HAL
open science

Transmission de la position implantaire via la vis de cicatrisation : le système Encode®

Lisa Binisti

To cite this version:

Lisa Binisti. Transmission de la position implantaire via la vis de cicatrisation : le système Encode®. Sciences du Vivant [q-bio]. 2017. dumas-02351237

HAL Id: dumas-02351237

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02351237

Submitted on 6 Nov 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

UNIVERSITÉ PARIS DIDEROT - PARIS 7

FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE
5, Rue Garancière 75006 PARIS

Année 2017 Thèse N° : 5160

N° attribué par la bibliothèque : 2017PA07G071

THÈSE pour le DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR

en CHIRURGIE DENTAIRE

présentée et soutenue publiquement le

par **BINISTI Lisa**

TRANSMISSION DE LA POSITION IMPLANTAIRE VIA LA VIS DE CICATRISATION : LE SYSTEME ENCODE®

Directeur de thèse : **M. le Docteur Christophe AZEVEDO**
Co-directrice de thèse : **Mme le Docteur Lena MESSICA**

JURY

M. le Professeur Philippe BOUCHARD	Président
M. le Docteur Christophe AZEVEDO	Assesseur
Mme le Docteur Marie-Hélène COTTET	Assesseur
Mme le Docteur Catherine MESGOUEZ	Assesseur
M. le Docteur Emmanuel SOFFER	Assesseur
Mme le Docteur Lena MESSICA	Membre invité

UNIVERSITE PARIS DIDEROT–PARIS 7

Présidente de l'Université :	Mme la Professeure Christine CLERICI
Doyenne de l'U.F.R. d'Odontologie :	Mme la Professeure Ariane BERDAL
Directrice Générale des Services :	Madame Pascale SAINT-CYR

JURY

M. le Professeur Philippe BOUCHARD	Président
M. le Docteur Christophe AZEVEDO	Assesseur
Mme le Docteur Marie-Hélène COTTET	Assesseur
Mme le Docteur Catherine MESGOUEZ	Assesseur
M. le Docteur Emmanuel SOFFER	Assesseur
Mme le Docteur Lena MESSICA	Membre invité

M. le Professeur Philippe BOUCHARD

Docteur en Chirurgie Dentaire
Diplôme de Doctorat
Professeur des Universités - Praticien Hospitalier

Pour l'honneur que vous me faites de présider ce jury et pour votre bienveillance, veuillez trouver ici l'expression de ma gratitude la plus sincère et de mon profond respect.

M. le Docteur Christophe AZEVEDO

Docteur en Chirurgie Dentaire
Diplôme de Doctorat
Maître de Conférences des Universités - Praticien Hospitalier

Pour l'honneur que vous me faite d'avoir accepté la direction de cette thèse, pour la richesse de vos enseignements théoriques et cliniques, veuillez trouver ici l'expression de mon respect et de mon extrême reconnaissance.

Mme le Docteur Marie-Hélène COTTET

Docteur en Chirurgie Dentaire
Diplôme de Doctorat
Maître de Conférences des Universités - Praticien Hospitalier

Pour l'honneur que vous me faites de siéger à ce jury de thèse, veuillez trouver ici l'expression de ma gratitude.

Mme le Docteur Catherine MESGOUEZ

Docteur en Chirurgie Dentaire
Diplôme de Doctorat
Maître de Conférences des Universités - Praticien Hospitalier

Pour l'honneur que vous me faites de siéger au jury de cette thèse, pour votre pédagogie et votre gentillesse, veuillez recevoir mes sincères remerciements et ma profonde estime.

M. le Docteur Emmanuel SOFFER

Docteur en Chirurgie Dentaire
Maître de Conférences des Universités - Praticien Hospitalier

Pour l'honneur que vous me faites en prenant part au jury de cette thèse, pour vos qualités d'enseignant, soyez assuré de ma respectueuse considération.

Mme le Docteur Lena MESSICA

Docteur en Chirurgie Dentaire
Ancienne Assistante Hospitalo-Universitaire

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la co-direction de cette thèse, pour toute l'attention et la disponibilité dont vous avez su faire preuve pour mener à bien ce travail, pour votre confiance durant tout mon cursus et votre soutien de tous les instants, trouvez ici le témoignage de ma profonde gratitude et de ma sincère amitié.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION……3

1 LE SYSTEME ENCODE® : DE LA PRISE D'EMPREINTE À LA CONFECTION DES ÉLÉMENTS SUPRA-IMPLANTAIRES 7

1.1 L'EMPREINTE SUPRA-IMPLANTAIRE ENCODE® 7

1.1.1 Préambule 7

1.1.2 Empreinte traditionnelle 10

1.1.3 Empreinte optique 13

1.1.4 Traitement de l'empreinte, étapes de laboratoire 18

1.2 CONFECTION DES ELEMENTS SUPRA-IMPLANTAIRES : ROLE DE LA CFAO 20

1.2.1 Place de la CFAO dans l'élaboration des piliers anatomiques Encode® 20

1.2.1.1 Rappels généraux sur la CFAO 20

1.2.1.2 Numérisation des vis de cicatrisation Encode® 24

1.2.1.1 Conception Assistée par Ordinateur (CAO) 27

1.2.1.2 Fabrication Assistée par Ordinateur (FAO) 30

1.2.1.3 Confection du maître modèle physique 31

1.2.2 La technologie Robocast® : réalisation automatisée du maître modèle 34

1.2.2.1 Définition 34

1.2.2.2 Fonctionnement 35

1.3 RECEPTION ET MISE EN PLACE DU PILIER ENCODE® 40

1.4 COMPARAISON AVEC UN SYSTEME SUPRA-IMPLANTAIRE TRADITIONNEL 45

2 EVALUATION CRITIQUE DU SYSTEME ENCODE®, A L'AIDE DE PUBLICATIONS REFERENCEES ET D'ILLUSTRATIONS CLINIQUES 48

2.1 INDICATIONS ET CONTRE-INDICATIONS DU SYSTEME ENCODE® 48

2.2 APPORTS DE LA TECHNOLOGIE ENCODE® 50

2.2.1 Communication 50

2.2.1.1 Avec le patient 50

2.2.1.2 Avec le prothésiste 50

2.2.1.3 Avec les correspondants 51

2.2.2 Intérêts en parodontologie 52

2.2.2.1 Le parodonte péri-implantaire 52

2.2.2.2 Incidences sur le parodonte 54

2.2.3 Intérêts en phase prothétique 63

2.2.3.1 Avantages de l'empreinte 63

2.2.3.2 Esthétique 68

2.3 LIMITES DE LA TECHNOLOGIE ENCODE® 74

2.3.1 Inconvénients cliniques 74

2.3.1.1 Phase opératoire 74

2.3.1.2 Phase prothétique 78

2.3.2 Inconvénients : phase de laboratoire 81

2.3.2.1 Technologie Robocast® 81

2.3.2.2 Rôle du prothésiste 95

CONCLUSION 97

BIBLIOGRAPHIE……99

TABLE DES ILLUSTRATIONS……104

INTRODUCTION

De nos jours, l'implantologie fait partie intégrante de notre arsenal thérapeutique. Depuis l'avènement des premiers implants, les systèmes n'ont cessé de se multiplier et de se perfectionner, permettant à toute l'équipe thérapeutique (praticiens, prothésistes) d'acquérir plus de précision et de confort dans l'élaboration du projet implantaire et prothétique.

Il est acquis par les données de la science que le succès implantaire ne repose pas uniquement sur la phase chirurgicale et l'ostéointégration de l'implant, mais également sur des paramètres et des protocoles prothétiques, qui se doivent d'être les plus précis possibles. Parallèlement à l'avancée de nouvelles technologies numériques, c'est dans ce contexte que les étapes prothétiques, telles que la transmission de la position implantaire et la confection des suprastructures, voient leurs techniques et leurs matériaux se perfectionner.

L'empreinte supra-implantaire est l'étape essentielle pour la réalisation des éléments prothétiques, elle permet la transmission de la situation clinique au laboratoire de prothèse, et notamment la transmission de la position tridimensionnelle (3D) de l'implant par rapport aux tissus environnants. Elle va permettre la confection du maître modèle, représentation analogique du cas clinique et support indispensable à la confection des éléments prothétiques.
L'empreinte de la position implantaire et des tissus environnants se fait classiquement sur le col implantaire, via l'utilisation de transferts d'empreinte classiques ou optiques, après avoir dévissé les vis de cicatrisation.
Une imprécision au niveau de l'empreinte ou de la mise en place des transferts et analogues, sera transférée au maître modèle et engendrera des erreurs au niveau de la prothèse définitive. D'autre part, il a été démontré que les manipulations répétées de ces différentes pièces prothétiques lors de l'empreinte, pouvaient avoir des conséquences sur la santé des tissus parodontaux péri-implantaires, et provoquer récessions et pertes osseuses *(Abrahamsson et al. 1997)*. De plus, ces procédures peuvent devenir délicates et inconfortables, aussi bien pour le praticien que pour le patient. Elles nécessitent une grande dextérité de la part du praticien afin d'obtenir une empreinte la plus fiable possible.

C'est dans un souci d'obtenir plus de précision et de confort lors de thérapeutiques prothétiques supra-implantaires que le système Encode® a vu le jour. Il propose une évolution des procédures conventionnelles de réhabilitation prothétique supra-implantaire, grâce à une technique d'empreinte

effectuée directement à partir des vis de cicatrisation. Cette invention est fondée principalement sur la recherche d'une optimisation du résultat esthétique, et d'une amélioration du confort thérapeutique. L'objectif est de permettre la transmission de la position implantaire via cette vis, sans utilisation de transferts d'empreinte classiques, puis la confection informatisée d'un maître modèle et d'un pilier anatomique, faisant intervenir des technologies récentes comme l'empreinte optique et la CFAO (Conception et Fabrication Assistée par Ordinateur).

Créé par la société Biomet3i en 2003 (aujourd'hui ZimmerBiomet Dental), les premiers prototypes de ce système furent lancés la même année aux Etats-Unis, et 2 ans plus tard en Europe. Après de nombreuses modifications et améliorations, le système final tel qu'il est utilisé aujourd'hui fut mis sur le marché 5 ans après, en 2009. Depuis, il est largement utilisé par de nombreux implantologues et chirurgiens-dentistes d'Europe et d'outre-Atlantique pour des réhabilitations prothétiques unitaires ou plurales.

La société a mis en place des vis de cicatrisation transmuqueuses uniques, appelées vis Encode® BellaTek™ présentant une combinaison de codes usinés sur leur face occlusale (Fig.1).

Figure 1: Vis de cicatrisation Encode® Bellatek™ en vue occlusale et latérale (ZimmerBiomet)

Mises en place après la pose chirurgicale de l'implant comme les vis de cicatrisation standards, ces vis encodées permettent aux praticiens de prendre directement l'empreinte de la position implantaire, de façon traditionnelle ou numérique, sans dévissage de celles-ci. L'empreinte supra-implantaire étant celle des vis de cicatrisation (Fig.2). Ces codes occlusaux vont permettre d'obtenir toutes les informations nécessaires sur la position tridimensionnelle de l'implant.

Figure 2: Vues occlusales de vis de cicatrisation Encode® BellaTek™ en place, après cicatrisation muqueuse (Drago 2014)

L'acquisition des données contenues par les vis Encode® BellaTek™ se fait à l'aide de scanners optiques et de logiciels de CFAO. Elle va permettre d'une part le bon positionnement de l'analogue d'implant au sein du maitre modèle via un système unique de forage automatisé appelé Robocast®, et d'autre part, la conception du pilier définitif implantaire anatomique en titane, nitrure de titane ou Zircone (Fig.3) *(Lin et al. 2013).*

Figure 3: Exemples de piliers définitifs sur mesure Encode® : à gauche en nitrure de titane, au centre en titane et à droite en Zircone. (Société ZimmerBiomei)

Les objectifs principaux de ce système sont donc multiples :

- améliorer le résultat esthétique de la prothèse supra-implantaire: d'une part en préservant les tissus mous et durs en limitant le vissage-dévissage des pièces prothétiques *(Koutouzis et al. 2013)*, et d'autre part, par la réalisation d'un pilier implantaire CFAO anatomique. En raison de leur spécificité pour le patient, de tels piliers permettent une optimisation du soutien des tissus mous péri-implantaires, condition essentielle pour obtenir un résultat esthétique optimal *(Papazian et Morgano 1998)* ;
- obtenir plus de confort lors de la prise d'empreinte en supprimant l'utilisation d'accastillage pour l'empreinte implantaire ;
- réaliser des maîtres modèles précis par une mise en place automatisée des analogues d'implants ;
- diminuer le temps opératoire en simplifiant le processus global de restauration.

Il existe seulement deux usines majeures de conception des éléments supra-implantaires Encode® BellaTek™ au monde. La première créée se situe aux Etats-Unis (Palm Beach Gardens, Floride) où la consommation des piliers sur mesure Encode® en titane représente 34% des piliers vendus chez ZimmerBiomet. La seconde est en Espagne (Valence), où l'utilisation de ces piliers est légèrement inférieure en ratio. Cette dernière fournit de nombreux pays européens, et majoritairement la France *(Société ZimmerBiomet)*.

Quelques années après ses premières commercialisations aux Etats-Unis et face à une forte demande, la société ZimmerBiomet a permis à de nombreux laboratoires américains d'obtenir la licence et la

certification pour scanner, concevoir et fabriquer les piliers définitifs Encode® BellaTek™, améliorant ainsi les délais et le flux de production sur tout le territoire *(Société ZimmerBiomet)*.

Sa large utilisation depuis maintenant 8 ans, nous permet aujourd'hui d'avoir le recul clinique nécessaire pour apprécier, analyser et discuter les résultats thérapeutiques obtenus.

L'objectif de ce travail est de savoir si, dans le cadre de l'élaboration d'une prothèse supra-implantaire, ce système a de réels avantages en termes de facilité de mise en œuvre et de précision, vis-à-vis d'un système standard, et ainsi en juger son intérêt.

Les principes généraux du système Encode® feront l'objet de notre première partie, où nous décrirons son application clinique, le rôle de la CFAO et de la technologie Robocast®, en le comparant avec le système supra-implantaire traditionnel. Pour, in fine, réaliser dans une seconde partie une évaluation critique de cette technologie afin d'en faire ressortir ses avantages et ses limites, en s'appuyant sur les publications référencées et des illustrations cliniques.

1 LE SYSTEME ENCODE® : DE LA PRISE D'EMPREINTE À LA CONFECTION DES ÉLÉMENTS SUPRA-IMPLANTAIRES

1.1 L'Empreinte supra-implantaire Encode®

1.1.1 Préambule

Les différents protocoles de mise en place d'une vis de cicatrisation Encode® BellaTek™ restent identiques à ceux d'un système implantaire standard. Dans le cas d'un protocole implantaire réalisé en un temps chirurgical, les vis de cicatrisation Encode® BellaTek™ sont positionnées directement après la pose de l'implant, lors de la chirurgie. Elles seront vissées après le dégagement du col implantaire et la maturation des tissus parodontaux dans le cas d'un protocole en deux temps.

La sélection de la vis de cicatrisation Encode® BellaTek™ doit se faire consciencieusement en accord avec de nombreux éléments cliniques. Six facteurs clés ont été déterminés afin de choisir la vis de cicatrisation la plus appropriée au cas clinique donné (Fig. 4 et 5) *(Drago et Lazzara 2010)* :

1. Le type de connexion implantaire : interne ou externe ;
2. Le diamètre de la plate-forme de l'implant (millimètres) ;
3. Le profil d'émergence de la vis (millimètres) ;
4. La hauteur des tissus mous péri-implantaires (millimètres) ;
5. L'angulation de l'implant ;
6. L'Espace inter-occlusal (millimètres).

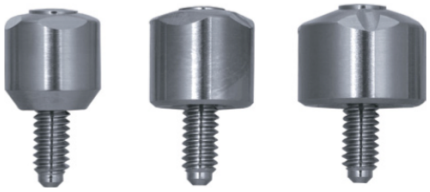


Figure 4: Vue latérale des vis de cicatrisation Encode® BellaTek™ pour implant à connexion externe OSSEOTITE® Implant System de 4,1 mm de surface d'assise, 4 mm de hauteur de col et respectivement de gauche à droite : 5, 6 et 7,5 mm de profil d'émergence (EHA454, EHA464 et EHA474). (Drago 2014)

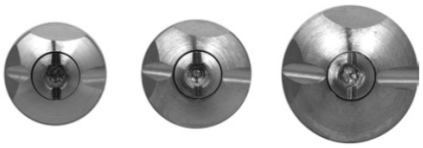


Figure 5: Vue occlusale des vis de cicatrisation Encode® BellaTek™ pour implant à connexion interne OSSEOTITE® CERTAIN® de 4,1 mm de surface d'assise, 4 mm de hauteur de col et respectivement de gauche à droite : 5, 6 et 7,5 mm de profil d'émergence (IEHA454, IEHA464 et IEHA474). (Drago 2014)

Ces vis Encode® sont disponibles pour les implants à connexion hexagonale externe et interne, en quatre hauteurs transgingivales différentes : 3, 4, 6 et 8 millimètres. Elles sont compatibles avec les implants de plateformes 3.4-, 4.1-, 5-, ou 6- millimètres, et pour chaque hauteur transgingivale et diamètre de surface d'assise, sont disponibles des vis de diamètre de profil d'émergence différents allant de 3,8 à 7,5 millimètres.

La hauteur de la vis Encode® BellaTek™, en comparaison avec les vis de cicatrisation classiques, se doit d'être plus haute par rapport au rebord gingival, de telle sorte qu'elle doit obligatoirement être en position supra-gingivale d'au moins 1 millimètre sur toute sa circonférence, sans inclure la partie occlusale arrondie (Fig.6) *(Grossmann et al. 2006)*. Cela permet tout d'abord d'éviter une croissance tissulaire au-dessus de la vis, ce qui compliquerait des étapes prothétiques ultérieures *(Davarpanah et al. 2012)*, mais également d'exposer dans leur intégralité les codes occlusaux et axiaux de la vis de cicatrisation *(Drago et Peterson 2010)*.

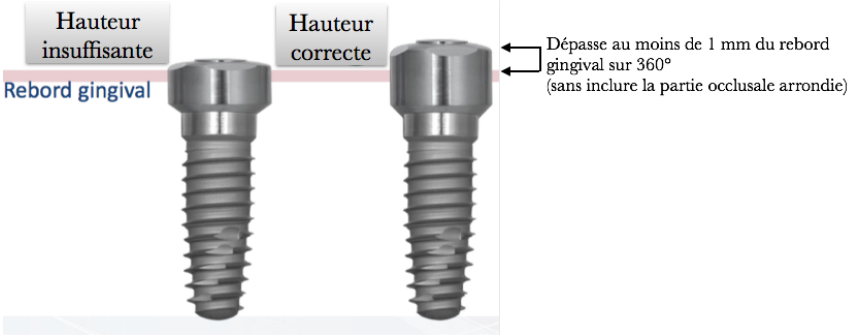


Figure 6: Schéma simplifié de la hauteur du col de la vis de cicatrisation Encode® BellaTek™ à choisir par rapport au rebord gingival.

La bonne assise de la vis de cicatrisation au sein de l'implant doit être contrôlée à l'aide d'une radiographie rétro-alvéolaire (Fig.7) avant que le praticien ne la visse à un couple de serrage de 20 Ncm à l'aide d'un tournevis gros hexagone et d'une clé dynamométrique (Fig.8 et 9) *(Société ZimmerBiomet)*. En cas de difficultés d'insertion, il peut être nécessaire de profiler l'os alvéolaire en périphérie de l'implant, pour garantir la bonne assise de la vis de cicatrisation au sein de sa plateforme prothétique.

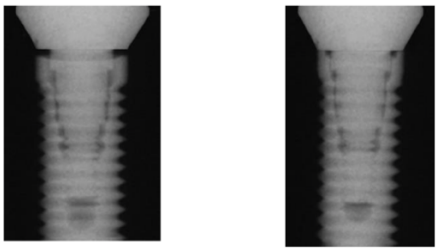


Figure 7: Exemples de radiographies rétro-alvéolaires d'une vis de cicatrisation Encode® BellaTek™ correctement mise en place à droite, contrairement à celle vissée sur l'image de gauche. A noter sur cette dernière : le hiatus caractéristique révélateur d'un mauvais positionnement de la vis de cicatrisation. (Société ZimmerBiomet)

	Grand hexagone	
Longueur	Tournevis	Embout
17 mm	PHD02N	-
24 mm	PHD03N	RASH3N
30 mm	-	RASH8N

Figure 8: Références commerciales du tournevis standard adapté aux vis de cicatrisation Encode® BellaTek™. (Catalogue général chirurgie et prothèse-Biomet3i)

Figure 9: Après la pose chirurgicale des implants en position 11 et 21, les vis de cicatrisation appropriées sont mises en place et les sutures sont réalisées. (Priest 2005)

L'empreinte implantaire des vis de cicatrisation Encode® BellaTek™ exige au préalable une vérification de nombreux paramètres. Une fois ces paramètres validés par le praticien, un rendez-vous pour réaliser l'empreinte pourra être donné au patient. Ces paramètres sont les suivants :

- contrôle tactile et sonore de l'ostéo-intégration de l'implant ;
- contrôle de la cicatrisation des tissus mous et de l'absence de syndrome infectieux *(Missika et al. 2003) ;*
- contrôle du bon vissage de la vis avec le tournevis approprié, elle doit être stable sans aucun mouvement macroscopique *(Drago 2014) ;*
- contrôle radiographique : de l'implant, de l'absence d'un espace radioclair péri-implantaire, des

tissus parodontaux, et de la bonne assise de la vis de cicatrisation ;

- contrôle de la bonne position de la vis : le praticien doit être capable de visualiser l'ensemble des codes de sa surface occlusale, critère essentiel permettant l'exactitude de l'empreinte, du scannage et de l'interprétation précise des codes (Fig. 10).

Figure 10: Photographie des vis de cicatrisation Encode® BellaTek™ 3 mois après la pose des implants dentaires en position de 21 et 11, les tissus mous sont cicatrisés et les implants ostéointégrés. Tous les codes occlusaux et axiaux sont nettement visibles, l'empreinte supra-implantaire des vis de cicatrisation peut être réalisée. (Priest 2005)

L'empreinte supra-implantaire des vis de cicatrisation Encode® peut être réalisée de façon traditionnelle ou numérique.

1.1.2 Empreinte traditionnelle

L'empreinte traditionnelle des vis de cicatrisation Encode® BellaTek™ s'apparente fortement à celle réalisée en prothèse fixée sur dents naturelles et à celle de prothèse supra-implantaire classique à ciel fermé. Elle se réalise sans transfert d'empreinte avec un porte-empreinte du commerce rigide ou individuel, car une simple prise d'empreinte de la vis de cicatrisation en bouche est nécessaire (Fig.11).

Figure 11: Exemples cliniques de transferts d'empreinte pour empreinte classique à ciel ouvert (a), pour empreinte Encode® (b) et pour empreinte classique à ciel fermé (c). (Howell 2011)

Deux types de matériaux de la famille des élastomères peuvent être utilisés pour cette empreinte supra-implantaire *(Richelme et al. 2014)* :

- *les silicones de type A ou vinylpolysiloxanes* : disponibles en différentes viscosités. Ils sont utilisés en double mélange par combinaison d'un silicone de haute viscosité assurant la masse principale de l'empreinte et d'un silicone de basse viscosité assurant la reproduction des détails au contact de la vis de cicatrisation Encode®BellaTek™ (exemples : Imprint4 Penta Putty et Imprint4 regular (3M ESPE) ; Honigum Putty et Homigum Light (DMD, Pred)) ;
- *les polyéthers* : de type monophases (exemples : Impregum™, Penta™ Soft, Penta™ Soft Quick de 3M ESPE) ou biphases en double mélange (exemples : Impregum DuoSoft, Penta H, Garant L), utilisés à l'aide d'un mélangeur automatisé. Dans le cas d'une empreinte monophase, une injection localisée sur la vis de cicatrisation se fait avec une seringue spécifique, avant le remplissage du porte-empreinte.

L'empreinte de l'arcade antagoniste se réalise quant à elle avec un hydrocolloïde irréversible de type alginate.

Ce protocole d'empreinte des vis Encode® BellaTek™ est particulièrement simple et classique :

1. Nettoyage et rinçage des surfaces dentaires, des tissus mous et des vis de cicatrisation. Ils doivent être dépourvus de tous fluides (sang, salive) et de tous débris qui pourraient compromettre la bonne réplication des codes de la vis et des tissus mous périphériques.
2. Vérification du porte-empreinte.
3. Mélange du matériau selon la technique et le matériau choisis.
4. Garnissage du porte-empreinte avec le matériau ayant la viscosité la plus élevée et injection du matériau de basse viscosité au niveau des vis de cicatrisation Encode® BellaTek™ (Fig.12).
5. Mise en place du porte-empreinte (Fig.13).
6. Après la prise complète du matériau (selon les instructions du fabricant), désinsertion de l'empreinte.
7. Rinçage de l'empreinte.
8. Vérification de l'empreinte : le praticien l'examine minutieusement afin de contrôler que les vis de cicatrisation Encode® BellaTek™ et les tissus mous environnants soient parfaitement enregistrés avec précision, sans bulle, tirage, accros ou déformation (Fig. 14 et 15). La circonférence totale doit dépasser de 1 millimètre minimum au-dessus des tissus mous. Dans les cas contraires, une nouvelle empreinte devra être réalisée (Fig.16).
9. Prise d'empreinte de l'arcade antagoniste à l'alginate.
10. Enregistrement de la relation inter-maxillaire à l'aide d'un mordu réalisé en occlusion d'intercuspidation maximale (OIM).

11. Prise de la teinte pour la future couronne supra-implantaire.
12. Décontamination et emballage des empreintes.
13. Envoi des empreintes au laboratoire de prothèse accompagnées du bon de commande Encode® ZimmerBiomet.

Figure 12: Injection du matériau de plus basse viscosité au niveau de la vis de cicatrisation Encode® BellaTek™. (Biomet3i 2015)

Figure 13: Insertion du porte-empreinte contenant le matériau de plus haute viscosité. (Biomet3i 2015)

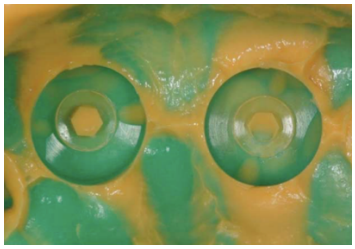


Figure 14: Empreinte des vis de cicatrisation Encode® BellaTek™ au vinylpolysiloxane. Tous les codes des vis de cicatrisation sont parfaitement répliqués. (Priest 2005)

Figure 15: Exemple d'une empreinte sectorielle d'une vis de cicatrisation Encode® BellaTek™ en position 26, réalisée au vinylpolysiloxane. (Laboratoire Rouillard, Paris 10e)

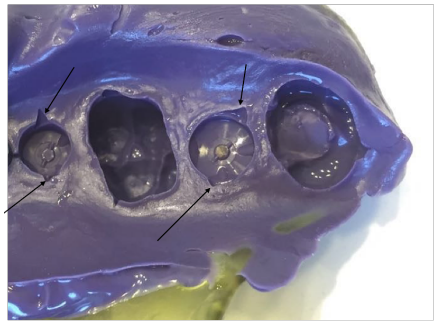


Figure 16: Exemple d'empreinte incorrecte de vis de cicatrisation Encode® BellaTek™ en position 15 et 17, réalisée au polyéther. A noter la présence de défauts au niveau des vis (flèches noires), l'empreinte doit être refaite. (Docteur Messica, Ermont)

1.1.3 Empreinte optique

L'empreinte optique classique sur implant se réalise grâce à l'utilisation de transferts optiques spécifiques appelés « corps de scannage » (scanbodies), transvissés et connectés à l'implant en bouche afin d'être enregistrés par le scanner. C'est la « Technique de corps de scannage individualisé » ou IST (« Individualized Scanbody Technique » en anglais) *(Joda et al. 2014)*. Cependant, dans le cas d'une empreinte optique supra-implantaire du système Encode®, l'utilisation de ces scanbodies est éliminée. La vis de cicatrisation Encode® BellaTek™ n'étant pas dévissée lors du scannage, elle fait alors office de scanbody.

Réalisée directement par le praticien au fauteuil, l'empreinte est permise grâce un dispositif d'empreinte optique, appelé « chairside », qui va scanner et numériser l'arcade dentaire concernée du patient, l'arcade antagoniste, et l'occlusion du patient *(Tapie et al. 2015b)* (Fig.17).

Figure 17: Exemple d'empreinte optique d'une vis de cicatrisation en position de 11. (Carpentieri et Drago 2015)

L'empreinte optique des vis de cicatrisation Encode® BellaTek™ en place s'effectue à l'aide de caméras optiques intra-orales homologuées pour ce système. Seuls trois scanners intra-oraux sont compatibles avec la technologie Encode® et peuvent être utilisés au cabinet pour des empreintes optiques sur les

vis de cicatrisation Encode® BellaTek™ *(Albensi Laboratories 2013)(Ramsey et Ritter 2012)* :

- le CEREC® AC Scanner (Sirona Dental, Charlotte, NC) : avec les caméras BlueCam® et Omnicam® (Fig.18 et 19) ;
- le Lava™ Chairside Oral Scanner C.O.S, maintenant succédé par le System True Definition Scanner de 3M (3M ESPE, St. Paul, MN) (Fig.20) ;
- et le iTero® Scanner (Align Technology, Inc., San José, Californie) (Fig.21).

Figure 18: Le moniteur CEREC® AC avec la caméra BlueCam®. (Sirona™)

Figure 20: Le moniteur 3M avec la caméra TDS. (3M™)

Figure 19: Caméra Omnicam (Sirona™)

Figure 21: La nouvelle version kart épuré de iTero® Element avec la caméra iTero® (Align Technology™)

Ces derniers reposent sur une méthode non mécanique de numérisation de l'image sans contact physique (dit optique) *(Descamp et Fages 2016).* Chaque dispositif possède ses instructions de mise en place, de réglages, d'ajustements et une notice de bon fonctionnement. Leurs protocoles d'utilisation clinique diffèrent de par leur matériel, mais également par leur mode d'enregistrement optique de l'image. Se distinguent deux types d'enregistrement *(Descamp et Fages 2016)* :

- l'acquisition de l'image « point and click » : l'enregistrement se fait image par image automatiquement par la caméra. C'est la superposition de toutes les images statiques 3D successives obtenues qui formera l'ensemble. C'est le cas pour le système CEREC® BlueCam® ;

- l'acquisition de l'image « full motion » : l'enregistrement se fait en continu, de la même manière que celui d'un film, en maintenant une certaine vitesse et une bonne profondeur de champ. Le flux vidéo peut être interrompu, complété et repris à tout moment pour obtenir l'image 3D finale *(Landwerlin 2011).* C'est le cas pour les systèmes : True Definition Scanner, iTero®, et CEREC® Omnicam®.

Des étapes préliminaires, indispensables à la bonne réalisation d'une empreinte optique, sont communes aux protocoles des différentes caméras intra-orales homologuées pour les empreintes Encode®, elles impliquent *(Landwerlin 2011)* :

- un calibrage régulier de la caméra, afin d'éviter les imprécisions dimensionnelles éventuelles, non visibles sur l'image virtuelle, mais pouvant se répercuter sur les restaurations finales ;
- le nettoyage soigné des structures à enregistrer ;
- l'isolation des surfaces dentaires de la salive et du sang à l'aide d'écarteurs, de rouleaux salivaires et d'une bonne aspiration, afin d'optimiser le poudrage et la numérisation ;
- une bonne ergonomie de l'espace de travail. Les quatre systèmes homologués se présentent sous forme de kart à roulettes comportant un écran tactile ou un clavier, supportant la caméra par un socle situé à gauche ou à droite. La position du kart par rapport au praticien et au fauteuil doit permettre une bonne visibilité de l'écran pendant la numérisation, tout en permettant une parfaite liberté de mouvements au praticien et à son assistante ;
- l'éclairage du scialytique doit être éteint pour éviter les interférences avec les rayons incidents de la caméra.

