant soft tissue profiles to a milled polyurethane definitive cast. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2013; **109** (5): 333- 337.

**Figure 73:** Photographie des provisoires en place sur le maître modèle avec la fausse gencive.

Wei-Shao Lin, Bryan T. Harris, Dean Morton. Use of implant- supported interim restorations to transfer periimplant soft tissue profiles to a milled polyurethane definitive cast. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2013; **109** (5): 333- 337.

**Figure 45:** Photographie du repositionnement du maître-modèle dans l'empreinte en alginate.

Wei-Shao Lin, Bryan T. Harris, Dean Morton. Use of implant- supported interim restorations to transfer periimplant soft tissue profiles to a milled polyurethane definitive cast. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2013; **109** (5): 333- 337.

**Figure 46:** Photographie de la fausse gencive modelée autour des analogues d'implants.

Wei-Shao Lin, Bryan T. Harris, Dean Morton. Use of implant- supported interim restorations to transfer periimplant soft tissue profiles to a milled polyurethane definitive cast. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2013; **109** (5): 333- 337.

**Figure 47:** Image représentant la vis de cicatrisation Encode composée de deux parties.

[http://dentalimplants3i.com/?productGroup\\_id=BELLATEK%20Encode%20TwoPiece%203.4%20Platform&parentGroup\\_id=BELLATEK%20Encode%20TwoPiece%203.4%20Platform&title=BELLATEK%20Encode%20Two-Piece&db=FR-CA](http://dentalimplants3i.com/?productGroup_id=BELLATEK%20Encode%20TwoPiece%203.4%20Platform&parentGroup_id=BELLATEK%20Encode%20TwoPiece%203.4%20Platform&title=BELLATEK%20Encode%20Two-Piece&db=FR-CA)

**Figure 48 :** Image représentant une vis de cicatrisation Encode composé d'une seule pièce.

[http://dentalimplants3i.com/?productGroup\\_id=BELLATEK%20Encode%20TwoPiece%203.4%20Platform&parentGroup\\_id=BELLATEK%20Encode%20TwoPiece%203.4%20Platform&title=BELLATEK%20Encode%20Two-Piece&db=FR-CA](http://dentalimplants3i.com/?productGroup_id=BELLATEK%20Encode%20TwoPiece%203.4%20Platform&parentGroup_id=BELLATEK%20Encode%20TwoPiece%203.4%20Platform&title=BELLATEK%20Encode%20Two-Piece&db=FR-CA)

**Figure 49:** photographie du passage du profileur d'os avant la mise en place de la vis de cicatrisation.

<http://www.les-implants-dentaires.com/implants-videos/feuille-de-route.htm>

**Figure 50 :** Photographie en vue intra-orale de la vis de cicatrisation avant l'empreinte optique.

Namrta Naymar, Burak Yilmaz and Edwin Mc Glumphy. Using digitally coded healing abutments and an intraoral scanner to fabricate implant supported, cement-retained restorations. . *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2013, Vol. 109: 210-215.

**Figure 74 :** Photographie montrant la poudre de scannage sur la vis de cicatrisation Encode.

Namrta Naymar, Burak Yilmaz and Edwin Mc Glumphy. Using digitally coded healing abutments and an intraoral scanner to fabricate implant supported, cement-retained restorations. . *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2013, Vol. 109: 210-215.

**Figure 75:** Photographie de la vis de cicatrisation numérisée, en vues occlusale et sagittale.

Christopher D. Ramsey, Robert G. Ritter. Utilization of Digital Technologies for fabrication of Definitive Implant – Supported Restorations. *Journal of Esthetic and restorative Dentistry* 2011; 24 (5): 299-308. .

**Figure 53:** Capture d'écran de l'empreinte optique faite par le scanner Lava C.O.S, en vues occlusale et frontale.

Christopher D. Ramsey, Robert G. Ritter. Utilization of Digital Technologies for fabrication of Definitive Implant – Supported Restorations. *Journal of Esthetic and restorative Dentistry* 2011; 24 (5): 299-308.

**Figure 54:** Capture d'écran représentant l'implant numérique intégré dans le modèle numérique.

Christopher D. Ramsey, Robert G. Ritter. Utilization of Digital Technologies for fabrication of Definitive Implant – Supported Restorations. *Journal of Esthetic and restorative Dentistry* 2011; 24 (5): 299-308.

**Figure 76:** Capture d'écran représentant le modèle numérique définitif.

Christopher D. Ramsey, Robert G. Ritter. Utilization of Digital Technologies for fabrication of Definitive Implant – Supported Restorations. *Journal of Esthetic and restorative Dentistry* 2011; 24 (5): 299-308. .