Les gestes et séquences cliniques d'une empreinte optique des vis de cicatrisation Encode® BellaTek™ à l'aide de ces quatre systèmes diffèrent peu les uns des autres, et sont les suivants :

1. Enregistrement du laboratoire ZIMMERBIOMET comme laboratoire partenaire dans le logiciel de numérisation ;
2. Introduire le cas et remplir les données nécessaires pour créer la fiche patient ;
3. Scanner la vis de cicatrisation et les dents adjacentes, les faces occlusales, linguales et vestibulaires (Fig. 22).

   En fonction du système numérique utilisé, un poudrage préalable des surfaces peut être nécessaire (notamment pour les caméras TDS et CEREC®BlueCam®) (Fig.23). Celui-ci est effectué avec une poudre de dioxyde de titane pulvérisée à l'aide d'une bombe, et viendra recouvrir la vis de cicatrisation Encode® BellaTek™ et les structures adjacentes à enregistrer.

Ce poudrage permettra d'augmenter les contrastes de l'image en éliminant les artéfacts (brillance des surfaces) *(Landwerlin 2011)*.

Pendant la prise d'empreinte, le praticien peut visualiser l'avancée du modèle 3D obtenu, afin de constater en temps réel la présence ou non de zones insuffisamment enregistrées *(Descamp et Fages 2016)* (Fig.24).

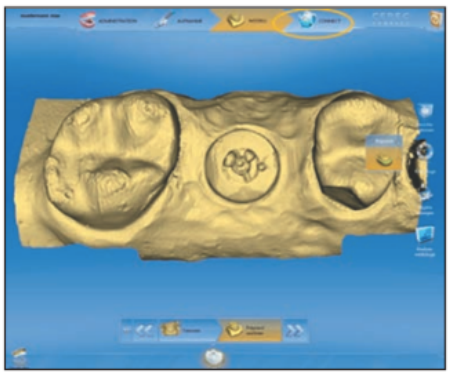


Figure 22: Images virtuelles en couleurs réelles d'une vis de cicatrisation Encode® BellaTek™ en place de 16 obtenue avec la caméra Omnicam® et le logiciel Sirona Connect. (ZimmerBiomet)

Figure 23: Couche de poudre appliquée sur la vis de cicatrisation avant l'empreinte optique à l'aide du scanner 3M. (Nayyar et al. 2013)

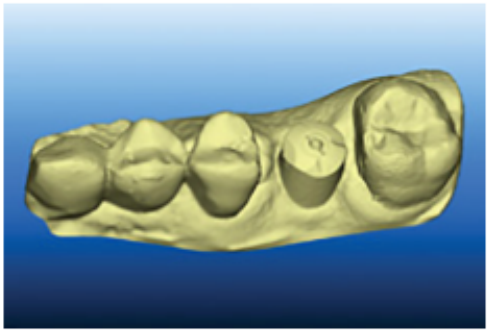


Figure 24: Empreinte optique d'une vis de cicatrisation Encode® BellaTek™ réalisée à l'aide de la caméra intra-orale iTero® Element, en couleurs reconstituées. (Align Technology Inc. 2015)

4. Scanner de la même manière l'arcade antagoniste ;
5. Enregistrer la relation d'occlusion par un scannage des faces vestibulaires des arcades en OIM (Fig.25) ;

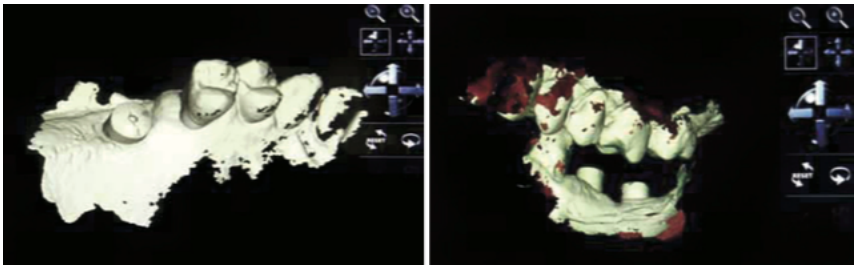


Figure 25: Images virtuelles obtenues sur le moniteur 3M après scannage des arcades en OIM et des vis de cicatrisation Encode®. (Nayyar et al. 2013)

6. Valider les images virtuelles obtenues : les codes occlusaux et axiaux de la vis de cicatrisation Encode® BellaTek™ ainsi que les tissus mous adjacents doivent être les plus nets et précis possibles. Les moniteurs disposent d'une fonction « zoom » permettant de valider la précision de l'enregistrement de la vis de cicatrisation Encode® BellaTek™ sous tous les angles (Fig.26) ;

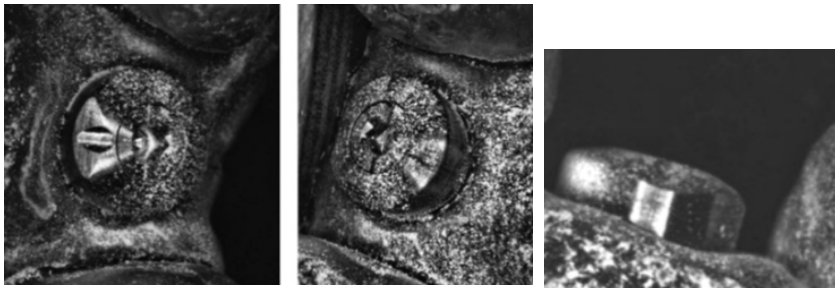


Figure 26: Images virtuelles en vue occlusale et latérale d'une vis de cicatrisation Encode® BellaTek™ scannée par un scanner 3M™. (Ramsey et Ritter 2012)

7. Télécharger et remplir numériquement le bon de commande Encode® BellaTek™ propre au patient comprenant toutes les instructions nécessaires pour la conception du pilier anatomique ;
8. Envoyer par internet les fichiers numériques via le portail du logiciel utilisé, accompagné du bon de commande numérique au centre de production BellaTek™.

	CEREC® BlueCam ®	**CEREC® Omnicam®**	**TDS**	**iTero®**
Capture de l'image	« Point and click »	« Full motion »	« Full motion »	« Full motion »
Poudrage	Oui	Non	Oui	Non
Couleurs	Noir et Blanc	Réelles	Noir et Blanc	Reconstituées
Précision de l'image	-*	-*	6 à 11 microns	15 microns
Temps d'acquisition	2 min pour 2 arcades	-*	2 min/arcade	1min30/patient
Exploitation des fichiers	Système « ouvert » format .stl	Système « ouvert » format .stl	Système « ouvert » format .stl	Système « ouvert » format .stl

** Non communiqué par le fabricant*

Figure 27: Synthèse des caractéristiques générales des différentes caméras intra-orales homologuées pour le système d'empreinte des vis de cicatrisation Encode® BellaTek™. (Descamp et Fages 2016) (Landwerlin 2011)

1.1.4 Traitement de l'empreinte, étapes de laboratoire

Les données numérisées dans le cas d'une empreinte optique sont directement envoyées au centre de production BellaTek™ ZimmerBiomet par le praticien de son poste de travail, les étapes de traitement de l'empreinte au laboratoire intéressent uniquement les empreintes physico-chimiques supra-implantaires Encode®.

A la réception de l'empreinte, le prothésiste réalise la coulée de l'empreinte avec un plâtre dur à faible dilatation selon les doses et instructions du fabricant, ainsi que celle de l'antagoniste. Le modèle contenant la vis de cicatrisation Encode® BellaTek™ se doit d'être suffisamment épais (avec un socle de minimum 2 centimètres) pour permettre l'insertion entière de l'analogue d'implant par la technologie Robocast™ (Fig. 28) *(Drago et Peterson 2010)*.
Après la prise complète du plâtre, l'empreinte est démoulée. Le modèle en plâtre obtenu est attentivement analysé avant son envoi au centre d'usinage BellaTek™. Le prothésiste vérifie que les codes de la vis de cicatrisation provenant de l'empreinte soient très précisément répliqués en plâtre : les encoches occlusales et axiales doivent être entièrement visibles, sans imperfection, vide ni bulle. Un millimètre au moins des parois axiales de la vis doit être visible, et la réplication des tissus mous périphériques ne doit contenir aucun défaut (Fig.29).

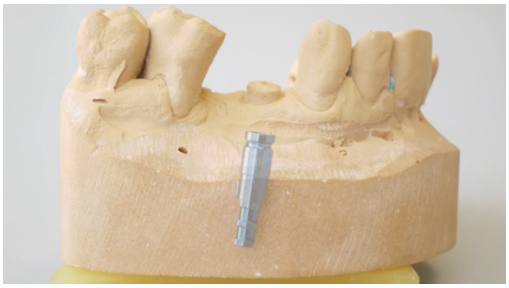


Figure 28 : Hauteur du socle du modèle en plâtre nécessaire pour le forage robotisé de l'analogue d'implant. (Biomet3i 2013a)

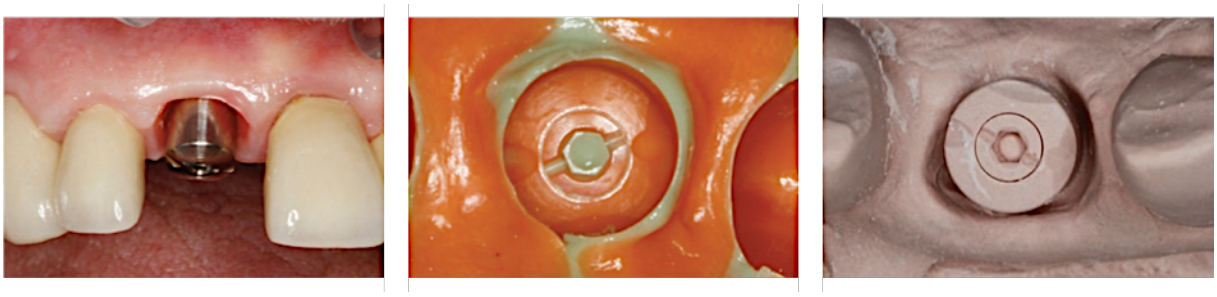


Figure 29: Exemple d'une empreinte physico-chimique d'une vis de cicatrisation Encode® en position de 11, et de sa coulée réalisée au plâtre. A noter, l'absence totale de défaut au sein du modèle en plâtre et la précision de la réplication des codes occlusaux. (Carpentieri et Drago 2015)

Le montage en articulateur des modèles positifs en plâtre obtenus était une étape primordiale et obligatoire pour le prothésiste avant leur envoi au centre d'usinage ZimmerBiomet. Les laboratoires devaient s'équiper d'articulateurs spéciaux, de galets magnétiques spécifiques, et monter les modèles selon des critères très précis. Depuis quelques années, la société ZimmerBiomet a éliminé cette étape fastidieuse pour le prothésiste. Aujourd'hui, les opérateurs de chez ZimmerBiomet retrouvent l'occlusion des modèles directement grâce au mordu en OIM réalisé en bouche au cabinet.
De plus, la section du modèle et la réalisation de dies unitaires sont fortement déconseillées dans ce protocole, car pourraient être un obstacle au forage robotisé de l'analogue d'implant. La mise en place de fausse gencive, avant la coulée, n'est également plus nécessaire.

Seulement quatre éléments doivent être envoyés au centre d'usinage (Fig.30) :

- le modèle Encode® BellaTek™, contenant la ou les vis de cicatrisation ;
- le modèle de l'arcade antagoniste ;
- la prise d'occlusion ;
- et un exemplaire du bon de commande.

Les cas sont envoyés par DHL en Espagne pour les pays européens (BIOMET Spain BellaTek Dpt. Calle Islas Baleares, 50. 46988 Fuente del Jarro, Valencia) ou dans un laboratoire homologué le plus proche pour les états américains.

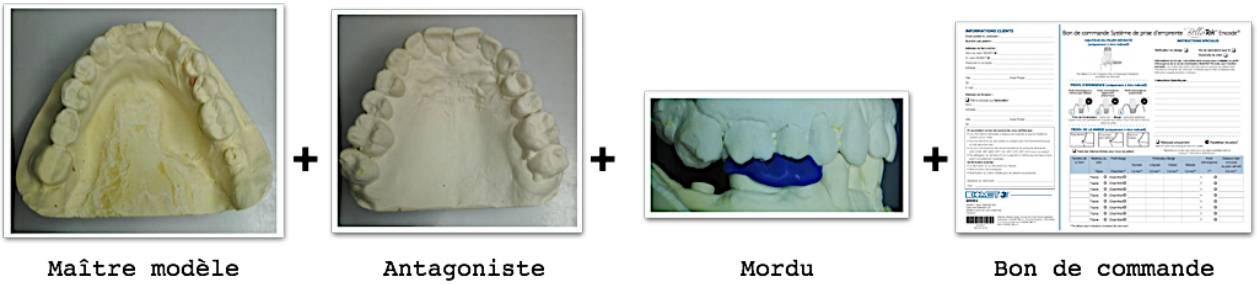


Figure 30: Eléments à envoyer au centre de production. (Photographies ZimmerBiomet)

1.2 Confection des éléments supra-implantaires : rôle de la CFAO

1.2.1 Place de la CFAO dans l'élaboration des piliers anatomiques Encode®

1.2.1.1 Rappels généraux sur la CFAO

Développée dans les années 1960 dans l'aviation et l'automobile, la Conception et Fabrication Assistées par Ordinateur (CFAO) s'est imposée dans la pratique dentaire quelques années plus tard. Ce système fut développé en 1973 par François Duret et présenté en congrès pour la première fois en 1976 *(Duret 2009)*. Largement utilisé depuis en dentisterie restauratrice et prothétique pour la réalisation d'inlays, onlays, overlays, couronnes, bridges dento-portés, et prothèses amovibles, elle trouve aujourd'hui une place importante dans l'implantologie, pour la planification et la chirurgie guidée *(Moussaly et al. 2009)*, mais également pour la réalisation d'éléments prothétiques supra-implantaires.
En ces termes, se distinguent d'une part la CAO (Conception Assistée par Ordinateur), et d'autre part la FAO (Fabrication Assistée par Ordinateur); appelées CAD/CAM pour Computer-Aided Design and Computer-Aided Manufacturing en anglais *(Beuer et al. 2008)*.

En 2015, Laurent Tapie, chercheur permanent à l'Unité de Recherche Biomatériaux Innovants et Interfaces de l'Université Paris V, définit la CFAO dentaire comme l' « ensemble de moyens numériques (scanners, caméras, logiciels de conception et fabrication, machines d'usinage) dédiées à la conception et à la fabrication de « prothèses dentaires » dans un processus de restauration du capital dentaire » *(Tapie et al. 2015b)*. C'est une technologie qui permet la modélisation, via un logiciel informatique, d'une pièce prothétique obtenue à partir d'un fichier numérique, afin d'en réaliser sa fabrication automatisée.

Cette chaîne numérique se compose de 3 maillons consécutifs nécessaires à l'élaboration d'un projet prothétique *(Tapie et al. 2015b) (Attal et Tirlet 2009) (Hollender et al. 2014) (Descamp et Fages 2016)* :

- *La numérisation* : elle se fait à l'aide de scanners optiques (intra-oraux ou extra-oraux). L'empreinte optique est un relevé de mesures permettant la reconstruction en trois dimensions d'une surface enregistrée. Elle transforme un élément 3D réel en données numériques acquises par un ordinateur. Cette étape peut se faire de manière directe au fauteuil sur l'arcade dentaire du patient, ou au laboratoire de prothèse de manière indirecte par un scannage du modèle positif coulé ou par un scannage de l'empreinte traditionnelle « négative » ;

- *La modélisation informatique* : un logiciel de CAO traite les données acquises précédemment et conçoit virtuellement l'élément prothétique à fabriquer sur le maître modèle virtuel de la denture du patient.

- *La fabrication* : les données informatiques de conception virtuelle de l'élément prothétique sont transmises numériquement à une unité de production (machine d'usinage ou machine-outil) matérialisant ainsi le projet virtuel en assurant l'usinage de la pièce. C'est l'étape de FAO.

Pour qu'une CAO soit exploitable il faut que le système d'empreinte optique soit compatible avec le logiciel de conception virtuelle. A l'opposé des systèmes qui étaient utilisés il y a quelques années, où tous les composants de la chaîne CFAO étaient compatibles seulement entre eux car de la même marque, une « ouverture des systèmes » est apparue vers 2013. C'est à dire, que les fichiers enregistrés par les appareils numériques peuvent être lus par n'importe quel système de CFAO, sous un format numérique neutre et universel: le format STL (Standard Triangulation Language) ou format .stl *(Descamp et Fages 2016).*

Ces trois étapes de CFAO peuvent être réalisées par différents opérateurs et équipements. Plusieurs chaînes de production possibles se distinguent :

- la « CFAO directe » où l'ensemble de la chaîne numérique est implanté dans le cabinet dentaire ;
- la « CFAO indirecte » où tous les maillons se réalisent au laboratoire de prothèse ;
- et la « CFAO semi-directe » où seule la numérisation est réalisée au cabinet *(Tapie et al. 2015a)*.

La « CFAO directe » désigne une production exclusivement et totalement réalisée au sein du cabinet dentaire, sans intervention d'un laboratoire de prothèse (Fig.31). C'est à dire que l'ensemble de la chaine numérique, caméra, logiciel de CAO-FAO et machine d'usinage, est implanté dans le cabinet. Elle permet l'élimination de l'empreinte traditionnelle, désormais remplacée par une caméra numérique intra-buccale. Une fois les images 3D obtenues et validées, un logiciel de CAO permet la conception de la pièce prothétique sur le modèle virtuel à l'aide des instructions données par le praticien. Le fichier numérique est ensuite envoyé à l'unité d'usinage du cabinet. L'élément prothétique est fabriqué automatiquement en direct, puis posé au patient dans une seule et même séance *(Tapie et al. 2015b)*.

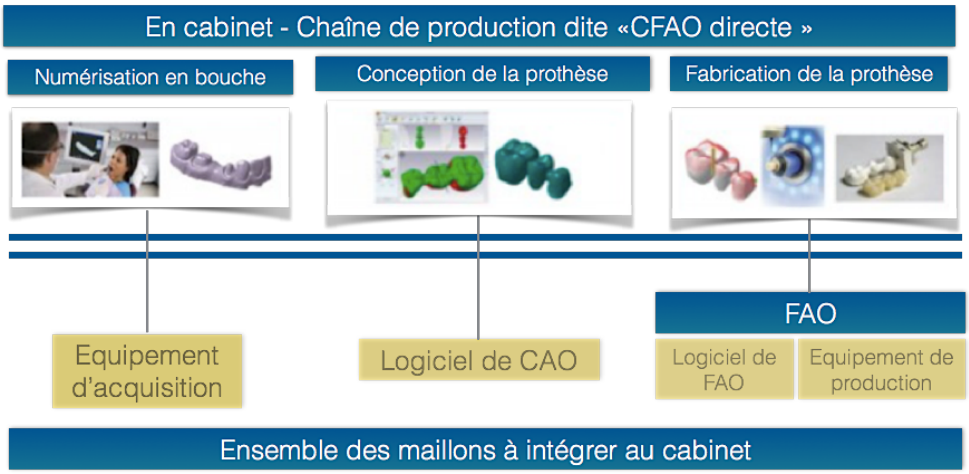


Figure 31: Chaîne de production directe - CFAO directe : implantation des maillons au cabinet. (Tapie et al. 2015b)

La « CFAO indirecte » désigne une production entièrement réalisée au laboratoire de prothèse (Fig.32). Dans ce cas de figure, le praticien réalise seulement une empreinte classique physico-chimique de la denture du patient, de l'antagoniste et une prise d'occlusion si besoin. Ces empreintes sont envoyées au laboratoire de prothèse où le prothésiste pourra soit les couler au plâtre avant de numériser les modèles positifs obtenus, soit réaliser directement une numérisation 3D des empreintes. Cela dépendra des logiciels d'acquisition que possède le laboratoire *(Hollender et al. 2014)*.

La numérisation est réalisée à l'aide d'un équipement d'acquisition extra-oral, appelé également scanner extra-oral ou scanner de table *(Tapie et al. 2015b)*. Les étapes de CAO et FAO au laboratoire restent les mêmes que décrites précédemment lors de production en CFAO directe. Le projet prothétique final est ensuite envoyé au praticien pour essayage et pose.

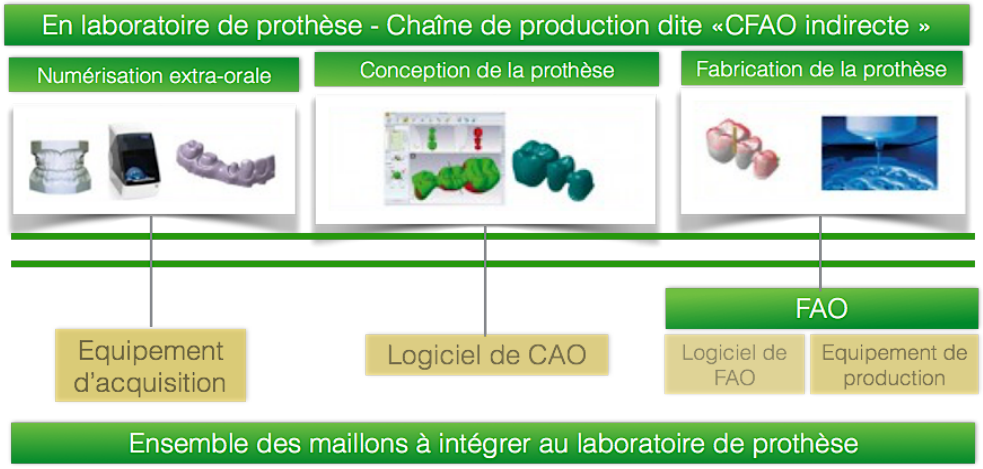


Figure 32: Chaîne de production indirecte - CFAO indirecte: implantation des maillons au laboratoire de prothèse (Tapie et al. 2015b)

Dans le cadre d'une production CFAO dite « semi-directe », seule la numérisation des arcades dentaires est effectuée au cabinet dentaire (Fig.33). L'empreinte est réalisée de la même manière que

pour une production de « CFAO directe », elle est optique et se réalise directement sur la denture du patient au fauteuil à l'aide de scanners intra-oraux. Le maître model virtuel obtenu grâce au logiciel utilisé est ensuite envoyé via internet sous format .stl au laboratoire de prothèse. Ce dernier effectuera successivement les étapes de CAO, FAO et d'usinage comme en CFAO indirecte *(Tapie et al. 2015b)*.

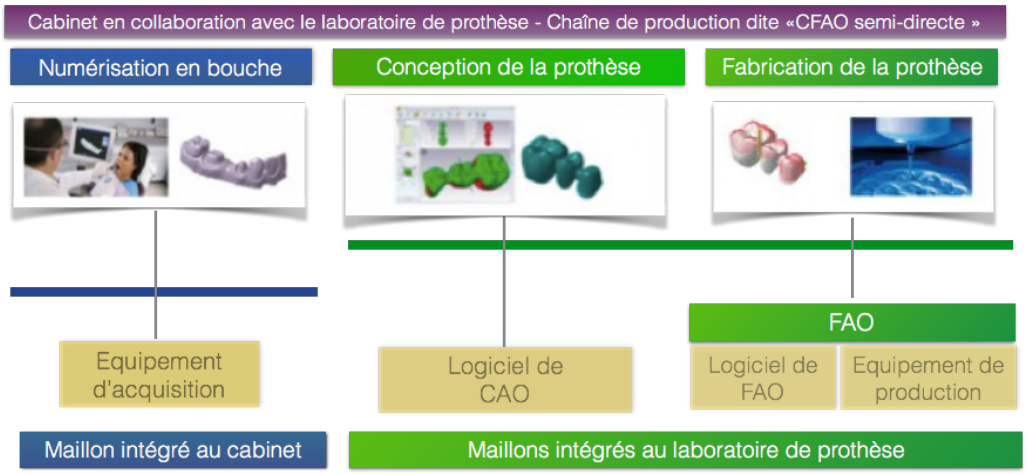


Figure 33: Chaîne de production semi-directe - CFAO semi-directe : collaboration avec un laboratoire de prothèse, partage des maillons. (Tapie et al. 2015b)

Dans ces protocoles de « CFAO semi-directe », deux options existent. Le laboratoire peut n'effectuer que l'étape de CAO et envoyer ensuite ses données numériques à un centre d'usinage qui se chargera des tâches suivantes de FAO et d'usinage. Cela évite au laboratoire d'investir dans des usineuses parfois très onéreuses. Le laboratoire peut également renvoyer au praticien le fichier CAO réalisé pour que ce dernier réalise les étapes suivantes. Cette dernière décharge le praticien de l'étape de conception virtuelle qui peut s'avérer parfois difficile *(Descamp et Fages 2016)* (Fig.34).

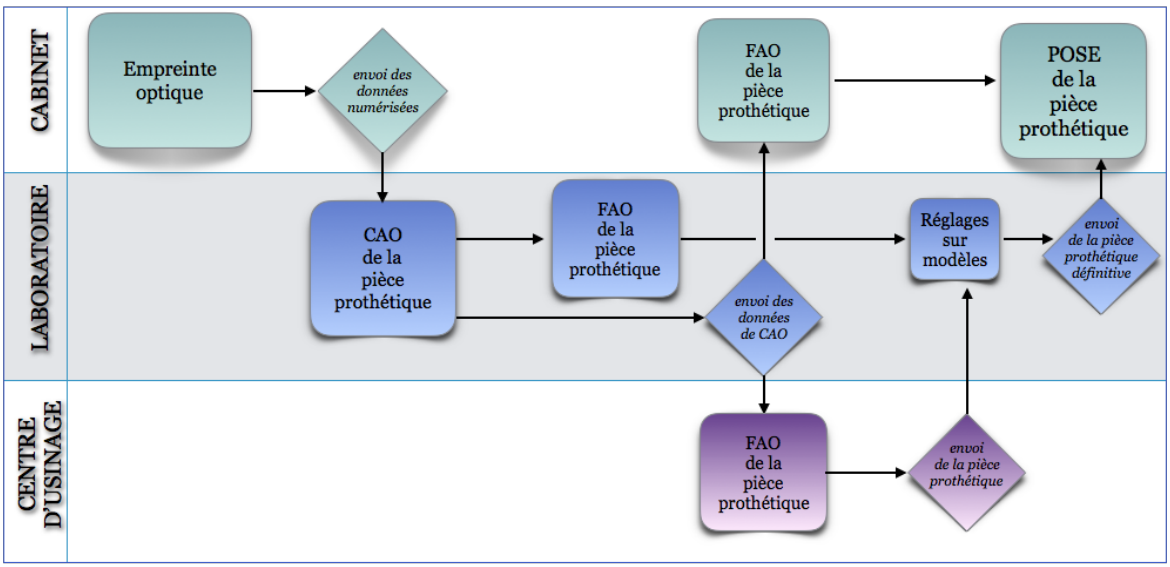


Figure 34 : Les différentes options possibles de Fabrication Assistée par Ordinateur dans le cas d'une « CFAO semi-directe ».

1.2.1.2 Numérisation des vis de cicatrisation Encode®

La numérisation des données des vis de cicatrisation et des tissus environnants peut se réaliser de deux manières différentes en fonction du type d'empreinte réalisée :

- par un scanner optique extra-oral de laboratoire, qui va permettre la numérisation du modèle en plâtre lors de la réalisation d'une empreinte physico-chimique (« CFAO indirecte ») ;
- par un scanner intra-oral, avec la réalisation d'une empreinte optique au fauteuil, décrite précédemment dans ce travail (« CFAO semi-directe »).

1.2.1.2.1 Numérisation extra-orale

Le laboratoire ZimmerBiomet est équipé de scanners extra-oraux de laboratoire de la marque 3Shape (D700 3D Scanner) (Fig.35) associés à un logiciel de CAO Abutment Designer™ de 3Shape Dental System™ (3Shape A/S, Copenhagen, Denmark) permettant le scannage des modèles positifs en plâtre et la conception du pilier sur mesure *(Mahn et Prestipino 2013)*.

Figure 35: Intérieur d'un scanner de laboratoire 3Shape utilisé dans les protocoles de production des piliers Encode®. (Société 3Shape)

Dans le cas d'une prise d'empreinte conventionnelle, elle est envoyée au laboratoire ZimmerBiomet après sa coulée au plâtre par le laboratoire de prothèse. Au centre d'usinage, le modèle positif en plâtre est placé dans le scanner laser extra-oral afin de modéliser virtuellement l'arcade dentaire du patient et d'y réaliser la CFAO dite « indirecte » du pilier (Fig.36).

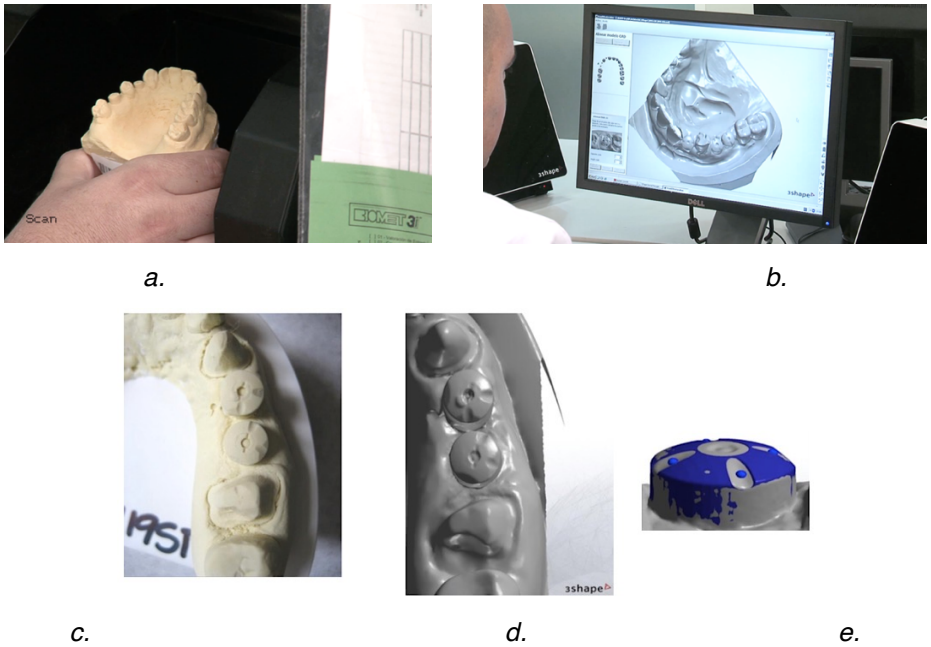


Figure 36: Exemple de numérisation extra-orale en « CFAO indirecte » au centre de production BellaTek™ : scannage du modèle en plâtre grâce au scanner extra-oral de laboratoire 3Shape (a et c) et visualisation 3D sur ordinateur de l'arcade (b et d) et de la vis (e) par le logiciel 3Shape. (Société ZimmerBiomet)

1.2.1.2.2 Numérisation intra-orale

Bien que le logiciel de CAO/FAO utilisé au centre de production soit de la marque 3Shape, l'entreprise n'a pas fait le choix en Europe d'homologuer le scanner TRIOS® de la même marque pour l'empreinte intra-orale. En effet, la distribution de TRIOS® de 3Shape se fait par de très nombreuses sociétés de distribution (Shein, Lyra, et de plusieurs sociétés indépendantes), et la gestion des flux venant de celles-ci s'avère complexe.

Dans ce cas, le praticien enregistre à l'aide d'un scanner intra-oral l'arcade du patient, pour une CFAO « semi-directe » du pilier (Fig.37). Les données géométriques acquises par le logiciel utilisé sont directement envoyées au laboratoire ZimmerBiomet sous format .stl *(Carpentieri et Drago 2015)*.

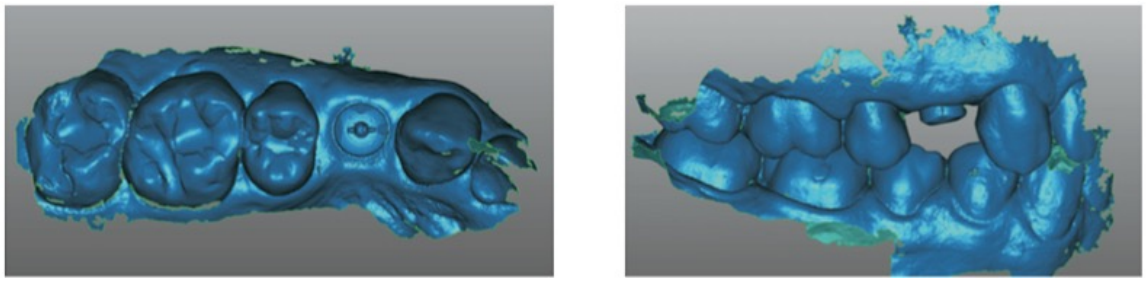


Figure 37: Images virtuelles d'une vis de cicatrisation Encode® BellaTek™, obtenue avec le scanner intra-oral et le logiciel 3M™ après numérisation 3D de l'arcade dentaire du patient au cabinet dentaire. (Ramsey et Ritter 2012)

Le système Encode® n'est pas compatible avec une technique de CFAO dite « directe » du pilier définitif, dans laquelle toute la chaîne numérique est implantée au cabinet. En effet, la lecture et le détail du décodage des codes de la vis Encode® restent secrets et ne sont réalisables que par un des centres de production BellaTek™ ou par un laboratoire accrédité ZimmerBiomet. Ils sont donc les seuls détenteurs de la signification des encoches contenues sur la face occlusale des vis de cicatrisation, rendant la conception et la fabrication du pilier anatomique impossible au sein du cabinet dentaire.

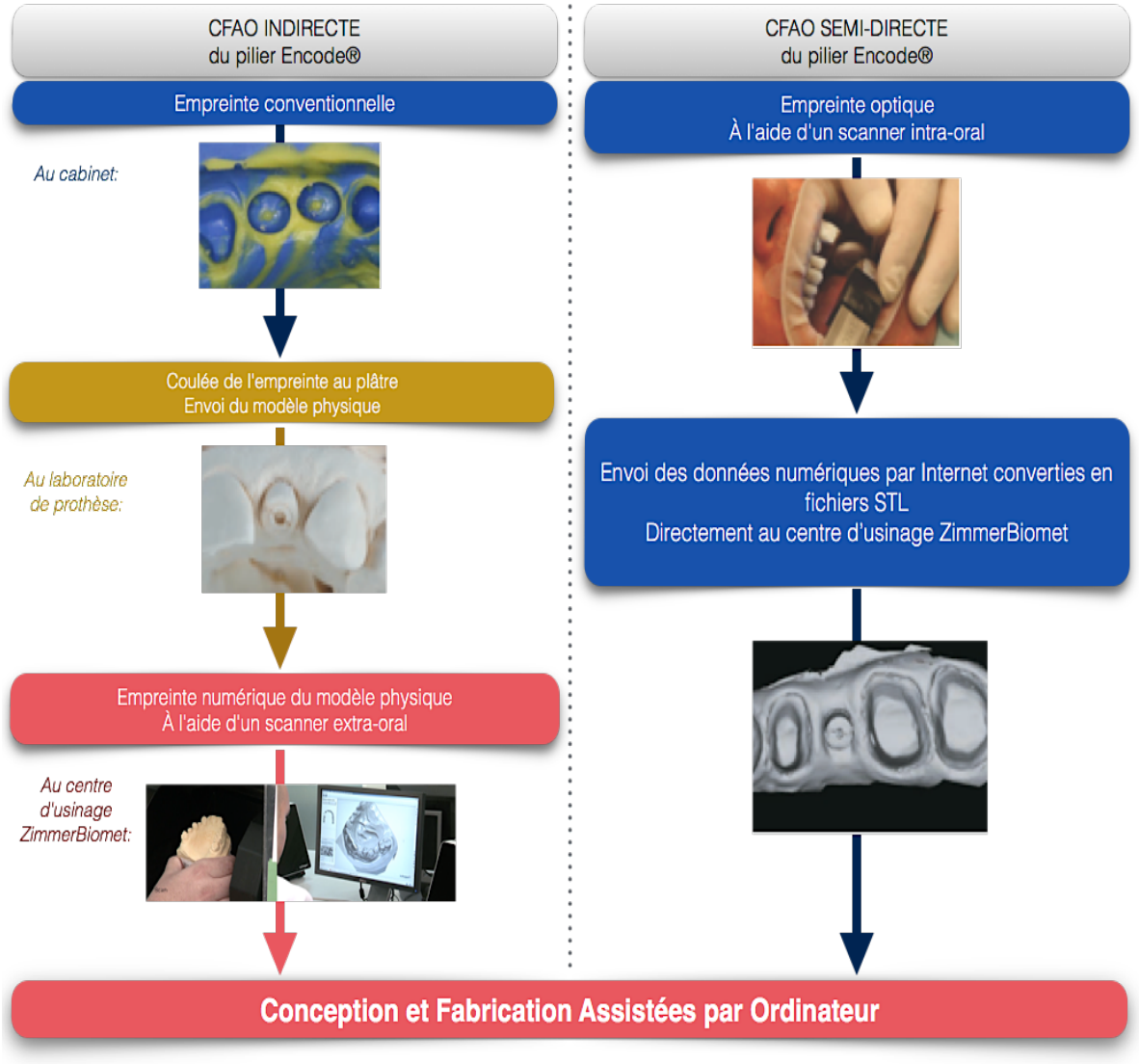


Figure 38: Schéma résumé de la chronologie des étapes de numérisation du système Encode® lors d'une CFAO « indirecte » et « semi-directe ». (Photographies ZimmerBiomet)

1.2.1.1 Conception Assistée par Ordinateur (CAO)

La lecture des codes localisés sur la vis de cicatrisation Encode® BellaTek™ se fait donc obligatoirement avec un scanner optique. Quel que soit le cas de figure, la lecture numérique des encoches est une étape fondamentale du protocole Encode® car elle va permettre au laboratoire ZimmerBiomet d'acquérir virtuellement toutes les informations nécessaires sur la situation clinique du cas, c'est à dire *(Drago 2014)(Nayyar et al. 2013)(Telleman et al. 2011)* :

- la position tridimensionnelle de l'implant (profondeur, angulation) ;
- l'orientation de l'hexagone ;
- le diamètre de la plate-forme de l'implant ;
- le type de connexion : interne ou externe ;
- la hauteur du col implantaire ;
- le profil d'émergence ;
- et la situation anatomique des tissus mous et durs.

Le logiciel informatique du laboratoire va alors lancer une recherche dans sa banque de données afin de trouver l'implant correspondant aux codes scannés de la vis de cicatrisation. Il va pouvoir sélectionner le type d'implant utilisé par le praticien et le placer virtuellement dans la bonne position tridimensionnelle grâce au logiciel 3Shape (Fig.39).

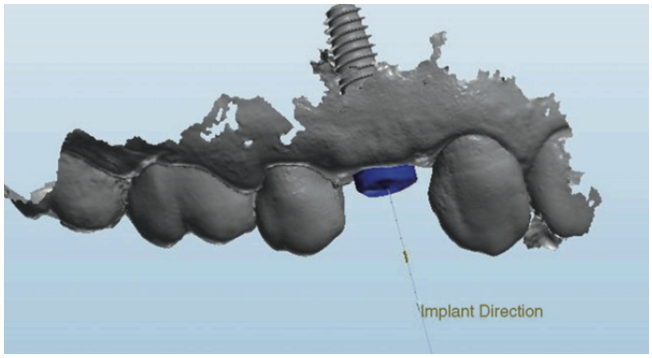


Figure 39: Modélisation 3D d'un implant CERTAIN® Biomet3i (5 mm de diamètre et 11 mm de hauteur) en position de la première prémolaire maxillaire droite. (Ramsey et Ritter 2012)

Dès que les arcades dentaires et la position 3D de l'implant sont modélisées et validées sur ordinateur, la conception 3D virtuelle du pilier sur mesure Encode® peut débuter.

Grâce au programme informatique 3Shape Dental System™, les techniciens du centre de production BellaTek™ élaborent virtuellement le futur pilier anatomique (Fig.40, 41 et 42) conformément aux paramètres établis et communiqués par le clinicien sur le bon de commande (Fig.43), comprenant *(Drago et Peterson 2010)* :

- la distance inter-occlusale entre la face occlusale du pilier définitif et les surfaces occlusales des dents antagonistes (en millimètres) ;
- le profil d'émergence du pilier ;
- le profil de la limite : épaulement, chanfrein ou en biseau ;
- et la position de la marge (en millimètres).

Si le praticien ne transmet pas ces directives, des paramètres sont présélectionnés par défaut : la distance inter-occlusale sera de 2,5 mm, le profil d'émergence du pilier sera réalisé à minima, le profil de la limite sera un chanfrein, et la position de la marge sera respectivement de 1,5mm/1mm/1mm/1mm pour les marges buccale/linguale/distale/mésiale (Fig.43).

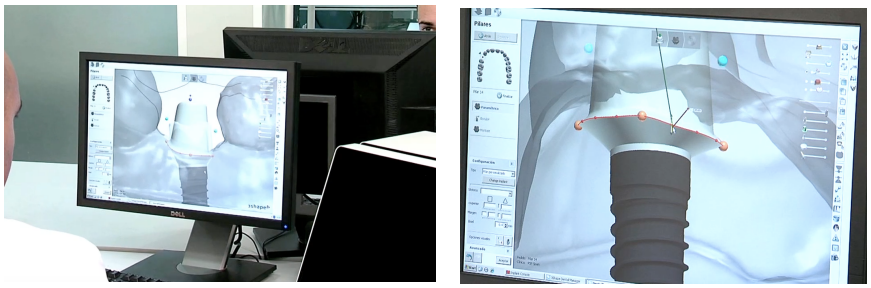


Figure 40: Conception Assistée par Ordinateur d'un pilier sur mesure Encode® BellaTek™ à l'aide du logiciel 3Shape Dental System™ au centre de production, en vue latérale. (Laboratoire ZimmerBiomet)

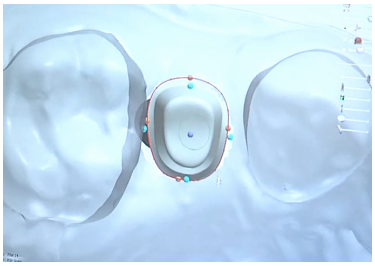


Figure 41: Conception Assistée par Ordinateur d'un pilier sur mesure Encode® BellaTek™ à l'aide du logiciel 3Shape Dental System™ au centre de production, en vue occlusale. (Laboratoire ZimmerBiomet)

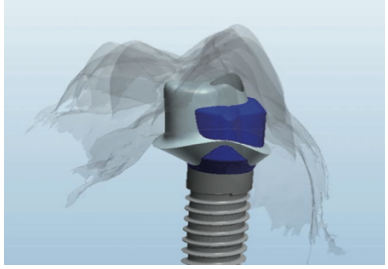


Figure 42: Prévisualisation de l'espace prothétique nécessaire à la future restauration supra-implantaire définitive. (Ramsey et Ritter 2012)

Bon de commande Système de prise d'empreinte BellaTek® Encode®

HAUTEUR DU PILIER DÉFINITIF (uniquement à titre indicatif)

2,5 mm

Par défaut 2,5 mm d'espace inter-occlusal sauf indications contraires de votre part.

PROFIL D'EMERGENCE (uniquement à titre indicatif)

Profil d'émergence a minima (par défaut) — Profil d'émergence légèrement anatomique — Profil d'émergence anatomique

1 — 2 — 3

Pilier de Cicatrisation - cercle noir **Marge** - ligne grise extérieure

L'option trois doit parfaitement s'ajuster aux tissus mous, lors de la mise en place du pilier.

PROFIL DE LA MARGE (uniquement à titre indicatif)

Epaulement — Chamfrein (par défaut) — Bord en biseau

❑ **Faire les mêmes limites pour tous les piliers**

INSTRUCTIONS SPECIALES

Vérification du design ❑ **Vis de laboratoire (par 5)** ❑ **Duplicata du pilier** ❑

Informations sur le cas : Les piliers sont conçus pour s'adapter au profil d'émergence de la vis de cicatrisation BellaTek® Encode, sauf mention contraire. Les limites des piliers définitifs seront conçues par défaut sauf indications contraires de votre part. N'hésitez pas à noter ci-dessous des précisions supplémentaires, si besoin.

Instructions Spécifiques : _____

❑ **Robocast uniquement** Mise en place des analogues dans le modèle

❑ **Paralléliser les piliers***

*Spécifiez le numéro des dents pour les piliers parallèles dans la rubrique « Instructions Spécifiques »

Numéro de la Dent	Matériau du pilier	Profil Marge	Profondeur Marge				Profil d'émergence	Distance inter-occlusale du pilier définitif
			Buccale	Linguale	Distale	Mésiale		
	Titane	Chamfrein**	1,5 mm**	1,0 mm**	1,0 mm**	1,0 mm**	1**	2,5 mm**

**Par défaut (sauf indications contraires de votre part)

Figure 43: Bon de commande à remplir par le praticien lors d'une demande de pilier sur mesure Encode® BellaTek™. (Société ZimmerBiomet)

La conception du pilier terminée, une confirmation du design proposé peut être demandée au praticien ou au laboratoire de prothèse avant le lancement de l'usinage *(Drago et Peterson 2007) (Derhalli 2013)*. Ces derniers reçoivent par courrier électronique, dans les 24-48 heures après confirmation de la commande, un fichier numérique du pilier virtuel conçu par le centre de production ZimmerBiomet, qu'il peut visualiser grâce au logiciel 3D Viewer. L'utilisateur peut manipuler l'image 3D pour visualiser toutes les marges du pilier, et peut ainsi valider ou non la conception en apportant si nécessaire des modifications (Fig.44). Si des ajustements doivent être apportés à la conception, le praticien ou le prothésiste sont en mesure de répondre par courrier électronique. Les ajustements sont effectués et peuvent être renvoyés pour une vérification supplémentaire.

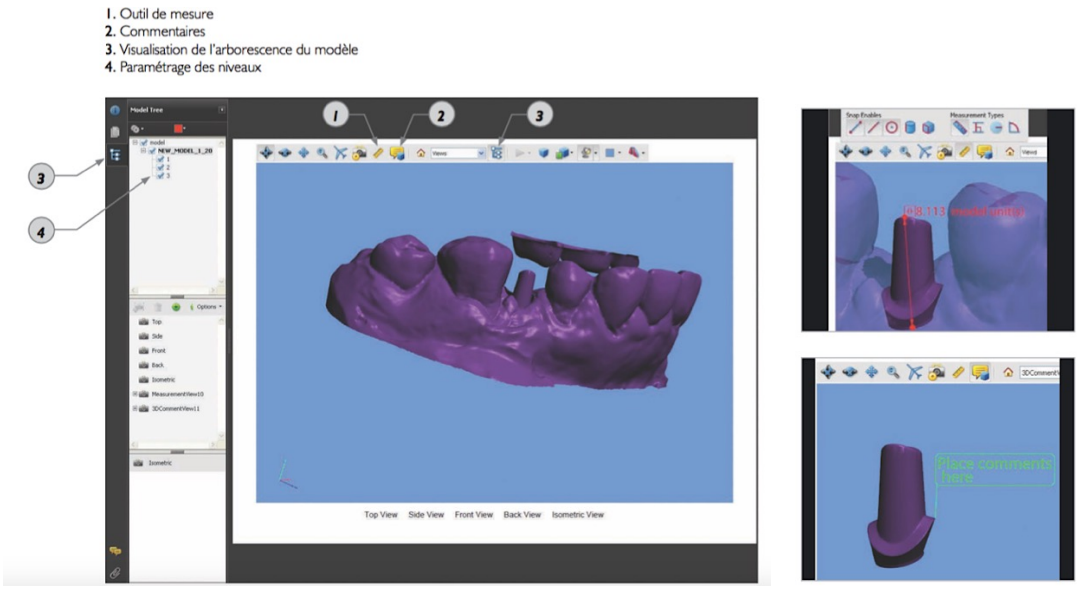


Figure 44: Logiciel 3D Viewer, validation du pilier sur mesure Encode® BellaTek™ avant usinage. Différentes commandes sont disponibles, comme les mesures précises du pilier et l'ajout de commentaires. (Instructions pour visualisation du pilier 3D, Biomet3i)

1.2.1.2 Fabrication Assistée par Ordinateur (FAO)

Cette étape implique la transmission des données numériques à la machine de fraisage (Mikron HSM 400, Mikron Agie Charmilles, Nidau, Switzerland) *(Drago et Peterson 2010)* (Fig.45). Comme spécifié par le dessin virtuel 3D, un pilier Encode® BellaTek™ de haute qualité est usiné à partir de blocs solides de matériaux biocompatibles tel que le titane ou la zircone, par un processus de fabrication soustractif (Fig.46). Il est fabriqué entièrement sur mesure car usiné d'une seule pièce, de la connectique jusqu'au bord occlusal. A ce stade et pour des raisons esthétiques, un revêtement couleur or en nitrure de titane peut être appliqué sur les piliers en titane *(Mahn et Prestipino 2013)*.

Après usinage, les piliers sont polis et nettoyés, puis renvoyés au laboratoire de prothèse du praticien.

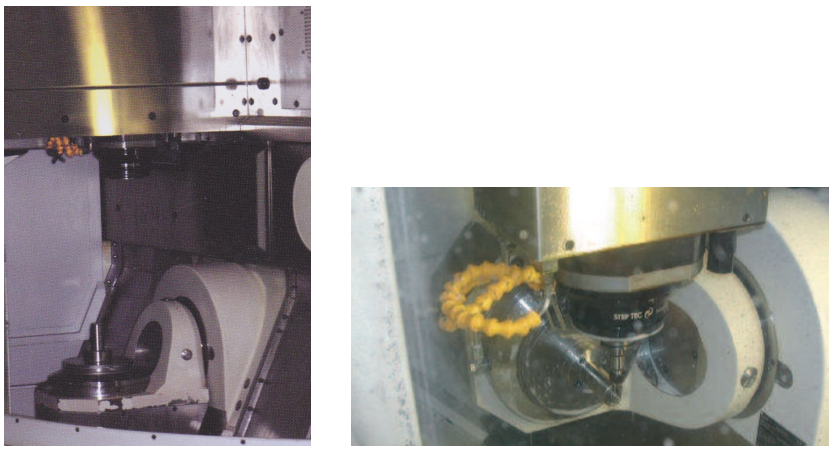


Figure 45: Unité d'usinage des piliers Encode® BellaTek™. (Drago et Peterson 2010) (De Bruyn et Vandeweghe 2010)

Figure 46: Image de laboratoire d'un pilier Encode® BellaTek™ définitif usiné à partir d'un bloc en titane, juste avant son retrait de l'unité de fraisage. (De Bruyn et Vandeweghe 2010)

1.2.1.3 Confection du maître modèle physique

Parallèlement à ces étapes de CFAO du pilier sur mesure Encode®, et en fonction du type d'empreinte qui a été réalisée en amont par le praticien, deux options s'offrent alors aux techniciens de chez ZimmerBiomet pour réaliser le maître modèle. Dans les deux cas suivants, ce sont ces différents maîtres modèles obtenus qui permettront au prothésiste de laboratoire de fabriquer la prothèse supra-implantaire définitive.

Premier cas : dans le cas d'une empreinte conventionnelle :

Simultanément à la CFAO du pilier, un maître modèle en plâtre est confectionné grâce à une nouvelle méthode de positionnement des analogues d'implants : la technologie Robocast® *(Drago et Peterson 2010).* Les données acquises par le laboratoire ZimmerBiomet sur la position 3D de l'implant (grâce à la numérisation des codes des vis de cicatrisation) sont envoyées à une machine-robot. Celle-ci va pouvoir positionner précisément l'analogue d'implant, avec un forage préalable, au sein du modèle en plâtre initial du patient. Le maître modèle est ainsi conçu et contient l'analogue d'implant dans lequel sera transvissé le pilier CFAO fabriqué en parallèle. La technologie Robocast® sera développée dans une partie ultérieure de ce travail.

Deuxième cas : dans le cas d'une empreinte optique :

Toutes les données étant sous forme numérique, un modèle physique réel doit être conçu pour permettre au prothésiste de laboratoire de fabriquer la prothèse définitive.

L'impression 3D et la stéréolithographie (ou SLA pour stereolithography apparatus), permettent aux utilisateurs de créer des objets 3D solides et plastiques en quelques heures à partir de fichiers CAO. Ces procédés ont proposé des méthodes additives rapides et simples pour transformer les images virtuelles de CAO en objets réels, par ajout de strates successives gérées informatiquement *(Bonnefoy 2003)*, appelé « prototypage rapide ». Quelque peu différents au niveau de leur technique de prototypage, le résultat de ces deux procédés est le même : un modèle dur positif extrêmement précis *(Drago 2014) (Descamp et Fages 2016)*.

Lorsque la CAO du pilier Encode® est terminée et validée (Fig.47), cette information numérique est transférée à un fabricant de modèles 3D comme 3M ESPE, Align Technology, Inc. (San Jose, CA), ou Tech Industries (Ramsey, MN). Les limites prothétiques sont marquées numériquement et un maître modèle 3D en résine est imprimé par stéréolithographie (appelé modèle SLA) ou par impression 3D *(Nayyar et al. 2013)(Lin et al. 2013)*.

Attention, contrairement au maître modèle confectionné par Robocast® à partir d'une empreinte physico-chimique, le maître modèle positif SLA va représenter l'analogue du pilier en résine (élaboré préalablement par CAO) et non intégrer un analogue d'implant *(Carpentieri et Drago 2015)* (Fig.48). Ce modèle peut être fractionné en modèle positif unitaire, facilitant par la suite la confection de la

suprastructure *(Descamp et Fages 2016)*. L'antagoniste est également imprimé en 3D par le même procédé.

Le maître modèle obtenu est directement renvoyé au prothésiste de laboratoire. La prothèse supra-implantaire définitive est fabriquée sur le pilier stéréolithographique tridimensionnel (Fig.49). Ainsi, l'usinage du pilier anatomique définitif au centre de production ZimmerBiomet et la fabrication de la prothèse définitive sur ce pilier SLA peuvent se réaliser simultanément *(Biomet3i)*. Le pilier, la couronne et le modèle 3D sont ensuite envoyés au praticien.

Figure 47: Piliers sur mesure Encode® BellaTek™ conçus par un logiciel de CAO. (Nayyar et al. 2013)

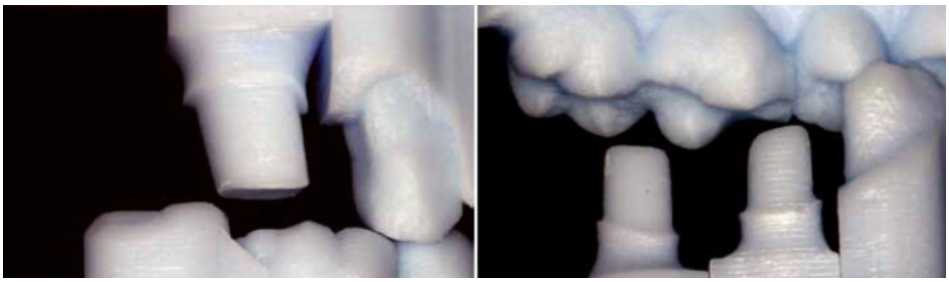


Figure 48 : Maîtres modèles SLA fractionnés générés d'après la CAO des piliers Encode® figure 47, sur lesquels les prothèses définitives supra-implantaires seront directement confectionnées. (Nayyar et al. 2013)

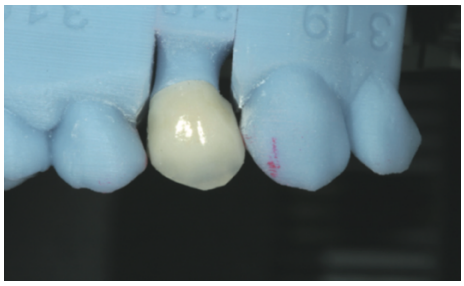


Figure 49: Restauration supra-implantaire définitive en céramique en position de la première prémolaire maxillaire droite, confectionnée directement sur le modèle SLA. (Ramsey et Ritter 2012)

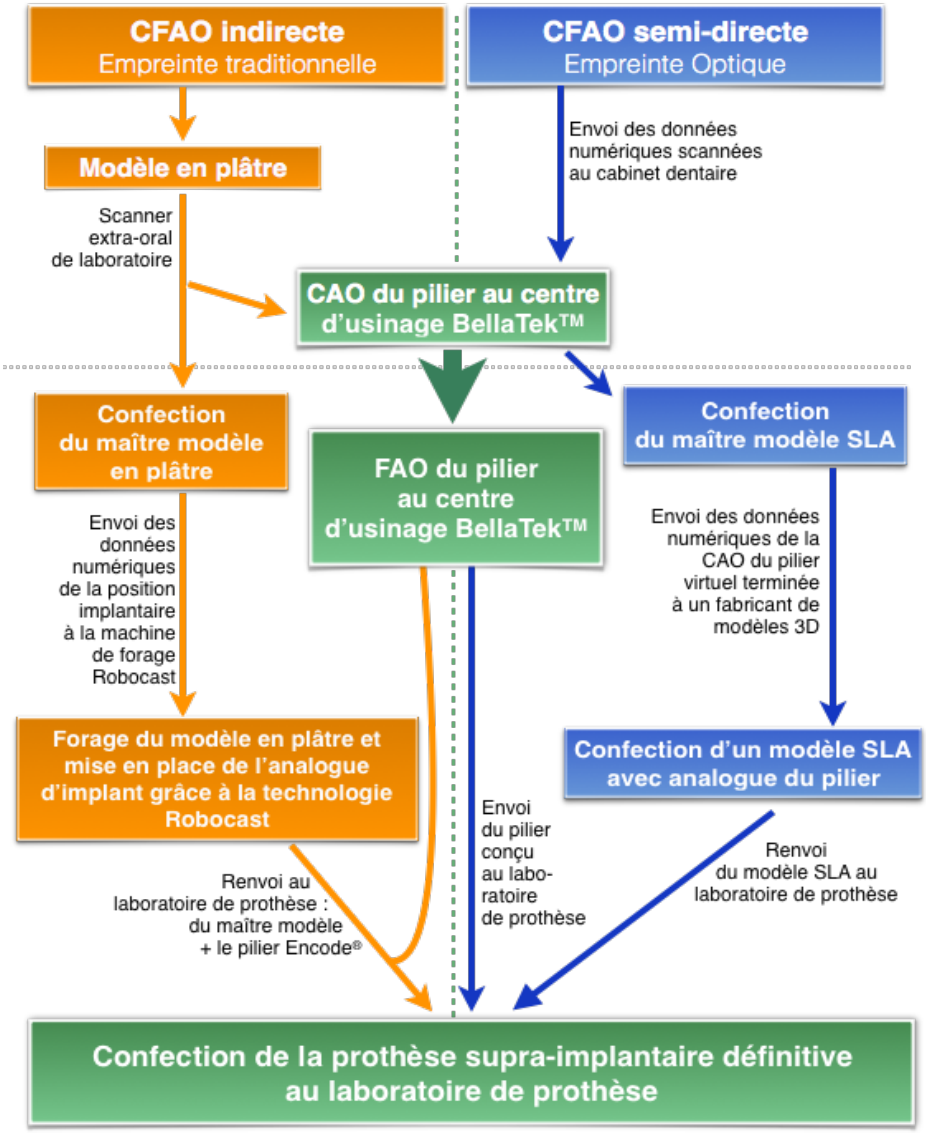


Figure 50: Schéma résumé de la chronologie des étapes de la réalisation du maître modèle en fonction de la technique d'empreinte utilisée par le clinicien.

1.2.2 La technologie Robocast® : réalisation automatisée du maître modèle

1.2.2.1 Définition

Inventée par la société Biomet3i avec la création des vis de cicatrisation Encode® BellaTek™, l'appellation « Robocast® » désigne en anglais le maître modèle en plâtre final obtenu après l'utilisation d'une technologie robotisée, « robot- » pour robot et « -cast » pour modèle. Cette innovation, exclusive à ZimmerBiomet, est protégée par brevet et reste aujourd'hui unique sur le marché.

La technologie Robocast® permet la fabrication du maître modèle à partir de l'empreinte des vis de cicatrisation Encode® BellaTek™. Aujourd'hui, elle représente une alternative plus simple et novatrice par rapport aux techniques classiques d'empreintes implantaires *(Al-Abdullah et al. 2013)*.

Elle comprend un système de CAO/FAO qui relie un logiciel informatique d'où partent les instructions, à une unité de forage (appelée aussi machine-robot) comprenant un bras articulé robotisé, qu'il pilote (Fig.51). Plus précisément, elle implique tout d'abord le forage du modèle en plâtre initial dans la zone précise où se situe l'implant clinique, c'est-à-dire à travers la vis de cicatrisation en plâtre, puis le placement de l'analogue d'implant approprié dans le site foré.

Figure 51: Unité de forage « Robocast® ». Le dispositif est connecté à un ordinateur qui lui transfère les informations nécessaires sur la position implantaire provenant de la vis de cicatrisation encodée. (Société Biomet3i)

1.2.2.2 Fonctionnement

Rappelons que la technologie Robocast® est utilisée uniquement dans le cas où l'empreinte supra-implantaire de la vis de cicatrisation Encode® BellaTek™ a été réalisée de façon conventionnelle, c'est-à-dire avec un matériau à empreinte type vinylpolysiloxane, et qu'un modèle en plâtre en a découlé.

Au centre d'usinage ZimmerBiomet, une fois que le modèle en plâtre contenant la vis de cicatrisation est scanné par un scanner extra-oral de laboratoire, les informations numériques reconnues dans les codes de la vis vont être exploitées pour deux procédés réalisés simultanément :

- la CAO et FAO du pilier anatomique définitif vues précédemment ;
- et la fabrication du maître modèle avec la mise en place de l'analogue d'implant via Robocast®.

Dans le cadre de cette dernière, c'est cette numérisation initiale du modèle qui va permettre d'acquérir les informations nécessaires au bon positionnement de l'analogue d'implant par un forage précis du plâtre. Rappelons que le scannage des codes de vis de cicatrisation donne la position 3D de l'implant (Fig.52), l'orientation de l'hexagone, le type de connexion, le diamètre de la plate-forme implantaire, la hauteur du col implantaire, le profil d'émergence et la situation des tissus péri-implantaires.

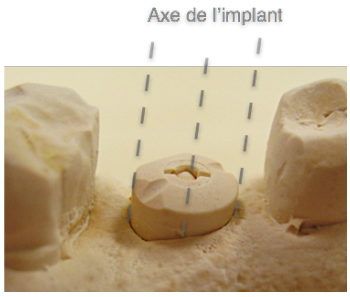


Figure 52 : Identification de l'axe implantaire grâce à la vis de cicatrisation Encode® BellaTek™ (photographie ZimmerBiomet)

Toutes ces données sont transférées numériquement à l'unité de fraisage Robocast® du centre d'usinage ZimmerBiomet et la séquence de forage peut débuter.

Avant chaque séance de travail et afin d'assurer précision et fiabilité du forage, le robot est soumis à une série d'exercices d'étalonnage (Fig.53).

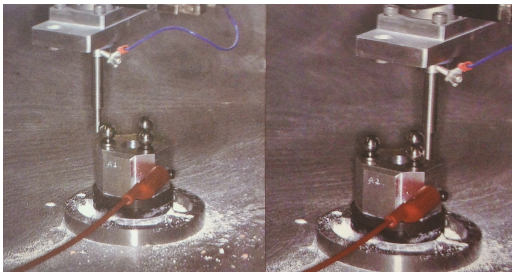


Figure 53: Etalonnage du robot avant forage. La sonde tactile du robot vient au contact de trois sphères distinctes afin de calibrer les coordonnées trimentionnelles x, y et z nécessaires pour le positionnement automatisé de l'analogue d'implant. (Drago et Peterson 2010)

Le modèle en plâtre initial est tout d'abord fixé manuellement sur le support magnétique de la machine-robot (Fig. 54).