**Figure 56:** Capture d'écran représentant le pilier implantaire modélisé.

Christopher D. Ramsey, Robert G. Ritter. Utilization of Digital Technologies for fabrication of Definitive Implant – Supported Restorations. *Journal of Esthetic and restorative Dentistry* 2011; 24 (5): 299-308. .

**Figure 57:** Photographie du pilier implantaire en zirconium usiné.

Christopher D. Ramsey, Robert G. Ritter. Utilization of Digital Technologies for fabrication of Definitive Implant – Supported Restorations. *Journal of Esthetic and restorative Dentistry* 2011; 24 (5): 299-308. .

**Figure 58:** Photographie du modèle en polyuréthane usiné.

Christopher D. Ramsey, Robert G. Ritter. Utilization of Digital Technologies for fabrication of Definitive Implant – Supported Restorations. *Journal of Esthetic and restorative Dentistry* 2011; 24 (5): 299-308. .

**Figure 59:** Photographie d'une rétro-alvéolaire de l'implant quelques mois après la pose de la prothèse.

Christopher D. Ramsey, Robert G. Ritter. Utilization of Digital Technologies for fabrication of Definitive Implant – Supported Restorations. *Journal of Esthetic and restorative Dentistry* 2011; 24 (5): 299-308.

**Figure 60:** Image représentant le pilier implantaire en Titane modélisé.

Gerdien Telleman, Gerry M. Rahoobar, Arjan Vissink and Henny J.A. Meijer. The use of coding abutment as an impression coping to design and mill an individualized anatomic abutment: a clinical report. *The Journal of Preosthetic Dentistry* 2011; 105

**Figure 61:** Photographie du pilier implantaire en Titane en bouche.

Gerdien Telleman, Gerry M. Rahoobar, Arjan Vissink and Henny J.A. Meijer. The use of coding abutment as an impression coping to design and mill an individualized anatomic abutment: a clinical report. *The Journal of Preosthetic Dentistry* 2011; 105

**Figure 62:** Schéma représentant le flux numérique de l'empreinte.

Namrta Naymar, Burak Yilmaz and Edwin Mc Glumphy. Using digitally coded healing abutments and an intraoral scanner to fabricate implant supported, cement-retained restorations. . *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2013, Vol. 109: 210-215.

**Figure 63:** Empreinte conventionnelle et optique. (a) Empreinte à ciel fermé ; (b) Scanbody; (c) empreinte conventionnelle; et (d) modèle virtuel avec le transfert d'implant optique.

Sang J. Lee, German O. Galluci. Digital vs. conventional implant impressions: efficiency outcomes. *Clinical Oral Implants Research* 2012; 24: 111-115.

**Figure 64:** Tableau représentant les différences entre empreinte conventionnelle et empreinte optique intra orale.

Christopher D.RAMSEY, Robert G.RITTER. *Utilization of digital technologies for Fabrication of Definitive Implant-Supported Restorations*. 2011, Wiley Periodicals, Inc., pp. 1-10

---

**EMPREINTE OPTIQUE INTRA ORALE SUR IMPLANT POUR  
LA REALISATION D'UN PILIER IMPLANTAIRE  
PERSONNALISE**

---

**RESUME EN FRANÇAIS :**

Cette thèse présente les techniques d'empreintes optiques intra-orales pour la fabrication de piliers implantaires en zirconium ou Titane fabriqués sur mesure.

Dans ce travail de recherches est abordée l'utilisation de certains scanners intra-oraux combinée au système BellaTek Encode ou au système clinique utilisant des scanbodies intra-oraux. Ces systèmes d'empreintes optiques ont été créés pour permettre au clinicien de numériser et de reproduire quasi à l'identique la situation de l'implant en position sub-gingivale. Une fois le fichier numérique enregistré, un fichier STL est envoyé aux différents commerciaux pour la fabrication d'un pilier implantaire grâce à l'unité d'usinage.

Les avantages et les inconvénients de cette technique ont pu être listés en s'appuyant sur des études cliniques.

---

**TITRE EN ANGLAIS :** Implant intraoral digital impression to fabricate a customized anatomic abutment.

---

**DISCIPLINE ADMINISTRATIVE :** Chirurgie dentaire

---

**MOTS-CLES :** empreinte optique intra-orale, scanbodies, vis de cicatrisation Encode, pilier implantaire personnalisé

---

**INTITULE ET ADRESSE DE L'UFR OU DU LABORATOIRE :**

Université Toulouse III – Paul Sabatier

Faculté de chirurgie dentaire 3 chemin des Maraîchers 31062 Toulouse  
CEDEX

---

Directeur de thèse : Dr Olivier CHABRERON