D'après les données numériques acquises précédemment, l'ordinateur va guider le bras du robot vers le site à fraiser pour le forage du modèle en plâtre. Cette phase de forage se divise en deux étapes consécutives : tout d'abord la réalisation du profil d'émergence, puis le forage de la cavité de l'implant clinique où viendra se loger l'analogue d'implant.

Le profil d'émergence se fait à l'aide de fraises de plus grand diamètre afin de réaliser son contour général dans le plâtre. Le bras du robot sélectionne la fraise adéquate et numérise ses bords avec un laser afin de calibrer le robot (Fig.55). Une fois étalonné, le robot créé le profil d'émergence en fraisant le modèle en plâtre au niveau de la vis de cicatrisation (Fig.56 et 57). Le bras du robot remplace alors la fraise utilisée par une fraise de plus petit diamètre correspondant au diamètre de l'analogue d'implant à poser. Cette fraise est également étalonnée par le laser et le trou de forage de l'analogue est effectué (Fig.58).

Le système de forage est simple, c'est la base magnétique, support du modèle en plâtre, qui se déplace lors du forage, le robot n'effectuant que les mouvements perpendiculaires au plan horizontal *(Howell 2011)*.

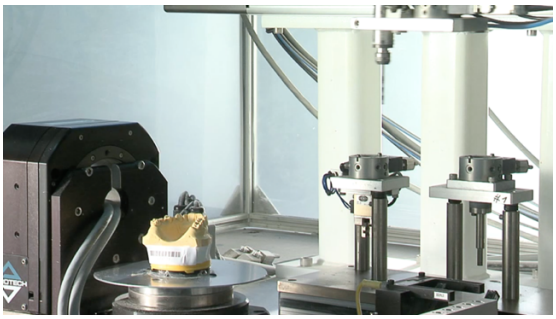


Figure 54: Mise en place du modèle en plâtre sur le support magnétique du robot. (Laboratoire ZimmerBiomet)

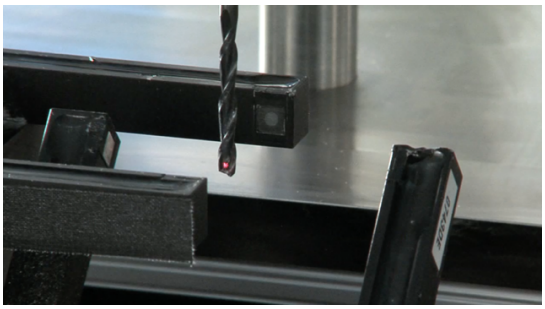


Figure 55: Calibrage du robot, la fraise est numérisée à l'aide d'un laser. (Laboratoire ZimmerBiomet)

Figure 56: La fraise spécifique du profil d'émergence est en place sur le bras du robot, et prête à fraiser au niveau de la vis de cicatrisation du modèle en plâtre. (Laboratoire ZimmerBiomet)

Figure 57: Forage du profil d'émergence à travers la vis de cicatrisation. (Laboratoire ZimmerBiomet)

Figure 58: Forage du logement pour l'analogue d'implant. Le plâtre est foré conformément à la taille de l'analogue d'implant prévu. (Laboratoire ZimmerBiomet)

Le profil d'émergence et le trou de forage de l'analogue d'implant effectués (Fig.59), un adhésif cyanocrylate à prise rapide (temps de prise <30 secondes (RITE-LOK, 3 M, St Paul, MN, USA)) *(Eliasson et Ortorp 2012)* y est appliqué manuellement afin de fixer l'analogue d'implant dans son logement en plâtre (Fig.60) *(De Bruyn et Vandeweghe 2010) (Al-Abdullah et al. 2013)*. L'opérateur sélectionne l'analogue d'implant correspondant et le place dans le support d'analogues du robot (Fig.61). L'analogue est étalonné par le laser, puis transporté jusqu'au site foré par le bras du robot (Fig.62, 63 et 64). Une fois dans la bonne position, un activateur est ajouté à la colle pour sécuriser l'analogue dans la bonne position au sein du plâtre. Le bras robotisé maintient l'analogue en place pendant 2 minutes jusqu'à la prise complète de l'adhésif, puis se libère de l'analogue d'implant *(Howell 2011)*. Le maître modèle est achevé (Fig. 65 et 66).

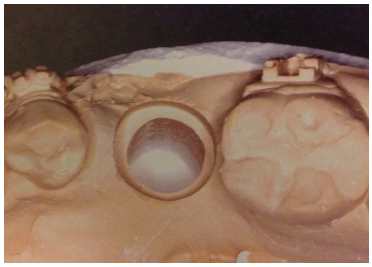


Figure 59: Vue occlusale des deux forages consécutifs. Le modèle est prêt à recevoir l'analogue d'implant. (Drago et Peterson 2010)

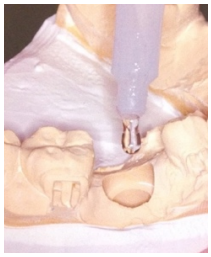


Figure 60: Avant l'insertion de l'analogue d'implant par le bras du robot, une colle cyanoacrylate est mise en place dans le trou de forage. (Drago et Peterson 2010)

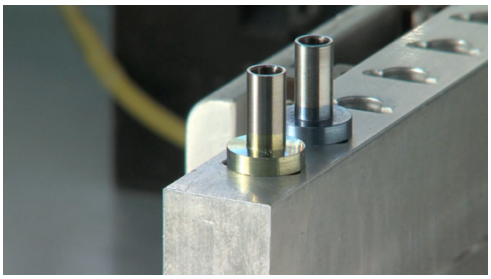


Figure 61: Support d'analogues d'implants de la machine Robocast®. (Laboratoire ZimmerBiomet)

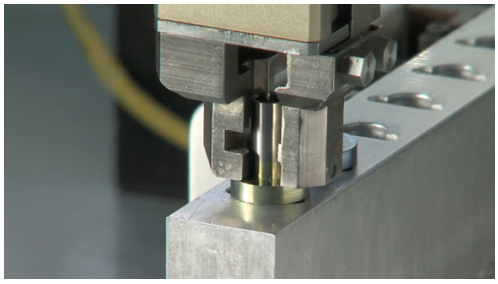


Figure 62: Prise de l'analogue d'implant par le bras du robot. (Laboratoire ZimmerBiomet)

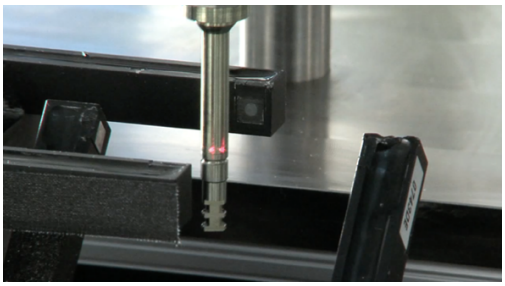


Figure 63: Etalonnage de l'analogue d'implant sélectionné. (Laboratoire ZimmerBiomet)

Figure 64: Placement de l'analogue d'implant au sein du trou de forage. (Laboratoire ZimmerBiomet)

Figure 65: Une fois l'analogue dans la bonne position et l'activateur mis en place, le bras du robot peut se libérer de l'analogue. (Laboratoire ZimmerBiomet)

Figure 66: Vue occlusale du maître modèle en plâtre définitif contenant les analogues d'implants en place. (Laboratoire ZimmerBiomet)

Après vérification, nettoyage et étiquetage, le pilier final Encode®, fabriqué simultanément au centre de production, est transvissé au niveau de l'analogue d'implant du maître modèle Robocast®. Le tout est emballé et renvoyé au laboratoire de prothèse du praticien pour la confection de la prothèse supra-implantaire définitive.

1.3 Réception et mise en place du pilier Encode®

Les piliers personnalisés Encode® sont envoyés au laboratoire de prothèse accompagnés chacun d'une vis d'essayage en acier inoxydable (vis de laboratoire) et d'une vis définitive composée d'alliage d'or avec un plaquage en or, appelée Gold-Tite® (Fig.67). Il existe différentes vis pour les piliers Encode® en titane et pour ceux en zircone, qui ne peuvent pas s'interchanger.

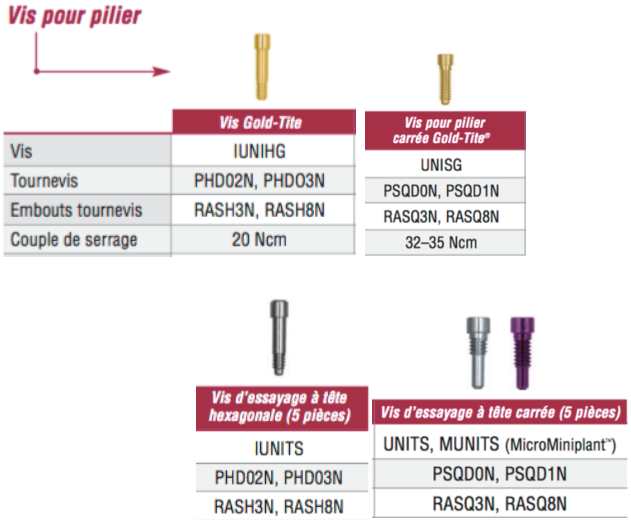


Figure 67 : Vis Gold-Tite® (en haut) et vis d'essayage (en bas) utilisées pour la mise en place des piliers définitifs Encode® en titane. La colonne de gauche des vis indique celles utilisées pour les implants à connexion hexagonale interne (vis à tête hexagonale), celle de droite pour les implants à connexion hexagonale externe (vis à tête carrée). (Catalogue général chirurgie et prothèse-Biomet3i)

Les références commerciales des vis pour piliers zircone sont ICZGS et ICZTIS, pour la vis Gold-Tite® et la vis d'essayage respectivement.

Le laboratoire de prothèse peut recevoir le pilier et les modèles de différentes manières :

- *Dans le cas de l'empreinte optique* : le prothésiste reçoit le pilier définitif Encode® seul (provenant du centre de production ZimmerBiomet), et parallèlement il reçoit le modèle résine imprimé (provenant du fabricant de modèles 3D) avec le pilier en résine définitif intégré (pilier SLA). Dans ce cas, la couronne supra-implantaire définitive sera confectionnée sur le pilier SLA.
  Le prothésiste peut également recevoir par fichier informatique le marquage numérique des limites du pilier Encode® terminé, et concevoir sa prothèse définitive numériquement par CFAO.

- *Dans le cas de l'empreinte conventionnelle* : il reçoit le pilier définitif Encode® en même temps que le maître modèle confectionné avec Robocast®T (provenant tous deux du centre de production ZimmerBiomet) (Fig.68 et 69).
  Dans ce cas, la couronne supra-implantaire définitive sera confectionnée sur le pilier définitif en titane ou zircone, vissé au modèle Robocast® avec la vis d'essayage en titane.

Figure 68: Maitre modèle Robocast® reçu au laboratoire de prothèse, l'analogue d'implant peut être clairement visualisé. En vue occlusale à gauche, et vue latérale à droite. (Laboratoire Rouillard, Paris 10e)

Figure 69: Pilier définitif Encode® en titane, en position de 26, transvissé dans l'analogue d'implant du maître modèle Robocast®. En vues latérales à gauche et au centre, et vue occlusale à droite. (Laboratoire Rouillard, Paris 10e)

La confection de la couronne supra-implantaire est réalisée de la même manière qu'une couronne conventionnelle supra-implantaire scellée, selon les instructions de matériaux et de teinte communiquées par le praticien. La fabrication de la couronne peut être réalisée traditionnellement ou numériquement par CFAO. Cette dernière peut impliquer la numérisation du pilier Encode® définitif.
Le prothésiste réalise également une clé de repère de positionnement des piliers réalisée en résine acrylique autopolymérisable, qui permettra au praticien de positionner correctement le pilier Encode® en bouche. Cette résine est fabriquée directement sur le pilier définitif vissé au modèle en plâtre (dans le cas d'une empreinte traditionnelle) en veillant à bien dégager le puit de la vis, ou sur le pilier du modèle SLA (dans le cas d'une empreinte optique).

Le pilier, la couronne, ainsi que les modèles sont ensuite emballés soigneusement et envoyés au praticien pour essayage et pose.

Au cabinet, la vis de cicatrisation est pour la première fois dévissée de l'implant. La plateforme prothétique de l'implant est complétement visible sur toute sa circonférence et le praticien peut y apprécier la bonne cicatrisation des tissus mous péri-implantaires et le profil d'émergence inscrit par la vis de cicatrisation (Fig.70).

Figure 70 : Vue occlusale de la plateforme de 5 mm de diamètre d'un implant OSSEOTITE® Certain® à connexion interne, en place de 44 après la dépose de la vis de cicatrisation. (Drago 2014)

Le pilier définitif Encode® est engagé dans la connexion hexagonale de l'implant à l'aide de la clé de position en résine acrylique autopolymérisable faite au laboratoire (Fig.71). Pour plus d'aisance de mise en place, le numéro de la dent correspondante (ou une rainure) est gravé sur la face vestibulaire des piliers en titane. Les implants OSSEOTITE® Certain® de Biomet3i possèdent une connexion interne particulière, appelée connexion QuickSeat® *(Biomet3i 2006).* Elle se base sur un clic audible et tactile lors de la mise en place du pilier dans la connexion, et assure la mise en place correcte et le positionnement stable du pilier.

Tout d'abord, le pilier est vissé manuellement avec la vis d'essayage en acier inoxydable (Fig.72). Une radiographie rétro-alvéolaire est prise pour contrôler la bonne assise du pilier définitif au sein de la plateforme de l'implant (Fig.73). Pendant cette phase d'essayage, le praticien vérifie également les limites du pilier anatomique par rapport au feston gingival du patient.

La couronne définitive supra-implantaire est essayée et les réglages occlusaux statiques et dynamiques, ainsi que l'ajustement des points de contact, sont effectués. Une radiographie rétro-alvéolaire est également nécessaire afin d'apprécier la bonne adaptation de la couronne sur le pilier Encode®. La teinte est validée avec le patient.

Le pilier est définitivement vissé à l'implant avec :

- la vis Gold-Tite® à tête hexagonale à un couple de serrage de 20 Ncm à l'aide de l'embout tournevis gros hexagone et d'une clé dynamométrique (Fig.74) *(Mahn et Prestipino 2013)* pour les implants à connexion hexagonale interne.
- la vis Gold-Tite® à tête carrée à un couple de serrage de 32-35 Ncm à l'aide de l'embout tournevis carré et d'une clé dynamométrique, pour les implants à connexion hexagonale externe *(Biomet3i 2013b).*

Figure 71 : Vue latérale d'un pilier définitif Encode® en Zircone en position de 44, mis en place au sein de l'implant à l'aide d'une clé de positionnement en résine acrylique. (Drago 2014)

Figure 72: La clé de positionnement permet le passage du tournevis afin de visser le pilier Encode® à l'aide de la vis d'essayage. (Drago 2014)

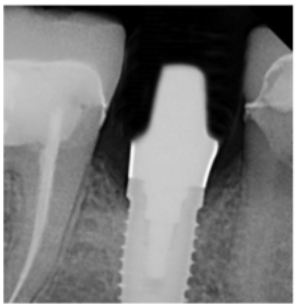


Figure 73: Radiographie rétro-alvéolaire de contrôle de la bonne assise du pilier Encode® au sein de l'implant. (Drago 2014)

Figure 74: Clé dynamométrique utilisée pour le vissage des piliers Encode® avec la vis Gold-Tite® (référence catalogue : RTI2035). (Drago 2014)

S 'ensuit la mise en place de la couronne définitive. Elle se fait de la même manière que pour une prothèse supra-implantaire scellée classique sur pilier titane ou zircone.

Le puit d'accès de la vis du pilier est obturé à l'aide d'une boulette de coton ou d'une bandelette de Teflon® afin de ne pas noyer la tête de vis dans le matériau de scellement ou de collage. La couronne est scellée ou collée à l'aide d'une petite quantité de matériau en raison de la haute précision du joint, et les excès sont enlevés soigneusement (Fig.75). Un contrôle radiographique supplémentaire peut être effectué afin de s'assurer du retrait total des résidus du matériau d'assemblage.

Comme pour un protocole standard, des rendez-vous de contrôle post-scellement sont fixés avec le patient : à 1 semaine, 6 mois et 1 an. Ils permettront de contrôler l'adaptation du patient à sa nouvelle prothèse, de vérifier l'occlusion statique et dynamique, la santé des tissus parodontaux péri-implantaires, et de contrôler l'indice de plaque du patient. A 1 an, une radiographie rétro-alvéolaire est nécessaire à l'évaluation de la santé des tissus parodontaux et au contrôle de la lyse osseuse péri-implantaire. (Fig. 75)

Figure 75: Mise en place de la couronne définitive sur le pilier définitif Encode®. Image de gauche : retrait des excès du matériau d'assemblage. Image centrale : couronne définitive en place. Image de droite : contrôle radiographique à 1 an. (Drago 2014)

1.4 Comparaison avec un système supra-implantaire traditionnel

La juxtaposition des protocoles du système Encode® avec ceux d'un système supra-implantaire traditionnel, à partir de leurs différentes techniques d'empreintes, nous permet d'établir un point de comparaison.

Le tableau présenté dans le cadre de ce travail de thèse résume de façon synthétique les points communs et les dissemblances des différents protocoles apportés par la technologie Encode®, par une comparaison de l'empreinte traditionnelle Encode® avec l'empreinte optique Encode®. D'autre part, il permet de le comparer à un système de restauration classique avec les empreintes traditionnelles et optiques supra-implantaires du système standard.

Cette comparaison s'applique pour un même cas clinique de prothèse supra-implantaire scellée sur pilier(s) transvissé(s), dans la chronologie des étapes cliniques et de laboratoire vues précédemment, c'est à dire : du cabinet, au laboratoire de prothèse, en passant par le centre d'usinage ZimmerBiomet et par le fabricant de modèle 3D, puis retour au laboratoire, pour finir par la pose au cabinet.

		Système Encode®		Système traditionnel	
		Traditionnelle	**Optique**	**Traditionnelle**	**Optique**
CABINET	Mise en place des vis de cicatrisation après la pose d'implant	Oui	Oui	Oui	Oui
	Dévissage des vis de cicatrisation avant empreinte	Non	Non	Oui	Oui
	Mise en place de transferts spécifiques	Non	Non	Oui Transferts d'empreinte	Oui Scanbodies
	Radiographie de contrôle de la bonne assise avant empreinte	Oui	Oui	Oui	Oui
	Matériaux d'enregistrement	Oui Silicones ou polyéthers	Non	Oui Silicones ou polyéthers	Non
	Porte empreinte	Oui Fermé, du commerce/PEI	Non	Oui ouvert ou fermé	Non
	Technique d'empreinte	Classique de la vis Encode®	Scannage de la vis Encode®	A ciel ouvert / fermé	Scannage de transferts numériques
	Repositionnement des transferts d'empreinte	Non	Non	Oui empreinte à ciel fermé	Non
	Mise en place manuelle des analogues d'implants	Non	Non	Oui	Non
	Solidarisation des transferts pour empreinte d'une restauration plurale	Non	Non	Oui	Non
	Prise d'empreinte de l'arcade antagoniste	Alginate	Scannage	Alginate	Scannage
	Prise de l'occlusion	Mordu, sans dépose de la vis de cicatrisation	Scannage vestibulaire des arcades en OIM, sans dépose de la vis de cicatrisation	Mordu, après dépose des transferts d'empreinte	Scannage vestibulaire des arcades en OIM, après dépose des transferts d'empreinte
	Remise en place des vis de cicatrisation après l'empreinte	Non	Non	Oui	Oui
	Mise en place de provisoires supra-implantaires	Non	Non	Possible selon le cas	Possible selon le cas
	Envoi des données	Empreinte physique au laboratoire de prothèse	Numérique au centre d'usinage	Empreinte physique au laboratoire de prothèse	Numérique au laboratoire de prothèse
LABORATOIRE	Coulée des empreintes	Oui	Non	Oui	Non
	Mise en place de fausse gencive en silicone	Non	-	Oui	-
	Section des modèles et réalisation de pins	Non	-	Oui	-
	Montage sur articulateur des modèles	Non	-	Oui	-
	Modélisation numérique des données de l'empreinte	Non	Non	Oui, par CFAO indirecte/ Non	Oui
	Utilisation d'analogues d'implants	Non	Non	Oui	Non
	Envoi des modèles au centre d'usinage	Oui	Non	Non	Non
	Renvoi des travaux au praticien	-	-	Piliers et/ou couronne définitive	Piliers et/ou couronne définitive

ZIMMER BIOMET	Acquisition numérique des données	Par scannage extra-oral des modèles en plâtre	Données numériques de l'empreinte optique reçues par internet	-	-
	CAO du pilier	Oui	Oui	Non	Non
	FAO du pilier	Oui	Oui	Non	Non
	Robocast®	Oui	Non	Non	Non
	Placement du pilier sur le maître modèle en plâtre	Oui	Non	-	-
	Envoi des données numériques du pilier fini à un fabricant de modèle 3D	Non	Oui	-	-
	Renvoi des travaux	Modèle Robocast + pilier définitif Encode® au laboratoire	Pilier définitif Encode® seul au laboratoire	-	-
FABRICANT 3D	Réception des données numériques	-	de la part de ZimmerBiomet	-	de la part du praticien ou du laboratoire, s'il ne possède pas lui même une usineuse pour modèle 3D
	Modèle 3D obtenu	-	Avec analogue du pilier	-	Avec analogue d'implant
	Renvoi du modèle 3D fabriqué	-	Au laboratoire de prothèse pour confection de la couronne définitive	-	Au laboratoire de prothèse pour ajustement sur modèle physique pilier et couronne usinés par CFAO
LABORATOIRE	CAO du pilier	Non	Non	Oui, si CFAO indirecte/Non	Oui
	Fabrication et usinage du pilier	Non	Non	Oui en technique conventionnelle, ou par CFAO	Oui par CFAO
	Fabrication de la couronne définitive supra-implantaire	Oui, sur le pilier Encode® vissé au modèle Robocast	Oui, sur le pilier SLA du modèle 3D	Oui	Oui
CABINET	Dépose des vis de cicatrisation	Oui	Oui	Oui	Oui
	Visualisation de la plateforme implantaire pour la première fois	Oui	Oui	Non	Non
	Essayage du pilier définitif	Oui	Oui	Oui	Oui
	Radiographie de contrôle de la bonne assise du pilier au sein de l'implant	Oui	Oui	Oui	Oui
	Essayage et réglages couronne définitive	Oui	Oui	Oui	Oui
	Vissage définitif pilier + scellement couronne	Oui	Oui	Oui	Oui

Figure 76: Tableau récapitulatif des principales différences des protocoles cliniques et de laboratoire Encode® par rapport à ceux d'un système supra-implantaire standard.

2 EVALUATION CRITIQUE DU SYSTEME ENCODE®, A L'AIDE DE PUBLICATIONS REFERENCEES ET D'ILLUSTRATIONS CLINIQUES

2.1 Indications et contre-indications du système Encode®

Bien qu'il soit considéré comme pratique et avantageux, le système de restauration Encode® de ZimmerBiomet n'est pas associable à tous les cas cliniques de réhabilitation prothétique supra-implantaire auxquels peut être confronté le praticien face à un édentement. La sélection d'un tel protocole doit se faire par une analyse précise du cas clinique en amont, et par une connaissance parfaite des indications et contre-indications de celui-ci.

Les indications d'utilisation du protocole de restauration et d'empreinte supra-implantaire Encode® BellaTek™ sont les suivantes :

- les indications générales à la pose chirurgicale d'un implant dentaire : agénésie dentaire, inconfort et refus psychologique d'une prothèse adjointe, habitudes parafonctionnelles qui compromettent la stabilité d'une prothèse adjointe, localisation et nombre inadéquats de piliers résiduels, absence de piliers dentaires pour réaliser une prothèse fixée, demande d'une thérapeutique conservatrice de la part du patient *(Davarpanah et al. 2012)* ;
- l'édentement partiel ;
- la réhabilitation prothétique sur implant d'une dent unitaire, ou la réhabilitation prothétique de faible étendue, c'est-à-dire avec trois éléments supra-implantaires au maximum (bridges ou couronnes solidarisées avec trois piliers implantaires au maximum) *(Société ZimmerBiomet) ;*
- les restaurations supra-implantaires scellées à deux étages : composées d'un pilier intermédiaire transgingival et d'une couronne, c'est-à-dire que la limite cervicale repose sur le pilier et non sur l'implant directement *(Martinez et al. 2008)* ;
- les restaurations esthétiques ;
- la mise en fonction différée ou immédiate ;
- et la correction d'axe implanto-prothétique de maximum 30°.

Plus précisément, il requiert *(Société ZimmerBiomet) (Telleman et al. 2011)* (Fig.77) :

- Une profondeur des tissus mous égale ou supérieure à 0,5 mm ;
- Un espace inter-occlusal égal ou supérieur à 6,0 mm ;
- Une distance minimale de 2 mm entre deux implants contigus ;

- Une hauteur de gencive marginale minimale de 0,5 mm, mesurée du niveau de la gencive jusqu'à l'interface de l'implant ;
- Une hauteur de pilier de 4 mm au minimum et de 12 mm au maximum.

Les contre-indications du système Encode® comprennent :

- Les contre-indications générales à la pose chirurgicale d'un implant dentaire : la santé générale du patient (incluant les maladies comme les cardiopathies à haut risque, les pathologies systémiques non contrôlées et les troubles psychiatriques); son âge (période de croissance); la dépendance alcoolique, tabagique ou médicamenteuse; le patient à risque (irradié, bruxomane, parodontite non contrôlée); un volume et/ou une qualité osseuse insuffisants ; et une distance inter-occlusale insuffisante *(Davarpanah et al. 2012)* ;
- Une divergence importante entre l'axe implantaire et l'axe prothétique (supérieure à 30°) ;
- L'édentement total ou partiel de grande étendue supérieur à trois piliers supra-implantaires ;
- Les restaurations supra-implantaires transvissées ;
- L'augmentation de la rétention d'une prothèse adjointe par des attachements supra-implantaires ;
- La mise en charge immédiate.

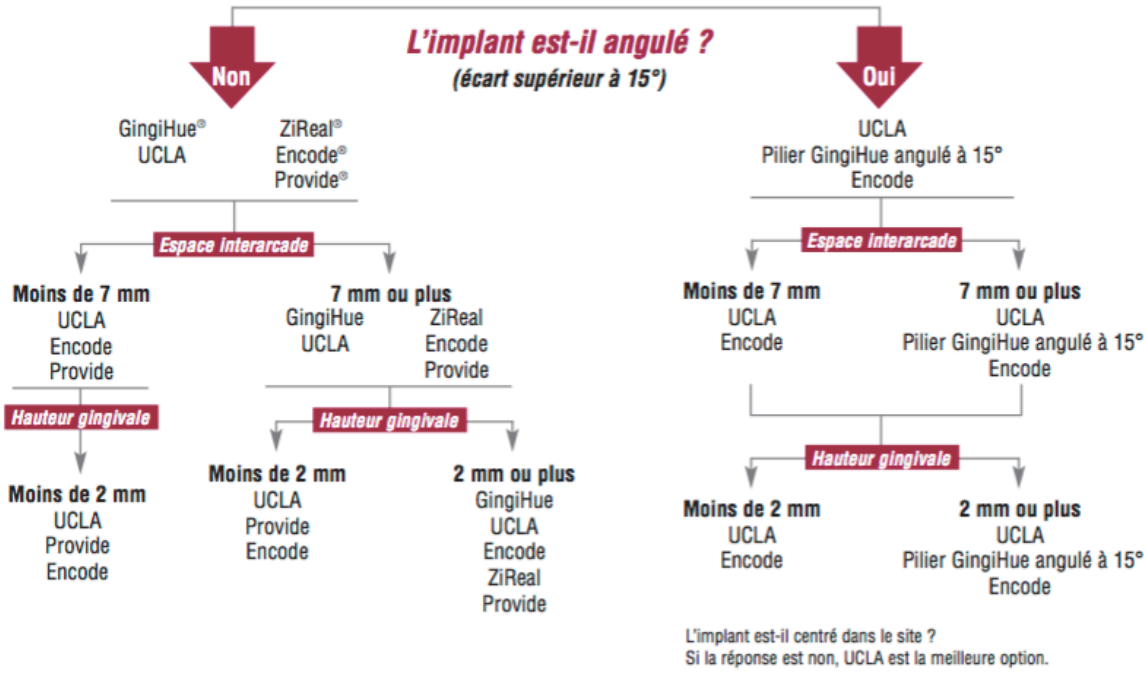


Figure 77: Guide de sélection des composants prothétiques ZimmerBiomet pour les restaurations supra-implantaires scellées. Notons que pour tous les cas de figure présentés (angulation, espace interarcade, hauteur gingivale) le système Encode® peut être choisi. (Catalogue général chirurgie et prothèse- Biomet3i)

2.2 Apports de la technologie Encode®

2.2.1 Communication

Les nouvelles technologies ne cessent d'améliorer la relation entre les différents membres de l'équipe thérapeutique, notamment entre les cliniciens et les prothésistes de laboratoire. Grâce à l'utilisation aisée de nouveaux procédés de plus en plus pratiques et davantage simplifiés par leur mise en œuvre, leur communication et leurs relations se sont vues évoluer. Il en a résulté la possibilité d'offrir aux patients des traitements moins contraignants, moins longs et de plus en plus confortables. Le système Encode® illustre aisément cette évolution.

2.2.1.1 Avec le patient

Les traitements de réhabilitations implantaires sont souvent perçus comme des traitements longs et inquiétants par les patients et leur famille, notamment par leurs longues phases de cicatrisation et par des séances d'empreintes pouvant paraître complexes et pénibles.
Le système Encode® a permis de simplifier les protocoles classiques supra-implantaires, apportant aux patients un plus grand confort lors des phases thérapeutiques, une conception améliorée et des séances moins longues. L'introduction et la présentation au patient d'un système simplifié supra-implantaire comme celui-ci, avec toutes les étapes de mise en œuvre qui en découlent, permet de le sécuriser et de le rassurer vis-à-vis de ses appréhensions et de ses exigences. Cela permet d'installer une relation de confiance praticien/patient, avec un patient concerné, impliqué et motivé, optimisant la thérapeutique globale.

2.2.1.2 Avec le prothésiste

La relation praticien/prothésiste est la première concernée et modifiée lors d'avancées technologiques telles que le système Encode®. Ce système chamboule les codes des protocoles prothétiques supra-implantaires classiques, modifie les étapes traditionnelles de réalisation d'une prothèse définitive supra-implantaire et change donc le rôle, les tâches et les moyens de communication des différents intervenants dont ceux du prothésiste de laboratoire directement.

La communication praticien/prothésiste est réduite vis-à-vis d'un protocole standard supra-implantaire, elle est plus simple et plus intuitive. Lors d'empreinte traditionnelle, le bon de commande

standardisé (fiche de liaison) BellaTek™ résume toutes les caractéristiques nécessaires, et devient le lien essentiel entre le prothésiste et le praticien *(Lenat 2017)*. Le prothésiste coule les empreintes et les envoie au centre de production ZimmerBiomet.

L'utilisation de l'empreinte optique permet davantage de simplifier cette relation. Internet devient alors une plateforme d'échange *(Berger et Moussaly 2015)* : un bon de commande numérique est envoyé instantanément au centre ZimmerBiomet, et seule la teinte et les caractéristiques de la couronne définitive seront nécessaires au prothésiste, car il se chargera uniquement de la conception de celle-ci après réception du pilier définitif.

Les échanges praticien/prothésiste sont donc simplifiés avec ce système, mais une autre sorte de relation apparaît. En effet, le prothésiste va être en étroite correspondance avec les opérateurs du centre de production, via internet et des logiciels informatiques spécifiques. Il va pouvoir y apporter, de façon simple et rapide, les modifications adéquates nécessaires à la conception numérique idéale du pilier Encode®, et permettre ainsi *in fine* son adaptation clinique parfaite.

De plus, rappelons que dans le cadre d'un protocole Encode® le prothésiste de laboratoire ne s'occupe que de la confection de la couronne supra-implantaire. Qu'elle soit confectionnée sur le pilier Encode® définitif lui-même (cas d'une empreinte physico-chimique) ou sur un modèle SLA (cas d'une empreinte optique), elle peut se réaliser de manière traditionnelle dans les deux cas. Le laboratoire n'a donc pas à investir dans des technologies numériques onéreuses, puisque toutes les étapes numériques de la fabrication des piliers CFAO Encode® sont confiées au laboratoire ZimmerBiomet. Dans un domaine en pleine mutation technologique, l'absence d'équipement numérique du prothésiste n'est donc pas un frein aux évolutions des techniques implantaires et exigences nouvelles du praticien, et n'en perturbe que très peu leurs relations et leurs collaborations déjà installées.

2.2.1.3 Avec les correspondants

Lorsque le praticien fait appel à un correspondant implantologue pour effectuer la chirurgie implantaire, la communication du cas clinique, des possibilités techniques, et des attentes thérapeutiques doivent être partagées entre les deux praticiens. Lors de protocole Encode®, les relations sont simplifiées, car le système et les étapes prothétiques du système le sont tout autant.

Les chirurgiens-dentistes américains Christopher Ramsey et Robert Ritter (Jupiter, Floride) ont mis en place un formulaire simple et pratique afin d'améliorer la communication entre praticiens et

implantologues, lors de protocoles supra-implantaires Encode®. Appelé en anglais « The implant restorative wish list », il est rempli par le praticien pour chaque patient et est envoyé à l'implantologue avant le début du traitement. Il y renseigne pour chaque cas clinique et pour chaque dent à restaurer : le type d'implant, le diamètre de la plateforme prothétique, le protocole chirurgical choisi, le type de connexion hexagonale, les dimensions de la vis de cicatrisation Encode® BellaTek™ choisie et la durée approximative du protocole (Fig.78).

Tooth #29 (left mandibular second premolar)	
Type of implant	OSSEOTITE® Certain®
Implant restorative platform	4.1 or 5 mm diameter
Surgical protocol	Single stage
Implant/abutment connection	Internal (Certain)
BellaTek Encode Healing Abutment	5 mm × 2, 3, or 4 mm (supragingival occlusal surface)
Occlusal loading protocol	8–10 weeks

Figure 78: Exemple de formulaire pré-prothétique Encode® à remplir et à envoyer à l'implantologue.(Drago 2014)

Pour la réalisation des étapes prothétiques, le praticien n'a donc pas besoin de s'équiper et de commander des matériaux spécifiques à empreinte correspondants à chacun des systèmes implantaires utilisés par ses correspondants et à chaque cas clinique (transferts d'empreinte pour empreinte à ciel ouvert ou fermé, analogues d'implants). Un tournevis et une clé dynamométrique du système ZimmerBiomet lui suffisent pour pouvoir réaliser la prothèse supra-implantaire Encode® sur les implants ZimmerBiomet posés par ses correspondants.

2.2.2 Intérêts en parodontologie

2.2.2.1 Le parodonte péri-implantaire

(Wolf et al. 2005) (Bouchard et al. 2015) (Berglundh et al. 1991)

Le parodonte constitue l'appareil de soutien de l'organe dentaire ou de l'implant au sein des maxillaires. Sa structure et son organisation sont différentes selon qu'il entoure une dent ou un implant, et est plus communément appelé « muqueuse péri-implantaire » autour des implants.

Le parodonte sain péri-dentaire est composé de la gencive et du ligament alvéolo-dentaire constituant un système d'attache muqueux épithélio-conjonctif ; et de l'os alvéolaire et du cément, assurant quant

à eux l'attache profonde alvéolaire. Les fibres conjonctives gingivales de Sharpey s'orientent de façon perpendiculaire à la surface dentaire. Ces différentes entités permettent à la dent d'avoir des propriétés biomécaniques et de défense très performantes.

La muqueuse péri-implantaire est quant à elle un tissu fragile formé par la cicatrisation des tissus mous suite à la chirurgie implantaire. Elle est constituée d'un tissu conjonctif fibreux recouvert par un épithélium de jonction et d'un épithélium sulculaire non kératinisé *(De Sanctis et al. 2010)*. A la différence des tissus péri-dentaires, la quantité de fibroblastes est moindre, les fibres de collagène gingivales du tissu conjonctif sont moins vascularisées et leur insertion se fait parallèlement à la surface des implants, formant une sorte de manchon sans réel ancrage adhérant à la surface du pilier (Fig.79).

L'interface entre le tissu gingival et osseux d'une part, et l'implant et la structure supra-implantaire d'autre part, bénéficie de réponses immunitaires plus limitées. La muqueuse péri-implantaire, dépourvue d'un complexe histologique équivalant à l'attache solide épithélio-conjonctive dentaire et au ligament parodontal, est alors plus fragile et vulnérable *(Gancel et al.)*. Bien qu'elle possède un potentiel de réparation plus limité, elle joue un rôle fondamental dans la stabilité de la zone du col implantaire.

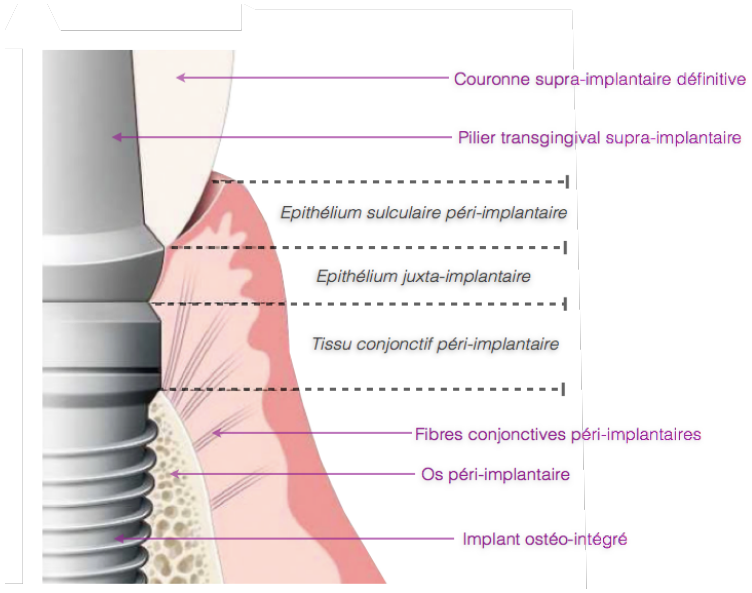


Figure 79: Représentation schématique (modifiée) de l'espace biologique péri-implantaire. (Bouchard et al. 2015)

C'est dans ce contexte muqueux péri-implantaire sensible que doit s'inscrire une restauration prothétique adaptée non iatrogène respectant l'espace biologique implantaire et l'environnement gingival.

Les protocoles thérapeutiques cliniques et prothétiques de conception/fabrication de la pièce supra-implantaire se doivent d'être réfléchis afin de préserver au maximum les tissus péri-implantaires, d'éviter leur altération, et de limiter l'apparition d'inflammation pouvant conduire au développement de péri-implantites.

2.2.2.2 Incidences sur le parodonte

2.2.2.2.1 Facteurs positifs parodontaux

2.2.2.2.1.1 Préservation de l'attache

L'un des arguments principaux et avantages affirmés par la société ZimmerBiomet concernant l'utilisation du système Encode® est la préservation des tissus parodontaux péri-implantaires lors des phases prothétiques. Le non-dévissage de la vis de cicatrisation initiale Encode® BellaTek™ lors de l'empreinte supra-implantaire protègerait l'attache épithéliale et réduirait significativement la fonte de l'os crestal alvéolaire péri-implantaire, éléments principaux contribuant au succès de la thérapeutique implantaire *(Vela Nebot 2013)*.

De nos jours, de nombreuses études référencées montrent qu'une manipulation répétée des piliers de cicatrisation ou piliers provisoires supra-implantaires, soumis à de nombreuses déconnexions/reconnexions, entraîne une altération des tissus mous et durs péri-implantaires, et donc une perte plus ou moins significative de ce parodonte, provoquant à terme une diminution des résultats esthétiques et fonctionnels de la prothèse définitive supra-implantaire *(Abrahamsson et al. 1997) (Grandi et al. 2012) (Molina et al. 2017) (Esposito et al. 2017)*.

Afin d'appuyer cet argument, trois études principales comprises entre 1997 et 2017 ont été retenues dans le cadre de ce travail de thèse. Les différentes expériences menées ne considèrent pas directement les vis de cicatrisation Encode®, mais mettent en place des protocoles de mise en fonction et de mise en charge immédiate pouvant être mis en parallèle avec ceux des vis de cicatrisation Encode® BellaTek™.

Les précurseurs de cette idée furent les parodontistes suédois Abrahamsson, Berglundh et Lindhe avec une étude expérimentale de 6 mois menée en 1997 sur des chiens *(Abrahamsson et al. 1997)*. Le but de l'expérience était d'étudier l'effet des déconnexions/reconnexions répétées des

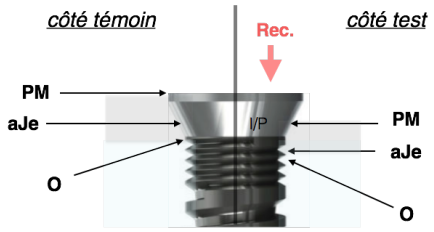
piliers titane supra-implantaires sur les tissus marginaux péri-implantaires.

Pour cela, cinq chiens ont été utilisés, les prémolaires mandibulaires ont été extraites et deux implants ont été mis en place, un dans chaque quadrant mandibulaire. Trois mois après la pose chirurgicale de l'implant, un pilier supra-implantaire a été mis en place. Sur une période de 6 mois, l'hygiène bucco-dentaire et le contrôle de plaque des chiens ont été effectués régulièrement. Pendant ces contrôles, une fois par mois, le pilier supra-implantaire du côté droit *(côté test)* a été dévissé, nettoyé puis revissé sur les 5 chiens, pour un total de 5 déconnexions/reconnexions pendant ces 6 mois. Le pilier supra-implantaire controlatéral (à gauche) est quant à lui resté en place, sans aucun remaniement, et constitue le *côté témoin*.

Un mois après la dernière reconnexion du pilier, les chiens ont été euthanasiés et les praticiens ont pu prélever les 10 échantillons des 5 chiens (deux implants par chien), comprenant l'implant et les tissus péri-implantaires mous et durs. Quatre repères macroscopiques ont été identifiés afin de comparer le *côté test* du *côté témoin* :

- La partie marginale de la muqueuse péri-implantaire (PM) ;
- Le niveau le plus apical de l'épithélium de jonction (aJe) ;
- Le niveau du contact os/implant (O) ;
- La limite entre l'implant et le pilier (I/P).

Les résultats des mesures sont résumés dans le tableau et le schéma suivants :



(mm)	PM-O	PM-aJe	aJe-O	I/P-O	PM-I/P
Côté test *(droite)*	2,50 +/- 0,42	1,65 +/- 0,24	0,85 +/- 0,26	1,49 +/- 0,19	1,02+/- 0,54
Côté témoin *(gauche)*	3,32 +/- 0,24	2,04 +/-0,22	1,28 +/- 0,11	0,78 +/- 0,17	2,54 +/- 0,35

Figure 80: Résultats de l'étude. (Abrahamsson et al. 1997)

Les résultats de ces observations indiquent que les déconnexions/reconnexions des piliers au niveau implantaire endommagent la barrière muqueuse péri-implantaire, et engendrent une migration apicale du tissu conjonctif. Ils émettent l'hypothèse que la perte osseuse péri-implantaire qui est associée pourrait être une résultante des réactions tissulaires afin de maintenir l'espace biologique péri-implantaire.

_____

En 2012, Grandi et al. ont mené une étude randomisée pendant 1 an portant sur 28 patients partiellement édentés, nécessitant une restauration plurale fixe avec la mise en place de deux implants *(Grandi et al. 2012)*. Le but est d'examiner et de comparer les résorptions osseuses péri-implantaires apparues postérieurement à la pose de la prothèse définitive suivant deux protocoles différents de réhabilitation prothétique supra-implantaire.
L'un comprenait la mise en place immédiate du pilier en titane définitif *(PD)* après la pose de l'implant (14 patients pris au hasard) selon le protocole « un seul pilier, une seule fois ». L'autre faisait intervenir des piliers en titane provisoires *(PP)* en cours de traitement, dévissés pour les empreintes, puis revissés en temporisation, et définitivement démontés pour la pose de la prothèse définitive (14 patients pris au hasard). Dans les deux groupes, une prothèse provisoire en sous-occlusion a été mise en place sur les piliers (Fig. 81). Après 3 mois, tous les implants de l'étude (des groupes *PD* et *PP*) ont été restaurés définitivement. Les niveaux osseux ont été mesurés immédiatement après la chirurgie, puis aux examens de suivi à 6 mois et à 12 mois (Fig.82).

Les résultats de ces mesures révèlent une résorption osseuse péri-implantaire de 0,359 mm à 6 mois et de 0,435 mm à 12 mois pour le groupe *PP (revissage/dévissage)*, face à une résorption de 0,065 mm et 0,094 mm respectivement à 6 et 12 mois pour le groupe *PD (« un seul pilier, une seule fois »).*

Statistiquement, les auteurs en concluent qu'une différence significative existe entre les deux groupes au niveau de la résorption osseuse péri-implantaire, avec une différence de 0,294 mm à 6 mois et 0,341 mm à 12 mois. Ils vérifient ainsi que le vissage/dévissage des piliers placés au moment de la chirurgie entraine une augmentation significative de la perte osseuse marginale péri-implantaire, ceci sans avoir d'impact sur le succès clinique thérapeutique. Ils suggèrent donc que le concept « un seul pilier, une seule fois » pourrait être une stratégie intéressante possible afin de minimiser la résorption osseuse péri-implantaire.

Figure 81: Piliers titane définitifs en position de 23 et 24 mis en place directement après la chirurgie (photographie de gauche). Prothèses provisoires en sous-occlusion (photographie de droite). (Grandi et al. 2012)

Follow-up	PD group		PP group		
	Mean bone level	SD	Mean bone level	SD	*P* value
Baseline	0.003	0.03	0.002	0.019	0.9634
6 months	0.065	0.018	0.359	0.028	<0.0001
12 months	0.094	0.025	0.435	0.025	<0.0001

Figure 82: Tableau des résultats de l'étude, mesures de la résorption osseuse péri-implantaire pour les groupes PD et PP. (Grandi et al. 2012)

Les dernières études sur le sujet datent de Janvier 2017. Marco Esposito et al. *(Esposito et al. 2017)* ont analysé à travers une étude randomisée de 80 patients si le démontage répété des piliers de cicatrisation au cours du traitement prothétique supra-implantaire avait une influence sur la stabilité des tissus durs et mous péri-implantaires après 1 an de suivi. Tous les patients de l'étude nécessitaient une prothèse supra-implantaire unitaire ou un bridge supporté par trois implants au maximum. Ils ont été séparés en deux groupes de 40 personnes de façon aléatoire et comparés grâce à deux protocoles cliniques distincts : le premier *(P1)* a inclus la mise en place d'un pilier de cicatrisation après la pose de l'implant comprenant trois démontages différents au cours du traitement (à la prise d'empreinte, à l'essayage des piliers supra-implantaires définitifs, et à la pose des prothèses définitives). Le second protocole *(P2)* a consisté en la pose d'un pilier définitif en sous-occlusion directement après la pose de l'implant jamais dévissé.

A 1 an, leurs résultats ont montré des mesures de récessions gingivales péri-implantaires variables entre les deux groupes, à hauteur de 0,07 millimètres pour le groupe des piliers définitifs (*P2)* et de 0,12 millimètres pour le groupe ayant subi des déconnexions de piliers *(P1)*. De même pour la perte osseuse marginale moyenne péri-implantaire : à 1 an elle représentait 0,06 millimètres pour le groupe *(P2)* et 0,23 millimètres pour le groupe *(P1)*. La hauteur de la muqueuse kératinisée à 1 an était de 2,8 millimètres pour *(P2)* ainsi que pour *(P1)*.

Les auteurs en ont conclu qu'à 1 an, il n'y avait pas de différence significative entre les deux procédures, à l'exception d'une perte osseuse augmentée de 0,16 millimètres lors de déconnexions répétées du pilier. On déduit de ceci que le démontage répété des piliers de cicatrisation au cours du traitement prothétique supra-implantaire avait une influence sur la stabilité des tissus durs et mous péri-implantaires.

2.2.2.2.1.2 Limites prothétiques

Les propriétés anatomiques des piliers Encode® BellaTek™ et leur confection sur mesure leur permettent une adaptation parfaite à la situation clinique des tissus mous péri-implantaires.

Ils sont conçus de telle sorte que leurs limites cervicales sont précisément situées dans le sulcus par rapport au niveau gingival afin de les dissimuler au mieux entre l'infrastructure et la suprastructure *(Gancel et al.)*. Rappelons que, par rapport au contour gingival, la limite cervicale proposée par défaut sur les piliers Encode® est de 1,5 mm en vestibulaire, 1,0 mm en lingual, 1,0 mm en distal et 1,0 mm en mésial, en suivant parfaitement le feston gingival clinique enregistré.

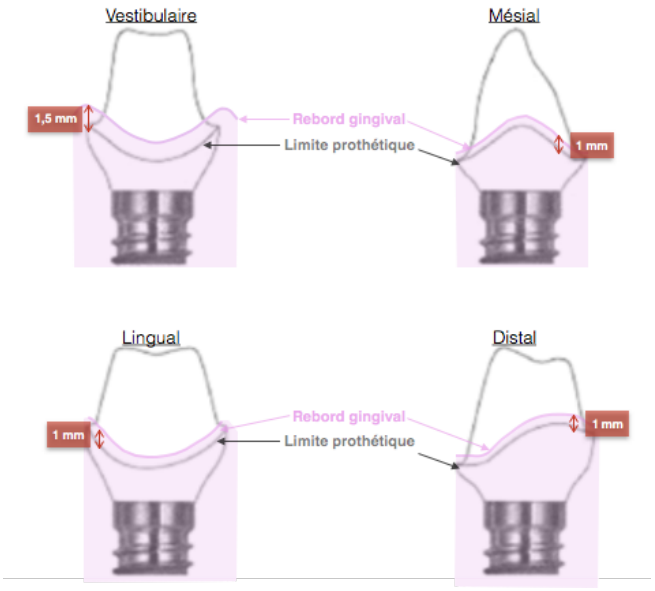


Figure 83 : Représentation schématique des limites prothétiques des piliers Encode®, par rapport au feston gingival.

Deux études menées en 2011 *(in vitro)* et 2012 *(in vivo)* par Tomas Linkevicius et ses collaborateurs ont permis d'évaluer la quantité de ciment résiduel non détecté par radiographie, autour de restaurations scellées supra-implantaires, après retrait des excès, en fonction de la profondeur de la limite cervicale prothétique *(Linkevicius et al. 2011) (Linkevicius et al. 2013)*.

L'étude clinique de 2012 rassemblait 53 cas. Des limites allant de 0 mm à 3 mm de profondeur ont été réparties au hasard sur 4 groupes (0, 1, 2, 3 mm) et des restaurations supra-implantaires céramo-métalliques ont été scellées avec la même quantité de ciment. Après retrait des excès et contrôle radiographique de l'absence de résidu, la quantité de ciment résiduel non détecté a été évaluée pour chaque cas. Les résultats montrent de façon significative que plus la limite prothétique est profonde, plus les excès de ciment non détectés et non éliminés sont importants.

En 2009, Wilson et coll. ont mené une étude prospective sur 39 patients afin d'apprécier la relation entre les excès de ciment et les péri-implantites à l'aide d'un microscope. L'excès de ciment résiduel a été associé à des signes de maladie péri-implantaire dans la majorité (81%) des cas de l'étude *(Wilson 2009)*.

Figure 84: Excès de ciment dans l'espace biologique péri-implantaire. A noter la lyse osseuse associée. (Lamy 2011)

Il est alors nécessaire de maintenir des limites prothétiques les moins profondes possibles afin d'y avoir un accès plus facile. La persistance de ciment de scellement en excès dans l'espace biologique péri-implantaire peut directement être liée à l'apparition de péri-implantites *(Korsch et al. 2014)*(Fig.84). En effet, ces excès de ciment non éliminés peuvent entraîner des problèmes parodontaux et inflammatoires au niveau gingival, favorisant la colonisation bactérienne et pouvant engendrer *in fine* des pertes osseuses péri-implantaires importantes *(Bouchard et al. 2015)*, voir la perte de l'ostéo-intégration de l'implant.

De plus, les piliers CFAO ont le potentiel de fournir une adaptation très précise entre l'implant et le pilier, assurant ainsi l'étanchéité de la connexion. Cliniquement, cette interface implant/pilier réalisé par CFAO présente un meilleur ajustement par rapport aux piliers standards, et est radiologiquement indétectable, limitant l'infiltration bactérienne à ce niveau (Fig. 85) *(Wee et al. 1999).* En effet, la présence de micro-hiatus plus ou moins importants à la jonction pilier/implant provoque l'infiltration et la colonisation bactérienne au niveau de l'implant, et cela peut aboutir au développement de péri-implantites et de lyses osseuses *(Guillaume 2013)*.

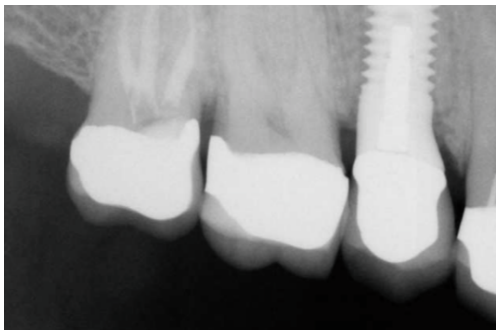


Figure 85: La jonction implant titane / pilier titane Encode®, en position de 15, est radiologiquement indétectable. (Priest 2005)

Plus précisément, l'étude menée en 2012 par M.Baldassarri et coll. *(Baldassarri et al. 2012)* s'est intéressée à la précision du joint pilier/implant de piliers uniquement réalisés sur mesure par CFAO, et notamment ceux réalisés par le protocole Encode®. Les microgaps (micro-hiatus) présents à l'interface de différents types de piliers CFAO ont été analysés et comparés (Fig.86). Cinq piliers Zircone Nobel Procera (NP), cinq piliers Zircone Encode® (B3i), cinq piliers Zircone Atlantis (At) et cinq piliers Encode® titane (Ti), vissés aux implants par des connexions internes des marques correspondantes, ont été analysés (Fig.87).

Les interfaces marginales verticales sont mesurées pour chaque pilier et les valeurs moyennes sont calculées : 8,4 µm (± 5,6) pour NB, 5,7 µm (± 1,9) pour B3i, 11,8 µm (± 2,6) pour At et 1,6 µm (± 0,5) pour Ti. (Fig.88).

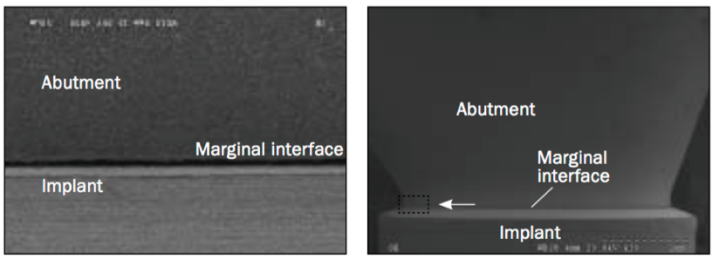


Figure 86: Interface marginale pilier/implant mesurée dans l'étude de Baldassari, image réalisée par microscopie électronique à balayage (MEB). (Baldassarri et al. 2012)

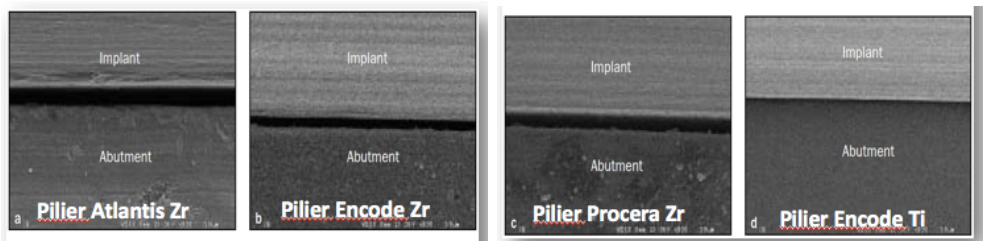


Figure 87: Images MEB des interfaces marginales retrouvées dans chaque configurations pilier/implant. (Baldassarri et al. 2012)

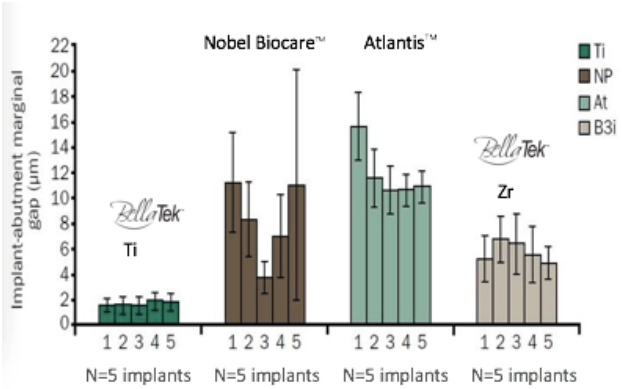


Figure 88: Moyennes des mesures de l'écart marginal pour toutes les configurations pilier/implant. (Baldassarri et al. 2012)

L'interface pilier Encode® titane/implant rencontre un plus haut degré de précision face aux piliers Zircone de la même marque et des autres systèmes. De plus, une différence significative d'adaptation marginale s'observe entre les piliers Zircone Encode® et ceux des autres marques, et est sensiblement plus précise. L'écart marginal des piliers Encode® étant plus petit comparé à celui présent dans les autres systèmes, il laisse suggérer que ces derniers sont moins vulnérables aux infiltrations bactériennes, minimisent les inflammations des tissus péri-implantaires, et ont une meilleure stabilité biomécanique *(Baldassarri et al. 2012)*.

Pour conclure, l'adaptation quasi parfaite des limites prothétiques des piliers Encode® titane ou Zircone, par rapport au feston gingival clinique, ainsi que la précision parfaite de l'interface piliers/implants permettent une meilleure protection du parodonte péri-implantaire par l'élimination plus aisée et totale des matériaux d'assemblage, et par la diminution des agressions bactériennes au niveau du joint.

2.2.2.2.1.3 Partie transgingivale

Le pilier Encode® est un pilier anatomique réalisé par CFAO, s'intégrant parfaitement à l'anatomie clinique de la zone péri-implantaire du patient. Sa partie transgingivale est une zone charnière de contact avec les tissus mous périphériques et a donc un rôle primordial dans le maintien de la santé des tissus péri-implantaires.

De par sa forme et son intégration sur mesure, la partie transgingivale du pilier Encode® permet de faciliter la maintenance parodontale grâce à des espaces dentaires adaptés.

Sa personnalisation va permettre de créer des espaces d'embrasures idéaux et de simplifier l'insertion

de la couronne *(Daas et al. 2015)(Carpentieri et Lazzara 2014)*. Les procédures d'hygiène individuelle et professionnelle sont donc plus faciles et plus efficaces, diminuant considérablement l'accumulation de plaque dentaire au niveau des structures implantaires.

Cela a pour conséquence directe la préservation des tissus parodontaux péri-implantaires avec une diminution notable des risques d'inflammation des tissus et des péri-implantites.

2.2.2.2.2 Conséquences sur le succès implantaire

Les résultats généraux de ces différentes études permettent de conclure et d'affirmer que le système Encode® répond aux exigences parodontales avancées :

- L'absence de dévissage/revissage du pilier de cicatrisation Encode® BellaTek™ au cours du traitement prothétique assure la préservation des tissus mous et durs péri-implantaires en limitant la rupture des connexions gingivales. Elle permet de protéger l'attache formée autour des éléments implantaires et de réduire significativement la fonte osseuse.

- La situation sur mesure des limites prothétiques des piliers Encode® par rapport au feston gingival clinique est un atout majeur afin de maintenir la santé péri-implantaire. Elle permet d'assurer sans difficulté le retrait total des excès des matériaux d'assemblage sur l'ensemble de la périphérie des structures implantaires, et permet ainsi d'éviter toutes réactions inflammatoires et fontes osseuses pouvant mener à la perte de l'ostéo-intégration de l'implant.

- La qualité du joint implant / pilier CFAO Encode® permet de limiter les conséquences négatives biologiques et mécaniques telles que l'inflammation, la perte d'attache et le dévissage *(Daas et al. 2015) (Baldassarri et al. 2012)*.

- La maintenance parodontale est facilitée grâce à la forme anatomique sur mesure du pilier définitif, limitant ainsi les agressions bactériennes liée à l'accumulation de la plaque dentaire.

En conclusion, les tissus mous et durs subissent moins de contraintes dans un cas supra-implantaire Encode® par rapport à un système supra-implantaire conventionnel. Ils peuvent alors être préservés au maximum, limitant le développement de péri-implantites et optimisant ainsi le succès de la thérapeutique globale implantaire.

2.2.3 Intérêts en phase prothétique

2.2.3.1 Avantages de l'empreinte

2.2.3.1.1 Gestion du temps

Grâce à l'élimination des étapes de retrait des vis de cicatrisation et de mise en place des transferts d'empreinte, l'empreinte supra-implantaire Encode® offre au praticien un gain de temps précieux. Le temps moyen estimé au fauteuil pour la réalisation de l'empreinte supra-implantaire est alors réduit vis-à-vis d'une prise d'empreinte classique, en moyenne 10 minutes *versus* 30 minutes respectivement (Fig. 89) *(Telleman et al. 2011)*.

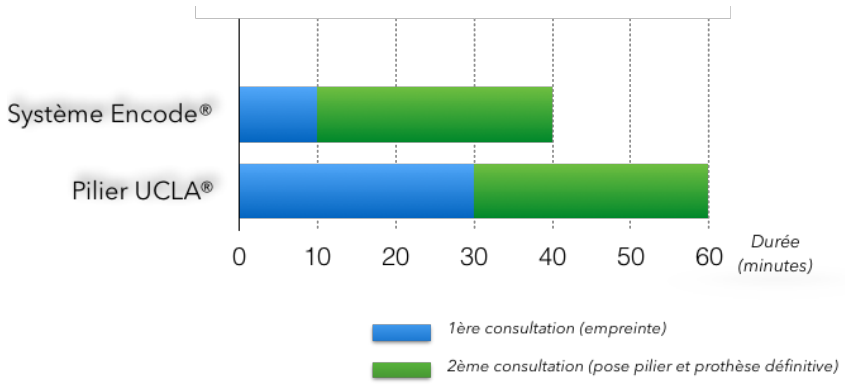


Figure 89: Schéma comparatif de l'estimation du temps passé au fauteuil entre le protocol Encode® et un protocol standard utilisant un pilier classique UCLA® de la marque ZimmerBiomet. (ZimmerBiomet)(Lorgeoux 2010)

2.2.3.1.2 Gestion des stocks

La bonne tenue des stocks d'accastillage pour empreintes supra-implantaires classiques est une condition *sine qua non* à la bonne organisation du cabinet et des séances d'empreinte. Elle peut s'avérer souvent complexe pour un praticien utilisant plusieurs systèmes implantaires différents ou pour un praticien novice en prothèse supra-implantaire, non familiarisé avec les différents composants et leurs fabricants. Cela peut être source de confusion et d'une perte de temps considérable.

La réalisation d'une empreinte supra-implantaire conventionnelle des vis de cicatrisation Encode® permet au praticien une meilleure ergonomie par rapport à une empreinte classique. Elle allège le praticien en rangements, commandes et réapprovisionnements d'accastillages, tels que les transferts d'empreinte et les analogues d'implants utilisés traditionnellement.

Elle permet ainsi une meilleure gestion des stocks, un confort lors de la préparation des séances d'empreinte, un gain de temps considérable pour le praticien ou l'assistante s'occupant des stocks, et réduit par conséquent le coût global de la prise d'empreinte supra-implantaire *(Mahn et Prestipino 2013)*.

2.2.3.1.3 Confort

L'empreinte traditionnelle sur implant demande au praticien une courbe d'apprentissage pour les différents matériaux et systèmes implantaires, ainsi qu'une certaine dextérité quant à la réalisation de celle-ci.
En effet, l'utilisation et la mise en place de transferts d'empreinte et d'analogues d'implants peut s'avérer parfois difficile *(Wöstmann et al. 2008)* et inconfortable, à la fois pour le praticien et pour le patient. L'angulation d'un implant peut créer des impossibilités d'insertion du transfert, qui peut être bloqué par les dents adjacentes. De plus, dans les sites postérieurs, notamment en cas de faible ouverture buccale, l'accès au col implantaire et le bon positionnement du porte-empreinte sur les transferts peuvent s'avérer également difficiles, et devenir désagréables pour le patient *(Mahn et Prestipino 2013)*.

Dans ce protocole, un praticien novice vis-à-vis des procédures de restaurations prothétiques supra-implantaires ne sera pas tenu de réaliser une empreinte directement au niveau de l'implant *(Priest 2005)*, mais réalisera une empreinte de la vis de cicatrisation non dévissée, simplifiant grandement cette étape fastidieuse (Fig.90).

L'élimination de la pose de transferts d'empreinte lors de l'empreinte des vis de cicatrisation Encode® BellaTek™ est un bénéfice majeur du système Encode®. Elle donne au praticien une grande aisance de réalisation de l'empreinte supra-implantaire. La procédure est moins invasive et donc plus confortable pour le patient. De plus, les erreurs de manipulation et les risques de chute d'instruments sont réduits, et le stress du praticien diminué *(Leize-Zal et al. 2016)*. L'empreinte plurale supra-implantaire est également rendue plus aisée, l'étape de solidarisation des transferts d'empreinte étant supprimée.
La bonne mise en place de transferts d'empreinte peut également s'avérer difficile, à cause des interférences avec les tissus durs et mous cicatrisés. Inversement, le placement de la vis de cicatrisation Encode®, lorsqu'un lambeau gingival est réalisé, devient plus simple et plus précis *(Eliasson et Ortorp 2012)*.

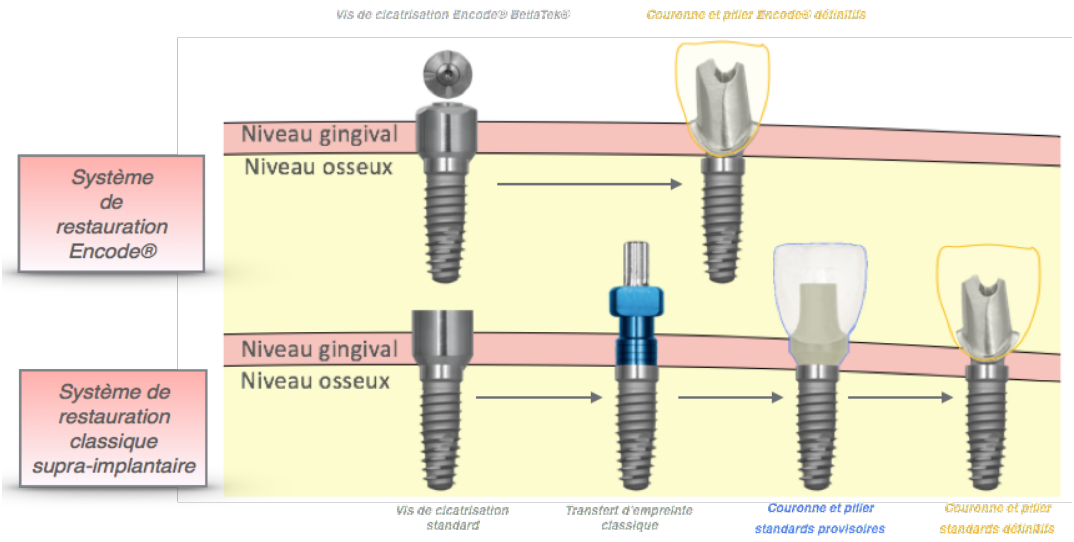


Figure 90: Schéma comparatif (modifié) des principales étapes de réalisation d'une restauration supra-implantaire avec le système Encode® (en haut) et avec un système classique (en bas). (ZimmerBiomet)

2.2.3.1.4 Contrôle du saignement

L'absence de manipulation des vis Encode® BellaTek™ lors de l'empreinte élimine les risques de légers saignements pouvant apparaître lors du dévissage de la vis de cicatrisation. Elle réduit ainsi les difficultés de réalisation et les imprécisions de l'empreinte supra-implantaire liée à la présence de fluide.

2.2.3.1.5 Préservation gingivale

Lors d'empreintes classiques supra-implantaires, si le retrait des vis de cicatrisation et le placement des transferts d'empreinte ne se font pas assez rapidement, les tissus mous peuvent s'affaisser et être pincés, perturbant ainsi la précision finale de l'empreinte *(Mahn et Prestipino 2013)*.

Ainsi, l'empreinte des vis de cicatrisation Encode® BellaTek™ assure la préservation de l'architecture gingivale péri-implantaire. Elle permet d'éviter la rétraction gingivale pouvant survenir lors du retrait des piliers de cicatrisation (notamment si empreinte supra-implantaire plurale lors de la mise en place de plusieurs transferts), et facilite donc la réalisation de l'empreinte, sans altérer sa précision.

2.2.3.1.6 Précision

De nombreux auteurs ont démontré que la précision de l'empreinte supra-implantaire classique est directement liée au nombre et à l'angulation des implants à enregistrer *(Assuncao et al. 2004)(Sorrentino et al. 2010)(Buzayan et Yunus 2014)*. Ces derniers révèlent que plus le nombre d'implants est grand plus l'exactitude de l'empreinte diminue. Et de la même manière, plus l'angulation de l'implant est importante et moins l'empreinte sera précise. Cela serait expliqué par l'augmentation de distorsions et de déformations lors du retrait de l'empreinte effectuée à l'aide de transferts.

L'angulation et le nombre d'implants n'affectant pas la position ni l'enregistrement des vis de cicatrisation Encode® BellaTek™ déjà en place, l'empreinte Encode® ne serait alors pas perturbée par ces paramètres. Dans ces cas cliniques, l'utilisation de ce système deviendrait une bonne alternative afin d'éviter ces imprécisions et optimiserait le résultat prothétique final.

2.2.3.1.7 Acquisition par empreinte optique

Malgré la suppression d'accastillages (transferts d'empreinte et analogues d'empreinte) pouvant être source d'instabilité dimensionnelle, la technique d'empreinte supra-implantaire traditionnelle sur les vis de cicatrisation Encode® n'élimine pas les potentielles sources d'erreurs liées à l'expansion du plâtre ou des matériaux de prise d'empreinte.

L'empreinte optique des vis Encode® permet, quant à elle, de supprimer dans un premier temps les distorsions immuables aux matériaux d'enregistrement, et dans un deuxième temps de supprimer les sources d'instabilité liées aux transferts et au plâtre, pouvant altérer la précision de la restauration définitive *(Nayyar et al. 2013)*.

De plus, comme toute empreinte optique, l'empreinte numérique des vis de cicatrisation Encode® possède de nombreux avantages par rapport à l'empreinte traditionnelle, aussi bien pour le praticien et le prothésiste que pour le patient.

Une étude transversale menée en 2016 par *Burhardt et coll*. a évalué les perceptions et les préférences selon différentes techniques d'empreinte réalisées sur trente-huit jeunes patients nécessitant un traitement d'orthodontie (empreintes simples d'arcades complètes, traditionnelles et numériques, réalisées sans accastillage, et pouvant donc s'apparenter aux empreintes supra-implantaires Encode®). Les résultats de cette étude ont révélé que les empreintes traditionnelles présentent plus d'inconfort pour les patients face aux empreintes numériques, et ont été préférées dans seulement 29% des cas

(Burhardt et al. 2016). En effet, l'empreinte optique des vis de cicatrisation Encode® permet de supprimer l'utilisation de matériel à empreinte classique (porte-empreinte, adhésifs), d'éliminer certaines étapes de traitement de l'empreinte (désinfection, emballage, coulée, commande de matériaux, expédition au prothésiste), et surtout d'éliminer les différents matériaux d'enregistrement inconfortables pour le patient pouvant générer des réflexes nauséeux. Les patients sont épargnés de tout contact avec le matériel d'enregistrement, les scanners intra-oraux ne touchant pas le palais. Le temps d'acquisition de l'image numérique se fait plus rapidement qu'une empreinte classique *(Lee et Galluci 2012)* cela permet au patient de prendre une pause, si nécessaire *(Ramsey et Ritter 2012) (Drago 2014).* De plus, comme l'empreinte traditionnelle Encode®, l'empreinte optique des vis de cicatrisation Encode® ne nécessite aucun dévissage et aucune mise en place de scanbodies, apportant un confort optimal pour le patient et le praticien.

L'empreinte optique des vis Encode®BellaTek™ permet également de diminuer les étapes de laboratoire et de réduire ainsi le temps de production global de la restauration finale par rapport à une empreinte conventionnelle. En effet, grâce à la numérisation des données, aux systèmes de CFAO utilisés et à la stéréolithographie, la prothèse définitive peut être conçue au laboratoire de prothèse simultanément à la fabrication du pilier anatomique Encode® au centre d'usinage ZimmerBiomet. Cette procédure ne nécessite généralement que deux rendez-vous au fauteuil : un pour l'acquisition numérique, et un pour la pose des éléments prothétiques définitifs (Fig.91) *(Nayyar et al. 2013)*.

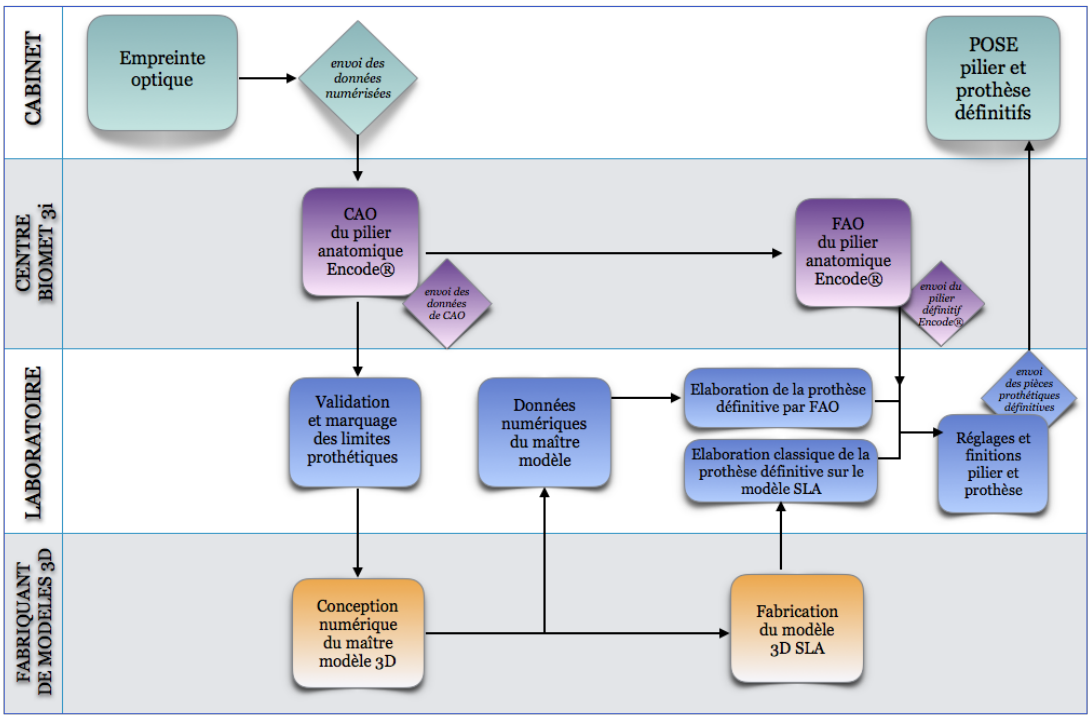


Figure 91: Schéma récapitulatif des différentes étapes de conception et fabrication des pièces prothétiques Encode® dans le cadre d'une empreinte optique des vis de cicatrisation Encode®.

L'empreinte optique supra-implantaire classique possède quelques limites, non retrouvées dans celle des vis Encode®. En effet, le balayage des scanbodies lors d'empreinte classique peut s'avérer difficile à cause de leur architecture, leur position par rapport aux dents adjacentes, et leur hauteur d'une part, et également de la taille de la tête de la caméra d'autre part. Elle peut devenir parfois impossible dans les zones postérieures notamment en cas de faible ouverture buccale.

2.2.3.2 Esthétique

La demande esthétique des thérapeutiques supra-implantaires est en évolution constante de la part des patients traités. La prédictibilité de ce résultat dépend de nombreux facteurs cliniques, comme la qualité et la position des tissus mous et durs péri-implantaires, le type de suprastructure prothétique utilisé, mais également des propriétés de la partie transgingivale du pilier supra-implantaire *(Gancel et al.)*.

2.2.3.2.1 Gestion des tissus péri-implantaires

La gestion du résultat esthétique des prothèses supra-implantaires dépend principalement de la préservation de l'espace biologique péri-implantaire et de la reproduction de l'architecture muco-gingivale naturelle autour des implants *(Avila et al. 2014)*. L'absence de manipulations de vissage/dévissage de la vis de cicatrisation Encode®, vue précédemment, permet la préservation et le maintien des tissus mous et durs péri-implantaires. Elle limite ainsi l'apicalisation de l'espace biologique et des papilles inter-dentaires, les résorptions osseuses et les récessions, affectant directement le résultat esthétique final du traitement prothétique implantaire.

Le joint pilier Encode®/couronne, étant placé entre 1 à 1,5 mm en position sous-muqueuse, reste invisible. Il suit le feston gingival sur toute la circonférence du pilier permettant d'obtenir un résultat esthétique optimal.

De plus, les piliers supra-implantaires Encode®, par le fait qu'ils sont réalisés sur mesure par système de CFAO, avec possibilité de remodelage virtuel, ont un rôle clé dans la création d'un aspect harmonieux des tissus mous péri-implantaires, avec une meilleure intégration biologique *(Gancel et al.)*. Ils permettent un maintien parfait des tissus mous et de l'architecture gingivale péri-implantaires grâce à un profil d'émergence adapté.

2.2.3.2.2 Profil d'émergence

Le profil d'émergence en implantologie représente la ligne de transition entre la forme circulaire du col implantaire et la morphologie de la dent prothétique au niveau cervical. Elle correspond à la portion prothétique transgingivale du pilier implantaire, d'une prothèse implanto-portée, ou de l'implant lui-même.

Dans le cas de prothèse scellée à deux étages comme les prothèses Encode®, le profil d'émergence est donné par la forme de la partie transgingivale du pilier anatomique supra-implantaire Encode® vissé à l'implant. Il optimise l'intégration esthétique de la couronne définitive.

Idéalement, il représente le profil d'émergence naturel de la dent à restaurer. En effet, l'obtention d'un profil d'émergence harmonieux passe tout d'abord par l'utilisation d'un diamètre implantaire adapté au diamètre cervical de la dent à remplacer *(Davarpanah et al. 1998)*. Sur l'implant viendra s'asseoir la vis de cicatrisation Encode® BellaTek™. Ce profil harmonieux passe également par sa personnalisation permettant un meilleur soutien des tissus mous sus-jacents *(Daas et al. 2015)*, condition *sine qua non* d'un résultat esthétique satisfaisant.

A l'inverse des piliers anatomiques réalisés en CFAO, les piliers les plus utilisés et commercialisés sont des piliers préfabriqués dont les dimensions sont préétablies. En fonction du cas clinique, différentes hauteurs, diamètres, angulations, matériaux sont disponibles, et certaines modifications anatomiques peuvent y être apportées. Mais ces retouches par soustraction restent néanmoins très limitées, et ne permettent pas d'obtenir l'adaptation anatomique parfaite qu'offrent les piliers sur mesure. Les profils sous muqueux de ces derniers permettent quant à eux de déterminer directement la position de la muqueuse marginale implantaire *(Van Iperen 2012)*, et de lui apporter un soutien complet (Fig.92).

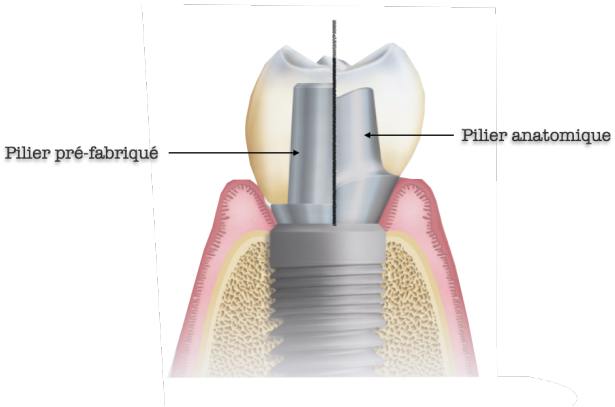


Figure 92: Représentation schématique du soutien gingival, dans le cas d'un pilier préfabriqué non anatomique (à gauche), et d'un pilier sur mesure (à droite). (Ceranic et Bullis 2012)

Adbuo et coll. ont étudié à travers une étude in vivo de 45 patients les effets cliniques survenus lors d'insertion de piliers et prothèses supra-implantaires réalisés ou non avec le système Encode®. Il en a résulté un blanchiment de la gencive péri-implantaire et une douleur à l'insertion plus importants lors de la mise en place des suprastructures Encode®, par rapport à celles fabriquées à l'aide d'empreintes supra-implantaires traditionnelles et utilisant des piliers préfabriqués. Ces conséquences cliniques reflèteraient directement l'adaptation des éléments supra-implantaires vis-à-vis des tissus mous péri-implantaires. Sans avoir d'effet clinique au long terme, les résultats s'expliqueraient par l'adaptation quasi parfaite des piliers Encode®, face à des piliers préfabriqués qui ont tendance à être plus étroits. Le blanchiment et la douleur à l'insertion, plus désagréables pour le patient, indiqueraient donc un bon soutien des tissus mous, sculptés par le pilier Encode® lui-même *(Abduo et al. 2017).*

Par ses dimensions choisies, la vis de cicatrisation Encode® mise en place lors de la chirurgie implantaire va permettre d'entamer la forme de ce profil et de modeler l'espace muqueux péri-implantaire en coordination avec le futur profil d'émergence attendu. Quarante-quatre vis de cicatrisation Encode® BellaTek™ sont disponibles pour chacune des connectiques implantaires, permettant au praticien un large choix de dimensions et d'optimiser au cas par cas le profil d'émergence souhaité.

Le pilier supra-implantaire Encode® sera fabriqué sur mesure par CFAO, en respectant l'anatomie clinique du cas et en tenant compte des instructions envoyées par le praticien via le bon de commande Biomet3i. Sur celui-ci, le praticien peut indiquer avec précision le degré du profil d'émergence voulu pour le pilier définitif en fonction du cas clinique et du résultat esthétique souhaité. (Fig.93)

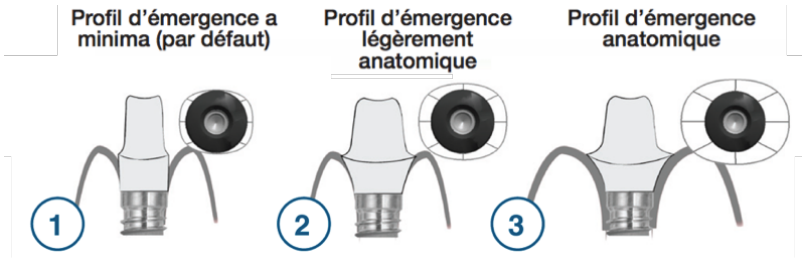


Figure 93: Les trois choix de profil d'émergence pour pilier définitif Encode®. En noir, le diamètre correspondant à la base du pilier. En gris, les limites prothétiques du pilier. (Bon de commande ZimmerBiomet)

Pour assurer le soutien complet des tissus mous et obtenir un résultat esthétique idéal, le profil d'émergence des piliers Encode® débute dès la base du pilier, au niveau du col implantaire, et est

adapté au feston gingival et à l'anatomie clinique du patient enregistré, c'est-à-dire que sur un même pilier anatomique Encode®, différents profils d'émergence et différentes hauteurs de col peuvent être retrouvés. (Fig.94 et 95)

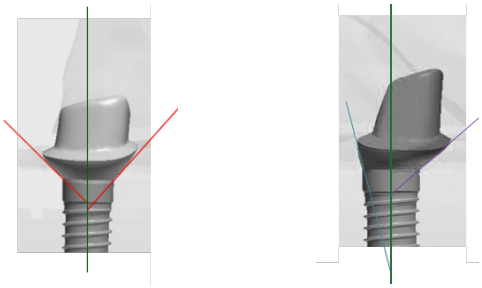


Figure 94: Différents profils d'émergence réalisés sur mesure : symétrique sur le pilier Encode® de gauche, asymétrique sur celui de droite

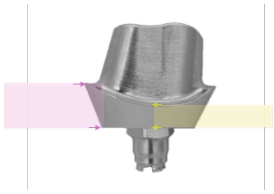


Figure 95: Différentes hauteurs de col pour un même pilier Encode®, adaptées à l'anatomie gingivale.

2.2.3.2.3 Angulation

La conservation et la reproduction de l'architecture muco-gingivale naturelle péri-implantaire est un défi majeur de la dentisterie esthétique d'aujourd'hui, notamment lorsque l'implant dentaire n'a pas une position tridimensionnelle intra-osseuse idéale par rapport à l'axe de la dent à remplacer *(Avila et al. 2014)*. Le placement d'un pilier Encode® personnalisé et adapté au cas clinique, permet de corriger des défauts d'angulation implantaire jusqu'à 30° *(Telleman et al. 2011)*, ce qui est impossible avec certains systèmes. Il permet ainsi d'obtenir un résultat esthétique optimal.

2.2.3.2.4 Apports de la CFAO

La conception assistée par ordinateur (CAO) des piliers Encode® permet d'examiner et d'ajuster les images virtuelles des piliers avant leur fabrication définitive. Les éléments de conception tels que le profil d'émergence et la situation de la limite prothétique sont essentiels pour une conception esthétique et naturelle du pilier *(Mahn et Prestipino 2013)*. La visualisation du pilier virtuel avant sa fabrication permet au prothésiste ou au praticien de confirmer son design vis-à-vis des instructions données et du cas clinique (Fig.96).

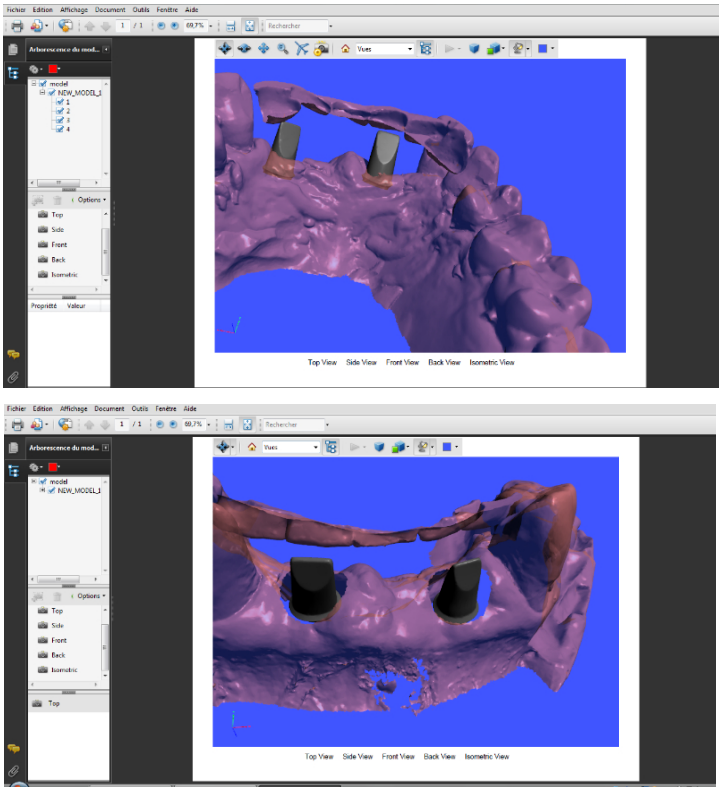


Figure 96: Visualisation 3D et validation des piliers titane Encode® en position de 21 et 11 ® par le prothésiste de laboratoire (Laboratoire Rouillard, Paris)

La fabrication assistée par ordinateur (FAO) permet la fabrication de piliers définitifs implantaires de haute qualité à partir de blocs solides de matériaux biocompatibles, usinés d'une seule pièce et donc intégralement réalisés sur mesure, de la connectique jusqu'à la face occlusale.

2.2.3.2.5 Matériaux d'usinage

Afin de garantir l'esthétique du projet prothétique, le pilier doit donc avoir une configuration personnalisée, par son anatomie d'une part, mais également par sa teinte. Celle-ci doit être choisie en accord avec l'anatomie des tissus mous péri-implantaires. En effet, la teinte de la muqueuse va directement être affectée par le matériau sous-jacent qui compose le pilier *(Ceranic et Bullis 2012).*

La société ZimmerBiomet avait initialement lancé le système Encode® avec l'unique possibilité de réaliser des piliers supra-implantaires en titane. Puis, elle a permis aux praticiens d'élargir leur choix de matériaux de suprastructure implantaire, avec la fabrication de piliers en Zircone ou nitrure de titane, leur permettant de répondre aux différents cas cliniques rencontrés, ainsi qu'à des conditions

occlusales et esthétiques difficiles, et d'optimiser au mieux les résultats esthétiques de leurs traitements prothétiques.

Des études récentes comparant les matériaux des piliers actuellement disponibles sur le marché montrent que les piliers en titane ne peuvent pas répondre de la meilleure manière aux exigences esthétiques de certains cas cliniques, notamment en présence de biotype tissulaire fin (épaisseur inférieure ou égale à 2 mm) *(Sala et al. 2016)(Lops et al. 2016).* Dans cette situation, la couleur dorée ou la Zircone confèrent à la prothèse une teinte chaude à travers les tissus (Fig.97) et minimisent la teinte grisâtre pouvant transparaitre avec des piliers en métal.

Figure 97: Pilier Encode® titane avec revêtement en nitrure de titane, pour restauration supra-implantaire céramo-céramique en position de 11. (Carpentieri et Drago 2015)

Ainsi, les piliers Encode® remplissent tous les principaux critères nécessaires à l'obtention d'un résultat esthétique optimal. Ils répondent aux attentes biologiques et esthétiques avec un panel de matériaux pouvant s'adapter à chaque cas clinique.

2.3 Limites de la technologie Encode®

2.3.1 Inconvénients cliniques

2.3.1.1 Phase opératoire

2.3.1.1.1 Limitation du système implantaire

Le système de restauration Encode® BellaTek™ est considéré comme fermé, car limité exclusivement à la mise en place d'implants de la marque Biomet3i, et ne peut être utilisé avec d'autres systèmes implantaires *(Telleman et al. 2011)*. Par conséquent, les praticiens voulant utiliser le système Encode® sont contraints de se familiariser au système implantaire Biomet3i (maintenant ZimmerBiomet), s'ils ne l'utilisent pas déjà.

2.3.1.1.2 Choix d'une technique chirurgicale

La mise en place de la vis de cicatrisation encodée après la pose de l'implant est l'une des étapes fondamentales du protocole Encode® et est non substituable. C'est par cette vis, contenant les codes de la position 3D de l'implant, que vont découler toutes les étapes de conception et fabrication futures des suprastructures implantaires.

Ainsi, nous comprenons aisément que le choix de la technique chirurgicale implantaire doit être préalablement étudié et anticipé. Le protocole oblige la mise en place d'une vis de cicatrisation, incompatible avec certaines procédures implantaires telles que la mise en charge immédiate et la temporisation immédiate, utilisées le plus souvent dans les zones esthétiques dans lesquelles la suprastructure est directement transvissée à l'implant et où l'utilisation de piliers de cicatrisation est éliminée.

Dans ces zones esthétiques notamment, le praticien devra alors prévoir et préparer sa chirurgie afin de restaurer temporairement l'esthétique par la mise en place d'une prothèse provisoire après la pose de l'implant. Cela peut s'avérer beaucoup plus long et complexe que pour un cas où une mise en charge immédiate aurait été indiquée, et allonge de la même façon le temps de traitement global du patient.

2.3.1.1.3 Prédictibilité de la hauteur gingivale

Rappelons que la vis de cicatrisation doit obligatoirement dépasser de 1 mm minimum au niveau supra-gingival, sans inclure les parties occlusales arrondies, afin d'avoir une empreinte correcte des codes occlusaux.

Dans un protocole en un temps chirurgical, la vis de cicatrisation Encode® BellaTek™ doit être placée directement après la pose de l'implant, ou après le dégagement du col de l'implant dans un protocole en deux temps. Cela nécessite une analyse pré-chirurgicale précise de la zone muqueuse concernée, qui peut s'avérer parfois délicate. Elle oblige le praticien à anticiper la future cicatrisation gingivale péri-implantaire difficilement prédictible, ainsi que la position crestale de l'implant, afin de préparer la ou les vis de hauteur appropriée sur sa table stérile de chirurgie.

La difficulté réside donc dans le choix de la vis qui devra s'effectuer en pré- ou per-opératoire, et cela quelques mois en amont de l'empreinte supra-implantaire de la vis. Le praticien doit pouvoir trouver un juste milieu entre une hauteur de vis trop grande, qui pourrait devenir non esthétique et inconfortable pour le patient, et pouvant mettre en péril l'implant par les forces occlusales exercées, et une hauteur insuffisante pour laquelle la gencive pourrait venir recouvrir les codes occlusaux durant la phase de cicatrisation. Ce dernier cas de figure obligerait le praticien à dévisser la vis de cicatrisation de taille insuffisante pour l'empreinte, pour la remplacer par une vis de hauteur transgingivale plus élevée, ce qui détruirait l'attache gingivale formée et pourrait induire un léger saignement perturbant la prise d'empreinte (Fig.98 et 99).

Figure 98: Vis de cicatrisation Encode® BellaTek™ de hauteur insuffisante en position de 16. Noter la cicatrisation gingivale en mésial recouvrant une partie des codes axiaux de la vis et rendant l'empreinte supra-implantaire impossible. (Docteur Messica, Ermont)

Figure 99: Changement de vis de cicatrisation. La vis de la figure 98 a été dévissée puis remplacée par une vis Encode® de hauteur supérieure. Noter la présence de sang en vestibulaire causée par le dévissage/revissage de la vis. (Docteur Messica, Ermont)

L'absence de dévissage/revissage des vis de cicatrisation lors de l'empreinte, avantage principal et spécifique au système Encode®, permettant de préserver les tissus parodontaux péri-implantaires, de réduire la fonte osseuse et de limiter les manipulations de matériaux, est donc éliminée ; et dans cette situation, l'utilisation du système perdrait de son intérêt.

2.3.1.1.4 Géométrie de la vis

Contrairement à la plupart des vis de cicatrisation des systèmes standards formées d'une seule et unique partie, la vis de cicatrisation Encode® est composée de deux éléments comprenant la vis interne de transfixation et le pilier de cicatrisation transmuqueux. Ce dernier a la particularité de contenir une connexion hexagonale (interne ou externe) s'engageant dans la connectique de l'implant (Fig. 100 et 101). Cette particularité d'adaptation peut rendre sa mise en place moins aisée et rend la radiographie rétro-alvéolaire de contrôle obligatoire.

Figure 100: Exemples de vis de cicatrisation Encode® BellaTek™ composées de 2 parties distinctes, à connexion hexagonale externe et interne (de gauche à droite respectivement). (Société ZimmerBiomet)

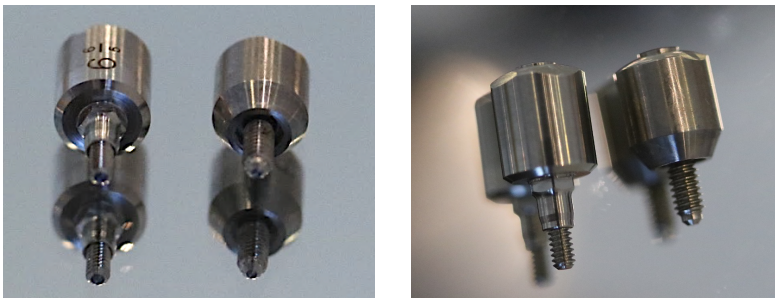


Figure 101: Vis de cicatrisation Encode® BellaTek™ à connexion hexagonale interne (vis de gauche), et à connexion hexagonale externe (vis de droite). (Docteur Messica, Ermont)

2.3.1.1.5 Hauteur de la vis

La hauteur imposée des vis de cicatrisation Encode®, devant dépasser d'au moins 1 mm au-dessus de la gencive, sans inclure la partie occlusale arrondie, engendre des difficultés esthétiques surtout dans les secteurs non postérieurs. L'anatomie gingivale n'étant pas régulière, des vis de hauteur importante peuvent être utilisées afin d'avoir la hauteur supra-gingivale adéquate sur toute leur circonférence (Fig. 102).

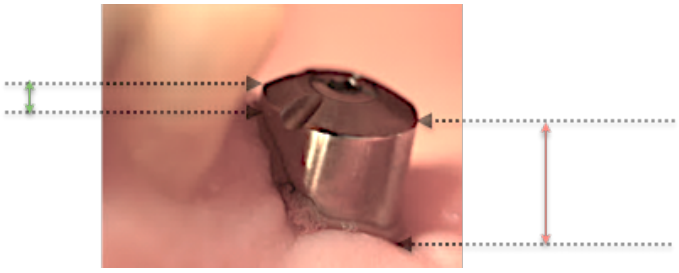


Figure 102 : Hauteur nécessaire pour exposer en mésial (flèche verte) tous les codes occlusaux de la vis de cicatrisation Encode® (Dr Messica, Ermont)

De plus, cette visibilité est plus ou moins accentuée selon le cas implantaire. En effet, plus l'angulation de l'implant est importante, plus la hauteur de la vis de cicatrisation Encode® devra être importante, afin de découvrir la totalité de ses codes sur toute sa circonférence. Si un implant est angulé distalement (Fig.103), la vis de cicatrisation suivra le grand axe de l'implant, et sa hauteur supra-gingivale sera beaucoup plus importante en mésial afin de dépasser de la gencive au niveau de sa face distale, rendant la vis encore plus inesthétique pour le patient.

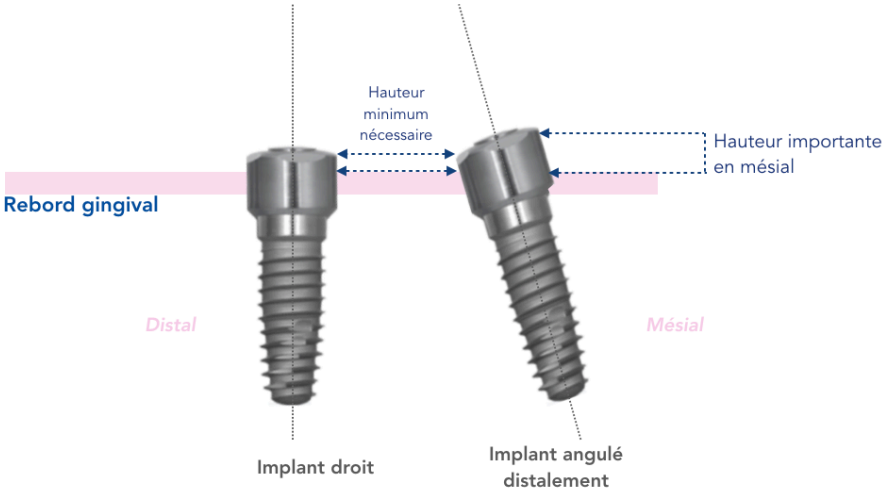


Figure 103: Augmentation inesthétique de la hauteur de la vis de cicatrisation Encode® lors d'angulation importante de l'implant.

2.3.1.2 Phase prothétique

2.3.1.2.1 Contrôle de l'ostéointégration

Avant la prise d'empreinte implantaire et le lancement de l'élaboration des suprastructures, la stabilité de l'implant posé doit être mesurée afin d'en déduire sa bonne ostéointégration. Pour cela, des tests cliniques et radiologiques simples sont à effectuer par le praticien. Un contrôle radiologique doit révéler l'absence de zones radioclaires autour de l'implant, tandis qu'un contrôle manuel doit attester de l'immobilité totale de l'implant. Un test sonore de percussion, effectué directement au niveau de l'implant est essentiel. Il révèle un son clair lorsque l'implant est « ankylosé » et un son mat lorsqu'il n'est plus ostéointégré *(Champetier et Moll 2016).*

Mais la réalisation de ce dernier est rendue impossible dans un protocole Encode®. La vis de cicatrisation Encode® BellaTek™ n'étant pas dévissée lors de l'empreinte, le praticien n'a accès au col implantaire qu'à la pose définitive des suprastructures, ce qui l'empêche de disposer de ces contrôles sonores et tactiles assurant l'ostéointégration de l'implant.

2.3.1.2.2 Temps de laboratoire

Hormis les gains de temps obtenus par l'utilisation des procédés « tout numérique » (empreinte optique, envoi de données numérisées, modèles SLA), la prise d'empreinte traditionnelle sur les vis Encode® allonge le temps de réception des éléments supra-implantaires, par rapport à un système implantaire classique. L'envoi du modèle en plâtre en Espagne, l'élaboration du maître modèle par Robocast®, la CFAO du pilier sur mesure Encode® et le renvoi des éléments au laboratoire de prothèse augmentent sensiblement les délais globaux nécessaires à la livraison des éléments définitifs.

En effet, il faut compter environ 9-10 jours entre l'envoi du modèle en plâtre au centre de production et la réception du pilier Encode® au laboratoire de prothèse, face à 4-5 jours lorsque le pilier est fabriqué au laboratoire par le prothésiste lui-même pour un système standard *(Société ZimmerBiomet)*. A cela s'additionne le temps de conception de la couronne définitive par le prothésiste, prolongeant le temps de réception des éléments définitifs au cabinet (12-14 jours environ au total) (Fig.104).

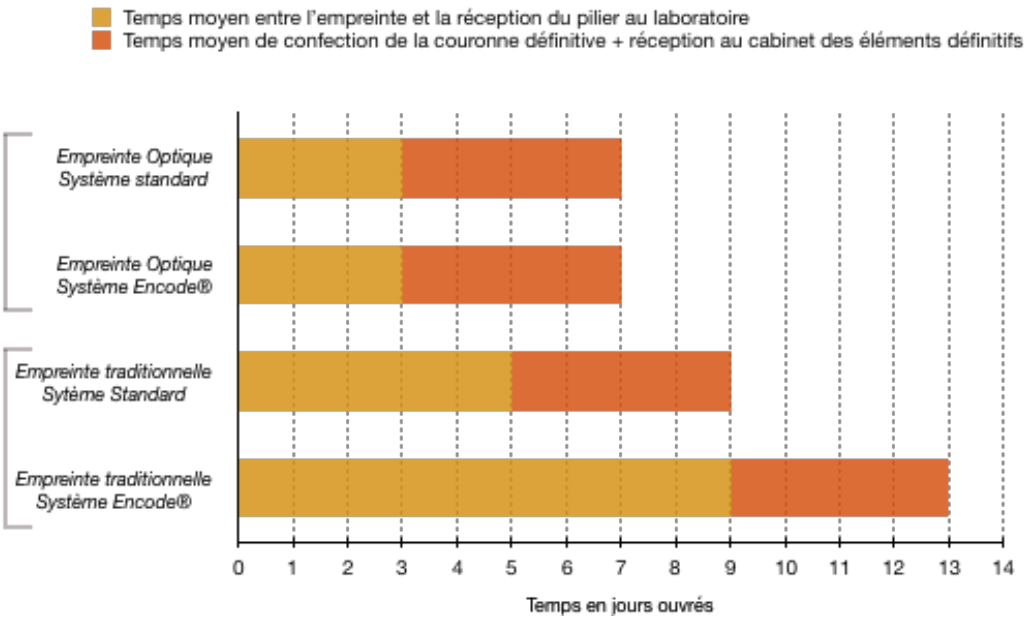


Figure 104: Diagramme des différents temps moyens de réception des éléments supra-implantaires, selon le type d'empreinte effectuée et selon le système utilisé (en jours ouvrés). (Données ZimmerBiomet)

2.3.1.2.3 Choix d'une technique prothétique

La technologie Encode® permet uniquement la réalisation de prothèse supra-implantaire scellée. La couronne définitive repose et est scellée sur le pilier Encode® anatomique transgingival transvissé à l'implant. Selon le fabricant, la mise en place de prothèses définitives transvissées est donc impossible et incompatible avec ce système.

Même s'il n'existe pas de preuve scientifique permettant de démontrer qu'une technique prothétique apporte un taux de survie implantaire supérieur par rapport à l'autre *(Mainjot 2015)*, la technologie Encode® prive les praticiens des avantages que peuvent leur apporter la prothèse transvissée, et les oblige à changer de système de restauration supra-implantaire quand le cas clinique contre-indique la mise en place d'une prothèse scellée (Fig.105). Ceci est le cas notamment pour les patients bruxomanes (anticipation des nombreuses réinterventions possibles), ou lorsque l'espace prothétique disponible (espace col implantaire – plan d'occlusion antagoniste) est réduit. En effet, le manque de hauteur ne permet pas la réalisation d'un pilier implantaire suffisamment haut pour obtenir une rétention suffisante de la future couronne *(Papazian et Morgano 1998)*. Dans ces situations cliniques, une prothèse supra-implantaire transvissée semble être la seule réhabilitation prothétique adaptée, non réalisable par les protocoles Encode®.

	VISSEE	SCELLEE
AVANTAGES	- Accès facile - Démontage facilité (patient jeune, bruxomane) - Facteur force limité sur la table occlusale - Hauteur prothétique < 5mm - Pas de ciment	- Accès limité - La table occlusale peut être modifiée, la morphologie occlusale est préservée. - Pas nécessaire de revisser régulièrement les composants implantaires
INCONVENIENTS	- Compromis esthétique - Nécessité de revisser régulièrement les composants implantaires	- Hauteur prothétique > 7mm - Excès de ciment - Démontage difficile - Descellement possible

Figure 105 : Tableau des avantages et inconvénients généraux de la prothèse scellée versus vissée. (d'après (Mainjot 2015))

2.3.1.2.4 Prothèse provisoire

Dans un protocole de prothèse supra-implantaire classique, la pose d'une prothèse transitoire sur pilier provisoire transvissé peut être envisagée en fonction du cas clinique. Elle joue un rôle primordial pour la cicatrisation et le conditionnement des tissus gingivaux péri-implantaires. Elle permet le modelage dynamique de l'espace transgingival afin d'optimiser le résultat esthétique des tissus muco-gingivaux autour de la prothèse supra-implantaire et d'établir un profil d'émergence parfait *(Mainjot 2015)*. De plus, la bonne localisation du point de contact de la prothèse provisoire avec les dents adjacentes permet le maintien et le développement des papilles inter-dentaires pendant la phase d'ostéointégration *(JEMT 1997)*, permettant un résultat esthétique optimal.
Classiquement, après le dévissage de la vis de cicatrisation, un pilier provisoire est vissé à l'implant et va être connecté à la prothèse provisoire. En fonction de la cicatrisation des tissus mous péri-implantaires, la prothèse provisoire peut être modifiée et réajustée en cours de traitement afin de modeler au mieux les tissus mous et le profil d'émergence de la future prothèse et d'obtenir un résultat esthétique idéal *(Duffort 2011)*.

Par le protocole qu'impose la technologie Encode®, la mise en place d'une telle prothèse provisoire supra-implantaire liée à l'implant n'est pas réalisable, du fait de l'absence de dévissage de la vis ronde de cicatrisation Encode®BellaTek™. Le profil d'émergence se sculpte directement grâce à cette vis de cicatrisation qui ne peut être changée ni modifiée en cours de traitement. Il implique en amont une analyse minutieuse de la zone clinique, pouvant s'avérer parfois complexe, afin de choisir la vis la plus appropriée qui permettra d'avoir le résultat esthétique attendu. Nous pouvons ainsi nous demander si la prédictibilité du résultat esthétique et fonctionnel du traitement rend nécessaire la mise en place d'une prothèse provisoire supra-implantaire, mise en place qui est impossible avec le système Encode®.

Les tissus mous n'étant pas mis en forme lors de la phase d'ostéointégration, l'insertion de la prothèse définitive peut s'avérer parfois douloureuse et compressive (Fig. 106), et nécessiter une anesthésie locale *(Leize-Zal et al. 2016)*.

Figure 106 : Mise en place d'une couronne en position de 22 par le concept Encode®, noter le blanchiment des tissus mous par compression. (Leize-Zal et al. 2016)

Cependant, le protocole Encode® n'écarte pas la possibilité de mise en place d'autres types de temporisations essentielles en zones esthétiques, telles que, notamment, les prothèses provisoires fixes collées aux dents adjacentes ou les prothèses provisoires adjointes. Mais la pose de ce type de provisoires dans le cadre du système Encode® a ses limites. En effet, la hauteur supra-gingivale de la vis de cicatrisation Encode® devant être conséquente afin d'exposer ses codes, la mise en place de prothèse provisoire, sans compression ni contact avec la vis, apporte au patient un résultat esthétique réduit.

2.3.2 Inconvénients : phase de laboratoire

2.3.2.1 Technologie Robocast®

2.3.2.1.1 Absence de fausse gencive

Lors de protocoles supra-implantaires standards, le maître modèle est coulé avec la mise en place d'une fausse gencive, le plus souvent en silicone, qui va permettre de retranscrire avec précision la hauteur transgingivale, le profil d'émergence et l'architecture des tissus mous péri-implantaires. Par sa propriété amovible, elle est d'une aide précieuse pour le prothésiste lors de la confection des suprastructures implantaires. Elle permet un accès direct à l'analogue d'implant, et on peut ajuster avec précision les éléments prothétiques en respectant l'architecture clinique.

Concernant le protocole Encode®, rappelons que le forage Robocast® ne peut se faire que dans le plâtre, ce qui interdit la mise en place d'une fausse gencive au moment de la coulée de l'empreinte. Un modèle tout en plâtre reproduisant fidèlement les tissus mous péri-implantaires doit être envoyé au centre de production ZimmerBiomet.

Le prothésiste de laboratoire reçoit le modèle Robocast® avec le pilier sur mesure Encode® transvissé à l'analogue. Il devra confectionner la couronne définitive sur ce modèle tout en plâtre, où le profil d'émergence a été foré et où l'anatomie gingivale n'est plus précise (Fig.107). Même si le profil d'émergence est donné par le pilier CFAO fabriqué sur mesure, cela peut être perturbant et inconfortable pour le prothésiste, et générer des imprécisions plus ou moins minimes dans la réalisation de la couronne supra-implantaire.

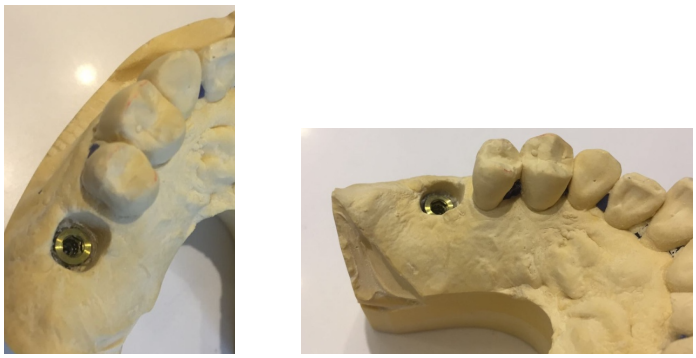


Figure 107: Modèle tout en plâtre, en vue occlusale et latérale, dont le profil d'émergence a été foré par Robocast®, sur lequel la prothésiste confectionnera la prothèse définitive (Docteur Messica, Ermont)

2.3.2.1.2 Limite du forage

Le forage des modèles peut lui-même engendrer des fractures du plâtre, effaçant partiellement les informations sur l'architecture gingivale péri-implantaire. Cela peut arriver d'autant plus souvent que les pans vestibulaires sont minces, que les crêtes où sont positionnées les implants sont étroites, ou que la gencive péri-implantaire au niveau de la vis de cicatrisation est fine. L'anatomie gingivale n'étant plus fidèle à la réalité clinique, le prothésiste pourra rencontrer des difficultés lors de la confection de la prothèse définitive (Fig.108).

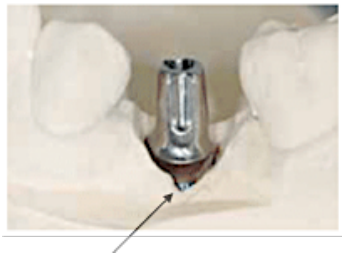


Figure 108 : Fracture vestibulaire après forage constatée sur un modèle Robocast® (Leize-Zal et al. 2016)

2.3.2.1.3 Précision de la position de l'analogue d'implant

Le transfert précis de la position tridimensionnelle de l'analogue d'implant au sein du maître modèle est une étape cruciale afin d'obtenir l'adaptation parfaite de la future prothèse supra-implantaire, son insertion passive, et son succès au long terme. La précision de la technique d'empreinte et du positionnement de l'analogue vont ainsi déterminer le niveau de précision du résultat prothétique final. En effet, un positionnement imprécis de l'analogue d'implant est l'une des nombreuses causes d'apparition de complications biologiques et mécaniques, pouvant mener à l'échec du traitement implantaire *(Al-Abdullah et al. 2013)*.

Après les premiers essors du système Encode®, de nombreux auteurs ont tenté d'analyser la justesse du protocole en examinant plus précisément les résultats qu'apportaient la technologie Robocast® dans la mise en place de l'analogue d'implant. Quatre études majeures ont été retenues dans le cadre de ce travail. Chacune d'elles met en opposition les résultats Robocast® avec ceux de systèmes traditionnels, et toutes révèlent, de façons plus ou moins différentes, l'existence de plus grandes imprécisions associées au protocole Encode® *(Eliasson et Ortorp 2012)(Al-Abdullah et al. 2013)(Ng et al. 2014)(Howell et al. 2013)(Howell 2011)*. Les études retenues dans le cadre de ce travail de thèse sont les suivantes.

En 2012, *Eliasson et Örtorp* ont analysé la précision tridimensionnelle des analogues d'implants placés au sein de maîtres modèles, en comparant d'une part les modèles issus d'empreintes de vis Encode® BellaTek™ avec une mise en place des analogues utilisant la technologie Robocast®, et d'autre part les maîtres modèles issus de techniques traditionnelles avec une mise en place manuelle des analogues *(Eliasson et Ortorp 2012)*. Pour cette étude un modèle acrylique a été fabriqué et séparé en 2 groupes de 3 implants Biomet3i à connexion hexagonale externe. Du côté droit, « test », ont été placés 3 implants sur lesquels ont été vissées des vis de cicatrisation Encode® BellaTek™, tandis que du côté gauche de l'arcade, côté « contrôle », des transferts d'empreinte conventionnels « pick-up » ont été mis en place sur les 3 implants (Fig.109).

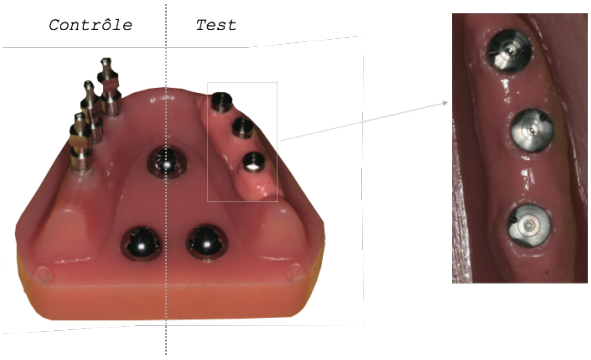


Figure 109 : Modèle acrylique contenant les transferts d'empreintes conventionnels à gauche (« contrôle ») et les vis de cicatrisation Encode® à droite (« test ») entourées par du silicone simulant les tissus péri-implantaires. (Eliasson et Ortorp 2012)

Quinze empreintes successives ont été réalisées sur le modèle acrylique à l'aide de silicone de type vinylpolysiloxane et de portes-empreintes ouverts côtés gauches (contrôle) et fermés côtés droits (test). A chaque empreinte de nouvelles vis Encode® et de nouveaux transferts sont vissés. Du côté gauche, les analogues d'implants sont positionnés à la main dans les empreintes par un opérateur expérimenté, avant leur coulée respective au plâtre (GC Fujirock®). Les 15 modèles obtenus sont alors envoyés au centre d'usinage Biomet3i pour leur scannage extra-oral et le forage par la technologie Robocast® des côtés droits (test). Les analogues d'implants des cotés « test » sont mis en place par le bras robotisé dans les trous de forage correspondants.

Vont être mesurées à l'aide d'un laser haute-précision : la position du centre de l'analogue par rapport aux trois axes orthogonaux *x, y,* et *z*, l'inclinaison et la position de l'hexagone externe de chaque analogue d'implant (Fig.110). Les mesures tridimensionnelles obtenues seront mises en relation avec les mesures de référence effectuées sur le modèle acrylique initial.

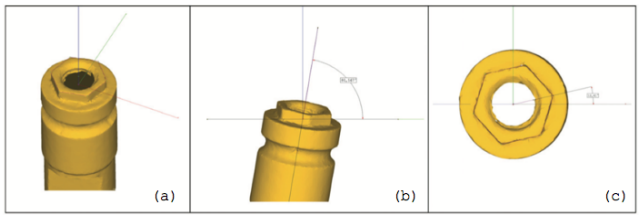


Figure 110: Représentation des différentes mesures effectuées : position du centre de l'analogue d'implant selon les axes x, y, z (a) ; angulation de l'analogue (b) ; position/rotation de la connectique (c).

Tous les résultats des mesures effectuées démontrent des déplacements du point central de l'analogue d'implant par rapport aux mesures du modèle initial, mais à des degrés différents selon la technique utilisée. Les déplacements moyens de la position du point central des analogues pour le côté «test » et le côté « contrôle » sont respectivement de : 37,4 µm versus 18,5 µm pour l'axe *x* ; 47,3 µm

versus 13,9 µm pour l'axe *y* ; et 35,0 µm versus 15,1 µm pour l'axe *z* (Fig.111).

Les variations moyennes d'angulation des analogues et les mesures de la position de la connectique du côté « test » (Encode®) présentent également un plus grand écart par rapport au modèle initial, vis-à-vis du côté « contrôle ».

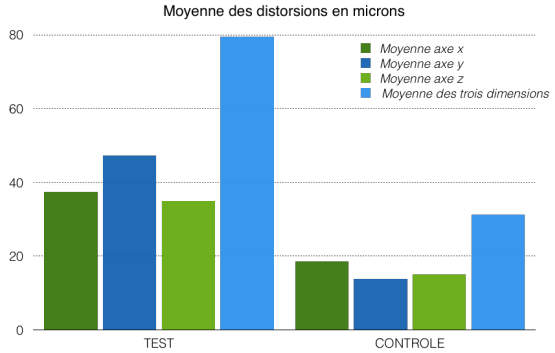


Figure 111: Distorsions moyennes en microns dans tous les axes de l'espace du coté « test » et du coté « contrôle »

Les résultats de cette étude indiquent donc que l'empreinte des vis Encode®, couplée à la technologie Robocast®, fournit des maîtres modèles contenant des distorsions non négligeables par rapport à la situation de base. De plus, la position tridimensionnelle des analogues d'implants des maîtres modèles Robocast® présente de plus hauts degrés de déplacement que ceux placés avec une technique conventionnelle. Bien que ces distorsions soient considérées comme faibles par les auteurs, ils en concluent que le système Robocast® reste moins précis qu'une technique conventionnelle.

Mais les causes précises de ces différences n'ont pas été recherchées dans cette étude, et restent inconnues. De plus, selon les auteurs, il n'existe encore aucune preuve que les déplacements enregistrés, même importants (35 µm en déplacement vertical), puissent nuire et avoir un impact sur le pronostic clinique des implants et des prothèses. Ce protocole resterait précis uniquement pour des restaurations unitaires ou de très faible étendue (2 à 3 piliers implantaires maximum).

_____

Un an plus tard, en 2013, *Khaled Al-Abdullah et coll.* ont également analysé la précision des maîtres modèles fabriqués avec Robocast®, comprenant des implants divergents pour des restaurations plurales de 3 éléments, en les comparant avec ceux fabriqués à l'aide de technique d'empreinte supra-implantaire traditionnelle *(Al-Abdullah et al. 2013)*.

Les mesures ont porté uniquement sur le décalage vertical (axe z) des analogues d'implants par rapport au modèle de référence. Ce modèle époxy a été fabriqué avec des implants Biomet3i à connexion hexagonale interne et non parallèles : dans le secteur droit, deux implants sont mis en place avec une

divergence de 10° ; dans le secteur gauche, deux implants sont également placés mais avec une divergence de 30° (Fig.112).

Figure 112: Modèle époxy de référence

Pour aider à évaluer la précision des futurs maîtres modèles, une suprastructure en titane est fabriquée et insérée passivement sur chaque paire d'implants du modèle époxy (Fig.113) : les mesures effectuées analyseront le décalage vertical entre les analogues d'implants mis en place dans les maîtres modèles et les barres titane confectionnées sur le modèle de référence.

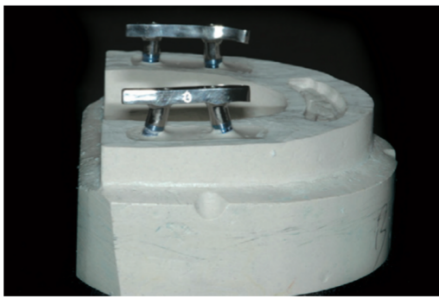


Figure 113: Barres titane transvissées aux implants

Trente-six porte-empreintes sur mesure sont fabriqués :

- 9 à ciel ouvert pour effectuer les empreintes traditionnelles qui constitueront le groupe « témoin » (SC/OT)
- 27 pour les empreintes des vis de cicatrisation Encode® :
  - 9 pour des vis Encode® de 3mm de hauteur, 1mm en supra-gingival : groupe « test » E1
  - 9 pour des vis Encode® de 4mm de hauteur, 2mm en supra-gingival : groupe « test » E2
  - 9 pour des vis Encode® de 6mm de hauteur, 4mm en supra-gingival : groupe « test » E4

Les 27 modèles des groupes « test » (Encode®) sont envoyés au centre de production Biomet3i pour leur scannage extra-oral et le forage par la technologie Robocast®. Les 36 maîtres modèles définitifs obtenus vont être analysés, et la position des analogues d'implants va être mesurée à l'aide des barres titane de référence et d'un comparateur optique. Afin d'avoir une reproductibilité des résultats, toutes

les mesures sont réalisées par un seul et même opérateur, et les mesures de chaque point sont répétées 10 fois pour chaque modèle de chaque groupe.

Groupes \ Angulation et position	Analogue d'implant antérieur *Divergence de 10°*	Analogue d'implant antérieur *Divergence de 30°*	Analogue d'implant postérieur *Divergence de 10°*	Analogue d'implant postérieur *Divergence de 30°*
E1	226,33	162,83	48,17	110,17
E2	205,17	86,33	92,50	67,00
E4	228,33	211,67	157,67	175,33
SC/OT	13,83	18,33	24,83	20,50

Valeurs les plus élevées pour chaque groupe d'analogue implant

Figure 114 : Tableau des résultats des mesures des différences verticales en micromètres (µm) des analogues d'implants pour les quatre groupes, selon chaque position et angulation.

Les résultats de l'étude montrent (Fig.114) :

- des différences significatives entre les mesures verticales de l'interface barre titane/maître modèle définitif fabriqué avec ou sans Robocast® ;
- l'écart moyen vertical mesuré sur les groupes « test » (Encode®) s'avère être plus important que celui mesuré sur les modèles du groupe « témoin » pour toutes les combinaisons de position et d'angulation d'implants, par rapport aux données du modèle de référence ;
- la précision des maîtres modèles Robocast® ne serait influencée ni par l'angulation, ni par la position de l'implant, ni par la hauteur de la vis de cicatrisation Encode® enregistrée.

Ainsi, les auteurs concluent que les maîtres modèles fabriqués avec l'empreinte des vis de cicatrisation Encode® et la technologie Robocast® s'avèrent être moins précis que les modèles réalisés par des techniques conventionnelles d'empreinte supra-implantaire.

Mais l'angulation importante des implants analysés dans cette étude implique la mise en place de vis de cicatrisation Encode® très hautes au niveau supra-gingival afin que tous les codes soient découverts sur tout leur périphérie. Plus l'implant est angulé, plus la hauteur de la vis devra être importante du côté de l'angulation afin d'être totalement supra-gingivale. *Al-Abdullah* démontre que certaines empreintes de l'étude manquent déjà de précision du fait d'un manque de hauteur des vis, qui n'exposent pas entièrement les codes lors d'angulations importantes.

_____

Howell et coll. cherchent également en 2013 à comparer la précision des maîtres modèles fabriqués avec Robocast® et celle des maîtres modèles fabriqués avec des techniques d'empreinte conventionnelle à ciel ouvert et fermé *(Howell et al. 2013)*. Un modèle stéréolithographique mandibulaire a été fabriqué avec 2 implants postérieurs parallèles (P) d'un côté et 2 implants divergents (NP) de l'autre. Des empreintes successives sont réalisées : avec des vis de cicatrisation Encode® d'une part, et avec des transferts d'empreinte pour empreinte à ciel ouvert et à ciel fermé d'autre part. (Fig. 115)

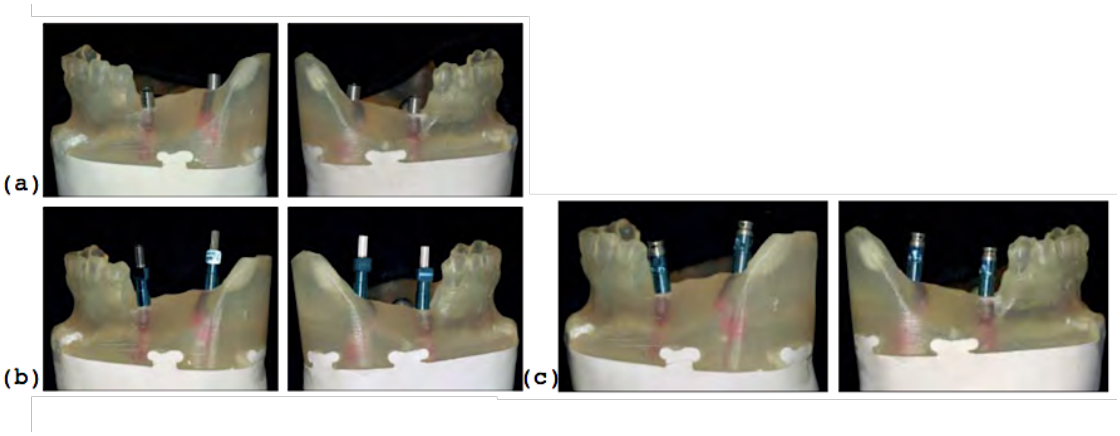


Figure 115: Modèle de référence avec les vis de cicatrisation Encode®(a), les transferts d'empreinte à ciel ouvert (b), et les transferts d'empreinte à ciel fermé (c) mis en place.

Les résultats de l'étude montrent que (Fig.116) :

- Les maîtres modèles Encode® sont moins précis que les modèles réalisés avec une empreinte à ciel ouvert pour le groupe des implants non parallèles (NP). Il n'y a pas de différence notée entre Encode® et l'empreinte à ciel fermé pour les NP.
- Les maîtres modèles Encode® sont moins précis que les modèles réalisés avec une empreinte à ciel ouvert et fermé pour le groupe des implants parallèles (P).
- Les maîtres modèles Encode® du groupe d'implants (P) sont plus précis que ceux Encode® du groupe des implants (NP).

Model/scan no.	L2PM	L2M	R2PM	R2M
Closed 1	0.0232	0.0201	0.0293	0.0246
Closed 2	0.1837	0.0220	0.0155	0.0660
Closed 3	0.0069	0.0310	0.0318	0.0727
Closed 4	0.0509	0.0998	0.0236	0.0157
Encode 1	0.1954	0.1638	0.1356	0.0361
Encode 2	0.0999	0.0701	0.2415	0.0189
Encode 3	0.0349	0.1812	0.1029	0.0765
Encode 4	0.1767	0.0609	0.0451	0.0353
Open 1	0.0208	0.0602	0.0159	0.0259
Open 2	0.0032	0.0100	0.0024	0.0061
Open 3	0.1098	0.0068	0.0618	0.0057
Open 4	0.1619	0.0243	0.0088	0.0277
Master	–	–	–	–

L = left; R = right; 2PM = second premolar; 2M = second molar.

- *Valeurs les plus élevées pour chaque implant*

	Closed		Encode		Open	
	Mean difference (mm)	SD	Mean difference (mm)	SD	Mean difference (mm)	SD
Nonparallel	$0.0547^{A,B,a}$	0.0595	$0.1229^{A,a}$	0.0634	$0.0496^{B,a}$	0.0578
Parallel	$0.0349^{A,a}$	0.0221	$0.0865^{B,b}$	0.0739	$0.0193^{A,a}$	0.0196

SD = standard deviation.
Means in the same row with the same uppercase letter are not significantly different; means in columns with the same lowercase letter are not significantly different.

-

Figure 116: Tableaux des résultats des écarts entre les mesures effectuées sur les maîtres modèles et celles sur le modèle de référence, en fonction des différents implants.

Dans le cadre de cette étude, le protocole de mise en place des analogues d'implants à l'aide de la technologie Robocast® s'avère être le moins précis des trois groupes testés.

_____

Comme les études menées antérieurement, celle réalisée par *Ng et coll.* en 2014 cherche à analyser la précision tridimensionnelle du transfert de la position d'implants au sein de modèles Robocast® (EN pour Encode), en les comparant avec ceux réalisés à l'aide d'empreintes supra-implantaires classiques à ciel ouvert (DI pour empreinte directe) *(Ng et al. 2014)*. Deux variables indépendantes sont étudiées : la technique d'impression et l'angulation des implants à enregistrer.

Sept modèles polyméthacrylates simulant une section d'arc mandibulaire ont été réalisés (Fig.117). Dans chacun ont été placés deux implants parallèles ou divergents (dans le sens médio-distal ou vestibulo-lingual) de 10°, 20° et 30°, en position de la première prémolaire et première molaire droites. Sur chacun de ces sept modèles ont été placées successivement des vis de cicatrisation Encode®, puis des transferts d'empreinte pour empreinte « pick-up ». Cinq empreintes au vinylpolysiloxane ont été réalisées sur chaque modèle de référence afin de créer 70 maîtres modèles à analyser et à comparer. Toutes vont être coulées au plâtre et les 35 modèles Encode® obtenus (Fig.117) sont envoyés au centre de production Biomet3i pour le forage Robocast® des analogues d'implants.

A l'aide d'une machine à mesurer tridimensionnelle, les valeurs de distorsion ont été mesurées en calculant les différences entre les valeurs des coordonnées des sept modèles de référence et des maîtres modèles obtenus. Trois distorsions linéaires (distorsion x, distorsion y, distorsion z) et deux distorsions angulaires (distorsion angulaire xz et distorsion angulaire yz) ont été calculées (Fig.117). La distorsion linéaire globale (R), qui combine les trois distorsions de coordonnées x, y et z, a été également calculée.

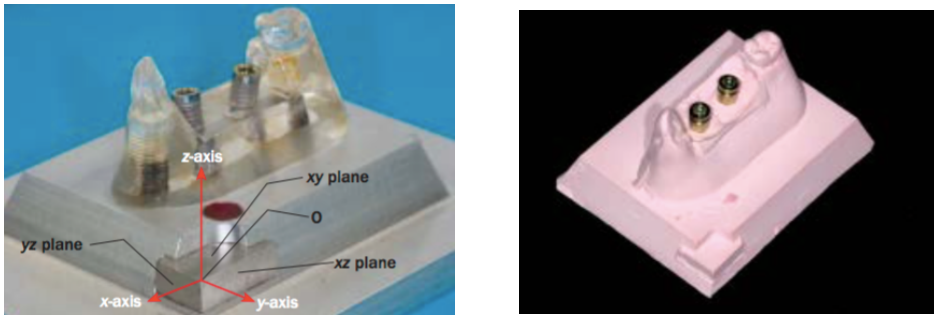


Figure 117: Modèle de référence polyméthacrylate à gauche, avec les différents axes de mesures. Maître modèle en plâtre obtenu après les empreintes à droite.

Les résultats des différentes mesures réalisées mettent en évidence que :

- La technique d'impression a eu des effets significatifs sur la distorsion *y* et la distorsion R, ainsi que sur les *xz* et *yz* ;
- L'angulation entre les implants a eu une incidence significative sur les distorsions *x* et *y* ;
- Cependant, ni la technique d'impression ni l'angulation n'ont eu une incidence significative sur la distorsion *z* ;
- Les valeurs de distorsions *x* et *y* les plus importantes ont été observées pour les modèles EN ;
- Les groupes EN obtiennent des valeurs négatives et positives de distorsion beaucoup plus importantes que tous les groupes test DI ;
- La plus grande distorsion R, ainsi que les distorsions absolues xz et yz, sont dans le groupe EN, et sont nettement plus grandes que celles du groupe DI ;
- Cependant, il ne semblerait pas y avoir de corrélation entre l'angulation des implants et l'ampleur des distorsions mesurée pour les deux techniques d'impression : de grandes valeurs de distorsion linéaire et angulaire ont été enregistrées pour les groupes de test EN avec des angulations petites et grandes.

Les résultats des distorsions linéaires et angulaires sont regroupés sur les figures 118 et 119.

Test group (n = 5)	x distortion (mm)	y distortion (mm)	z distortion (mm)	R distortion (mm)	Absolute xz angular distortion (deg)	Absolute yz angular distortion (deg)
EN0	−0.032 (± 0.023)	0.051 (± 0.020)	−0.001 (± 0.004)	0.082 (± 0.014)	0.304 (± 0.189)	0.290 (± 0.084)
ENMD10	0.010 (± 0.020)	0.056 (± 0.017)	−0.007 (± 0.012)	0.076 (± 0.015)	0.571 (± 0.361)	0.705 (± 0.296)
ENMD20	−0.031 (± 0.015)	0.040 (± 0.024)	−0.013 (± 0.027)	0.075 (± 0.028)	1.025 (± 0.359)	0.656 (± 0.143)
ENMD30	−0.051 (± 0.018)	0.073 (± 0.017)	0.004 (± 0.018)	0.099 (± 0.021)	0.690 (± 0.174)	0.652 (± 0.224)
ENBL10	−0.030 (± 0.014)	0.030 (± 0.022)	0.010 (± 0.007)	0.066 (± 0.012)	0.890 (± 0.271)	0.803 (± 0.240)
ENBL20	0.030 (± 0.024)	0.021 (± 0.005)	0.013 (± 0.023)	0.065 (± 0.022)	1.190 (± 0.197)	0.993 (± 0.332)
ENBL30	0.058 (± 0.012)	−0.073 (± 0.026)	0.006 (± 0.016)	0.107 (± 0.021)	0.640 (± 0.217)	0.550 (± 0.138)
DI0	0.002 (± 0.005)	0.002 (± 0.005)	−0.002 (± 0.003)	0.015 (± 0.003)	0.051 (± 0.012)	0.072 (± 0.022)
DIMD10	0.010 (± 0.004)	0.001 (± 0.005)	−0.001 (± 0.004)	0.017 (± 0.004)	0.050 (± 0.024)	0.046 (± 0.013)
DIMD20	−0.002 (± 0.002)	0.008 (± 0.003)	0.000 (± 0.003)	0.013 (± 0.001)	0.118 (± 0.019)	0.133 (± 0.033)
DIMD30	0.000 (± 0.003)	0.000 (± 0.006)	−0.008 (± 0.002)	0.016 (± 0.001)	0.057 (± 0.009)	0.067 (± 0.034)
DIBL10	−0.008 (± 0.005)	−0.003 (± 0.005)	−0.007 (± 0.005)	0.019 (± 0.002)	0.059 (± 0.016)	0.109 (± 0.016)
DIBL20	0.001 (± 0.004)	0.008 (± 0.005)	−0.004 (± 0.003)	0.016 (± 0.004)	0.164 (± 0.047)	0.076 (± 0.028)
DIBL30	−0.001 (± 0.004)	−0.002 (± 0.005)	−0.010 (± 0.006)	0.020 (± 0.002)	0.120 (± 0.028)	0.063 (± 0.040)

Valeurs les plus élevées pour chaque distorsion

Figure 118 : Tableau des résultats des distorsions moyennes mesurées entre les modèles EN de référence/maîtres modèles EN et les modèles DI de référence/maître modèles DI, selon l'axe x, y, z, distorsion globale (R), distorsions angulaires xz et yz. Les valeurs négatives indiquent une diminution de la distance ou de l'angle.

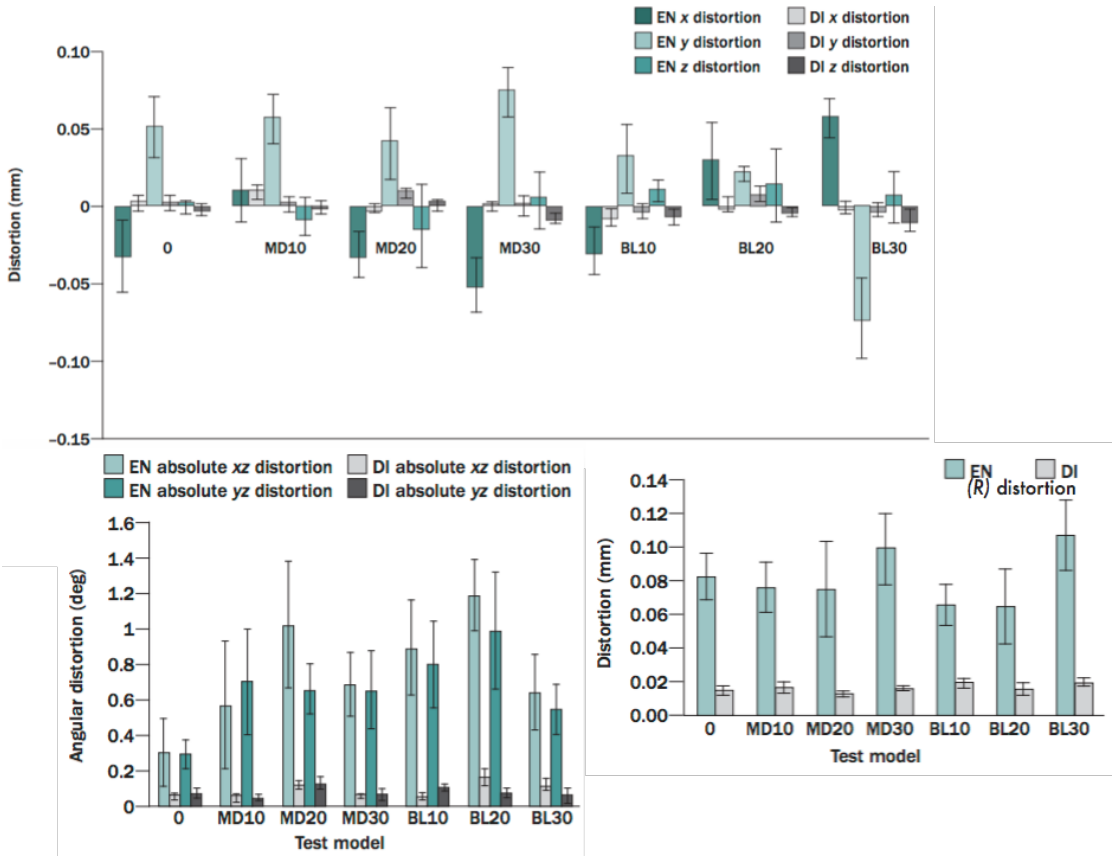


Figure 119: Moyennes schématisées des distorsions x, y, z, (R), yz, xz, pour les groupes EN et DI.

Sur la base des résultats de cette étude, la technique d'impression Encode® (EN) a produit des modèles qui obtiennent des distorsions significativement plus importantes que la technique d'empreinte traditionnelle à ciel ouvert (DI).

Dans le cadre de cette étude, les résultats de la distorsion R moyenne trouvée ont été de 65 à 107 µm pour EN et de 13 à 20 µm pour DI. Elles se comparent bien aux distorsions linéaires moyennes de 79,5 µm pour EN et 31,2 µm pour DI déclarées par *Eliasson et Ortorp*.

Howell et al. ont également relevé une distorsion linéaire moyenne de 35 à 242 µm pour EN et de 2,4 à 161,9 µm pour DI. Cependant, les mesures de l'étude de *Howell et al.* ont été effectuées au niveau occlusal, tandis que la présente étude a mesuré la distorsion à la plate-forme de l'implant, ce qui pourrait mieux refléter le scénario clinique actuel.

_____

Auteurs (Année de l'étude)	Etude	Empreintes (nombre)	Méthode	Nombre d'implants et Position	Nombre d'analogues d'implants mesurés	Mesures	Résultats
Eliasson et Ortorp (2011)	in vitro	- à ciel ouvert - Encode® (15, avec portes empreintes ouverts à gauche et fermés à droite)	1 modèle Groupe 1 : 3 implants placés du côté droit du modèle de référence, sur lesquels sont vissés 3 vis Encode®. Groupe 2 : 3 implants placés du côté gauche du modèle + 3 transferts pick-up.	- 6 implants Biomet3i à connexion hexagonale externe - Parallèles	- 45 placés traditionnel-lement avec l'empreinte à ciel ouvert. - 45 placés avec Robocast®	3D Position du point central de l'analogue selon les axes x,y,z + position et orientation de l'hexagone	Encode® moins précis
Al-Abdullah et al. (2013)	in vitro	- à ciel ouvert (9) - Encode® (27)	1 modèle Groupe 1 : Groupe « témoin » SC/OT, mise en place de transferts pick-up sur les 4 implants du modèle Groupe 2 : Groupe « test » Encode®, mise en place de vis de cicatrisation Encode® de 3 hauteurs différentes + 9 empreintes/catégorie de vis	- 4 implants Biomet3i à connexion hexagonale interne - Non parallèles - à droite : 2 implants divergents de 10° - à gauche : 2 implants divergents de 30°	- 35 à ciel ouvert - 108 avec Robocast®	Décalage vertical (axe z)	Encode® moins précis
Howell et al. (2013)	in vitro	- à ciel ouvert (4) - à ciel fermé (4) - Encode® (4)	1 modèle Groupe 1 : mise en place des vis Encode® Groupe 2 : mise en place transferts pour empreintes à ciel ouvert Groupe 3 : mise en place transferts pour empreintes à ciel fermé	- 4 implants Biomet3i à connexion hexagonale interne - 2 divergents - 2 parallèles	- 16 à ciel ouvert - 16 à ciel fermé - 16 avec Robocast®	Position du point central de la sphère au niveau occlusal	Encode® moins précis
Ng et al. (2014)	in vitro	- à ciel ouvert (35) - Encode® (35)	7 modèles Groupe 1 : groupe DI à ciel ouvert, mise en place de transferts à ciel ouvert sur les 2 implants des 7 modèles Groupe 2 : groupe EN, Encode®, mise en place vis de cicatrisation Encode® sur les 2 implants des 7 modèles	- 2 implants Biomet3i / modèle = 14 implants à connexion hexagonale interne - Parallèles ou divergents selon les modèles	- 70 à ciel ouvert - 70 avec Robocast®	3D - Distorsion linéaire, selon les axes x,y,z - Distorsion angulaire, selon xz et xy	Encode® moins précis

Figure 120 : Tableau récapitulatif des différentes études liées à la technologie Robocast®, méthodes, mesures et résultats.

Hypothèse de résultats :

Selon *Ng et al.,* en éliminant l'empreinte au niveau de l'implant, le système Encode® élimine par conséquent toutes les erreurs potentielles qui y sont liées. Les grandes distorsions liées au protocole, relevées dans les études précédentes, seraient donc le résultat d'étapes de laboratoire non présentes dans les systèmes standards, comme celles impliquées dans le scannage indirect du modèle, le forage ou le placement de l'analogue d'implant par le système Robocast®.

- Le scanner optique 3Shape D700 utilisé pour numériser les modèles en plâtre Encode® au centre de production ZimmerBiomet a une résolution de 1,3 mégapixels et une précision inférieure à 20 µm *(3Shape).* Le robot qui permet le forage et le placement des analogues d'implants dans les modèles Encode® a une tolérance de 100 µm. *Howell et al.* émettent l'hypothèse que l'accumulation des effets des tolérances inhérentes au scanner et au robot pourrait entraîner un déplacement des analogues d'implants par rapport à la position des implants cliniques *(Howell et al. 2013).*
- De plus, la force et les vibrations générées pendant le forage des modèles Encode® par le bras robotisé peuvent, selon *Simon et al.,* être suffisamment importantes pour déplacer microscopiquement les modèles et induire par conséquent des déplacements de la position prévue des analogues d'implants.
- Les auteurs ont également décrit l'utilisation d'adhésif cyanoacrylate et d'un accélérateur, employés pour la fixation des analogues, comme une source possible de distorsion *(Howell et al. 2013) (Al-Abdullah et al. 2013)*. La contraction de polymérisation de la résine adhésive (17,8%) provoquerait des changements dimensionnels entrainant des imprécisions de position et d'orientation de l'analogue d'implant au sein du modèle Robocast® *(Al-Abdullah et al. 2013).* Ces distorsions pourraient être également la cause d'une polymérisation inégale de l'adhésif, d'un durcissement incontrôlé, d'une humidité variable, d'une quantité variable de matériau, ou d'incohérences de lots. Mais les changements dimensionnels associés à la polymérisation de ce matériau n'ont pas été testés par le fabricant et ne sont pas connus *(Howell et al. 2013)*. Ces auteurs soulèvent la question de la fiabilité et de la précision de cette partie du processus Encode®, qui pour eux, est en partie responsable des imprécisions relevées.
- Pour finir, il a été décrit par de nombreux auteurs que le trou de forage est légèrement plus large par rapport au diamètre de l'implant. En effet, afin d'insérer l'analogue d'implant passivement dans le trou de forage, le trou est légèrement surdimensionné de maximum 0,4 mm, pouvant impliquer certaines divergences dans la position finale de l'analogue d'implant *(Abduo et al. 2017)(Ng et al. 2014)(Howell et al. 2013)*.

Conclusions :

Les différentes études révèlent toutes que la position des analogues d'implants au sein des modèles Robocast® est moins précise que celle des maîtres modèles confectionnés de manière traditionnelle, pouvant perturber le traitement prothétique. Cependant, les conséquences cliniques des imprécisions relevées dans les études précédentes ne sont pas connues, et de nombreux auteurs illustrent de bons résultats cliniques lors de l'utilisation du protocole Encode® *(Carpentieri et Lazzara 2014)(Telleman et al. 2011)(Mahn et Prestipino 2013)*.

Des recherches plus approfondies pour identifier les sources potentielles d'erreurs, permettant d'apporter les perfectionnements technologiques associées, aideraient à améliorer la précision du système.

2.3.2.2 Rôle du prothésiste

2.3.2.2.1 Temps de travail

Dans le protocole Encode®, le temps de travail global du prothésiste se voit réduit du fait de la non fabrication du pilier dans son laboratoire (en opposition avec des cas de restaurations prothétiques classiques supra-implantaires où il peut confectionner lui-même pilier et couronne).

Selon l'étude de 2017 menée sur 45 patients par *Abduo et coll.* *(Abduo et al. 2017)*, le temps moyen de laboratoire nécessaire pour la coulée d'une empreinte ne diffère pas selon que l'empreinte est issue d'un protocole Encode® ou d'un protocole standard avec transferts, et est évalué à environ 15 minutes.

Bien que les piliers Encode® soient fabriqués sur mesure par CFAO, ils peuvent nécessiter quelques modifications afin d'aménager un espace prothétique suffisant, augmentant le temps de travail du prothésiste. En effet, les piliers Encode® sont parfois trop hauts et obligent le prothésiste à retoucher certaines zones afin de retrouver une anatomie convenable à la confection de la couronne. Mais le temps moyen nécessaire pour effectuer ces modifications reste néanmoins très inférieur au temps nécessaire à l'ajustement d'un pilier préfabriqué, 54 (+/- 18) minutes versus 72 (+/- 25) minutes respectivement *(Abduo et al. 2017)*.

Avant même l'élaboration de sa couronne supra-implantaire, le prothésiste devra s'occuper de la coulée des empreintes, de la gestion administrative des colis envoyés en Espagne, des retouches numériques des piliers, et des retouches réelles non prévues, pour un pilier pour lequel il n'est pas rémunéré, cela peut être embarrassant et inconfortable en termes de temps pour le prothésiste. *In fine*, le prothésiste réalise uniquement la couronne supra-implantaire sur le pilier Encode®, et sera uniquement rémunéré pour la couronne.

2.3.2.2.2 Multiplications des intervenants

Dans le cas de restaurations Encode® les intervenants sont nombreux : le prothésiste de laboratoire, les techniciens en charge de la CFAO du pilier, les techniciens supervisant Robocast®, et les techniciens gérant la confection de modèles SLA dans les cas d'empreintes optiques. Le prothésiste de laboratoire doit veiller à la bonne réception, mais surtout à la bonne réalisation de chacun de ces éléments afin de concevoir sa prothèse sans inexactitude.

De plus, réaliser une couronne supra-implantaire sur un pilier qu'il n'a pas conçu peut s'avérer délicat et perturbant pour le prothésiste. Ses repères habituels ne sont plus les mêmes et nécessitent une adaptation plus ou moins importante.

CONCLUSION

Grâce à l'avancée des technologies numériques, le système d'empreinte Encode® apparaît comme une nouvelle méthode audacieuse pour transférer la position implantaire et pouvoir fabriquer les piliers définitifs. L'empreinte ne nécessite plus aucune pièce prothétique telle que les transferts d'empreintes et les analogues d'implants. La vis de cicatrisation encodée devient le transfert d'empreinte et donne, grâce à ses codes occlusaux, la position tridimensionnelle précise de l'implant dentaire. L'empreinte au niveau du col de l'implant est donc supprimée, ainsi que le dévissage/revissage des éléments prothétiques, optimisant la préservation des tissus mous et durs péri-implantaires et réduisant le risque de fonte osseuse. Mise en parallèle avec l'empreinte implantaire classique, l'empreinte Encode® apparaît comme nettement plus confortable pour le praticien et pour le patient, car moins longue et plus facile à mettre en œuvre. Par ailleurs, les résultats parodontaux, prothétiques et esthétiques des piliers Encode® sont idéaux. Ceci grâce à, d'une part, la précision de toutes les étapes de la chaîne de Conception et Fabrication Assistées par Ordinateur, et d'autre part, grâce à leur design réalisé sur mesure et leur adaptation quasi parfaite dans l'espace clinique péri-implantaire.

Mais les résultats des différentes études, analysant la précision de la transmission de la position implantaire par le processus Robocast®, relèvent de plus grandes imprécisions associées à ce système vis-à-vis des systèmes standards. Les distorsions au niveau de la localisation des analogues d'implant Encode® au sein du maître modèle, peuvent avoir des effets significatifs et se traduire cliniquement par l'échec du traitement implanto-prothétique. Néanmoins, malgré les nombreuses imprécisions relatives aux modèles Robocast® constatées dans les précédentes études, les résultats de la dernière étude publiée à ce sujet, d'Abduo et all. en 2017, ne démontrent aucune différence clinique entre les suprastructures réalisées avec ou sans protocole Encode®. En effet, les erreurs du transfert de la position implantaire peuvent se traduire directement par un manque de précision de l'occlusion et des points de contact de la prothèse définitive, non relevées dans les suprastructures Encode® *(Abduo et al. 2017)*. De plus, les cliniciens du monde entier utilisant ce système signalent très peu de problèmes généraux, et de nombreux rapports publiés démontrent l'efficacité clinique du système Encode® à court et moyen termes, attestant sa fiabilité.

Des recherches cliniques et de laboratoire supplémentaires à long terme seraient nécessaires pour déterminer les seuils de distorsion linéaire et angulaire acceptables du processus Robocast® avant que des complications cliniques significatives ne se produisent.

Avec les informations actuelles, *Ng et coll.* avancent qu'il peut être prudent de limiter l'utilisation du système Encode® aux restaurations supra-implantaires unitaires afin de limiter les erreurs *(Ng et al. 2014)*.

Afin d'optimiser au mieux le résultat prothétique supra-implantaire, l'utilisation des vis de cicatrisation Encode® couplée à l'utilisation de l'empreinte optique, éliminant le processus Robocast®, serait une bonne alternative afin d'utiliser le protocole Encode® en supprimant toutes les sources potentielles d'erreur vues précédemment. Mais à ce jour, la précision des résultats de l'empreinte optique associée au système Encode®, avec une CFAO dite semi-directe, n'a pas encore été étudiée, et aucune donnée *in vivo* ou *in vitro* n'a été rapportée.

BIBLIOGRAPHIE

Abduo J, Chen C, Le Breton E, Radu A, Szeto J, Judge R, et al. The Effect of Coded Healing Abutments on Treatment Duration and Clinical Outcome: A Randomized Controlled Clinical Trial Comparing Encode and Conventional Impression Protocols. Int J Oral Maxillofac Implants. sept/oct;32(5):1172-1179.

Abrahamsson I, Berglundh T, Lindhe J. The mucosal barrier following abutment dis/reconnection. An experimental study in dogs. J Clin Periodontol. août 1997;24(8):568‑72.

Al-Abdullah K, Zandparsa R, Finkelman M, Hirayama H. An in vitro comparison of the accuracy of implant impressions with coded healing abutments and different implant angulations. J Prosthet Dent. août 2013;110(2):90‑100.

Albensi Laboratories. Intraoral scanners and digital implant impressionning. Dent. Aout 2013;9(8):96.

Align Technology Inc. iTero Element, brochure for general practitionners. 2015.

Assuncao WG, Filho HG, Zaniquelli O. Evaluation of transfer impressions for osseointegrated implants at various angulations. Implant Dent. déc 2004;13(4):358‑66.

Attal J, Tirlet G. La CFAO appliquée à l'odontologie restauratrice et à la prothèse. Réal Clin. 2009;20(4):215‑7.

Avila ED, Molon RS, Barros-Filho LAB, Andrade MF, Mollo F de A, Barros LAB. Correction of Malpositioned Implants through Periodontal Surgery and Prosthetic Rehabilitation Using Angled Abutment. Case Rep Dent. mai 2014;Epub.

Baldassarri M, Hjerppe J, Romeo D, Fickl S, Thompson VP, Stappert CFJ. Marginal accuracy of three implant-ceramic abutment configurations. Int J Oral Maxillofac Implants. juin 2012;27(3):537‑43.

Berger E, Moussaly C. Interactions numériques : une nouvelle façon de communiquer entre praticiens et prothésistes. Réal Clin. 2015;26(4):294‑303.

Berglundh T, Lindhe J, Ericsson I, Marinello CP, Liljenberg B, Thomsen P. The soft tissue barrier at implants and teeth. Clin Oral Implants Res. juin 1991;2(2):81‑90.

Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D. Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. Br Dent J. 10 mai 2008;204(9):505‑11.

Biomet3i. Un cli c'est sûr et Certain®. La nouvelle génération d'implant à connexion Interne. [Internet]. 2006. Disponible sur: www.3i-online.com

Biomet3i. BellaTek® Encode® US Lab Instructions [Internet]. 2013a. Disponible sur: https://www.youtube.com/watch?v=284-dYtewUk

Biomet3i. Système de restauration BellaTekEncode®. Manuel clinique. 2013b.

Biomet3i. BellaTek® Encode® impression system [Internet]. 2015. Disponible sur: https://www.youtube.com/watch?v=ngkX0hPV4Qq

Biomet3i. Digital impressions of coded implant abutments. Dent. 7(8):110.

Bonnefoy H. Du prototypage rapide à la fabrication rapide. Technol Dent. 2003;(124):34‑5.

Bouchard P, Frémont M, Sanz M. Parodontologie & dentisterie implantaire. Volume 1, Médecine parodontale. Paris, France: Lavoisier Médecine Sciences, DL 2014; 2015.

Burhardt L, Livas C, Kerdijk W, van der Meer WJ, Ren Y. Treatment comfort, time perception, and preference for conventional and digital impression techniques: A comparative study in young patients. Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod. août 2016;150(2):261‑7.

Buzayan MM, Yunus NB. Passive Fit in Screw Retained Multi-unit Implant Prosthesis Understanding and Achieving: A Review of the Literature. J Indian Prosthodont Soc. mars 2014;14(1):16‑23.

Carpentieri J, Drago CJ. Next generation digital implant restorations. J Implant Reconstr Dent. 2015;6(2):2‑13.

Carpentieri JR, Lazzara RJ. A simplified impression protocol for fabrication of anatomical, cement-retained CAD/CAM abutments. Int J Periodontics Restorative Dent. 2014;34 Suppl 3:s19-25.

Ceranic D, Bullis. Best in Class : Inclusive custom Abutments. Inclusive Dental Implant Magazine [Internet]. 2012 [cité 11 avr 2017];3(3). Disponible sur: http://glidewelldental.com/education/inclusive-dental-implant-magazine/volume-3-issue-3/best-in-class-inclusive-custom-abutments/

Champetier S, Moll V. La résorption osseuse péri-implantaire après ostéointégration. [France]: Aix-Marseille; 2016.

Daas M, Toussaint L, Pariente L, Dada K. CAD CAM et pilier implantaire : la gestion du profil d'émergence. Réal Clin. 2015;26(3):206‑18.

Davarpanah M, Martinez H, Tecucianu J-F, Celletti R. Le choix du diamètre implantaire. J Parodontol Implantol Orale. 1998;17(4):417‑30.

Davarpanah M, Szmukler-Moncler S, Rajzbaum P, Vacher C, Corbière S de, Zyman P. Manuel d'implantologie clinique: concepts, intégration des protocoles et esquisses de nouveaux paradigmes. Rueil-Malmaison, France: Éditions CdP, DL 2012; 2012.

De Bruyn H, Vandeweghe S. Increasing implant dentistry in undergraduate education using new technology: a pilot project. Journal of implant and reconstructive dentistry. 2010;40‑5.

De Sanctis M, Baldini N, Vignoletti F. Espace biologique péri-implantaire. Preuves histologiques : revue d'étude animales. J Parodontol Implantol Orale. 2010;29(4):245‑59.

Dentsly Sirona. Comparison of CEREC Bluecam and CEREC Omnicam [Internet]. 2013 [cité 13 mars 2017]. Disponible sur: https://www.youtube.com/watch?v=6tAL9_Pfbx8

Derhalli M. The digitalizing of implant dentistry: a clinical evaluation of 15 patients. Compend Contin Educ Dent Jamesburg NJ 1995. mars 2013;34(3):192‑6.

Descamp F, Fages M. La CFAO en Odontologie. Les bases, les principes et les systèmes. CdP. 2016. (Malakoff).

Drago C, Lazzara RJ. Guidelines for implant abutment selection for partially edentulous patients. Compend Contin Educ Dent Jamesburg NJ 1995. févr 2010;31(1):14‑20, 23‑4, 26-27, 44.

Drago C, Peterson T. Implant laboratory procedures: a step-by-step guide. Wiley-Blackwell. 2010.

Drago CJ. Implant restorations: a step-by-step guide. Ames, Iowa, Etats-Unis d'Amérique: Blackwell Pub.; 2014.

Drago CJ, Peterson T. Treatment of an Edentulous Patient with CAD/CAM Technology: A Clinical Report. J Prosthodont. 1 mai 2007;16(3):200‑8.

Duffort S. Gestion du profil d'émergence en implantologie. Rev Odontostomatol (Paris). Mai 2011;(40):117‑29.

Duret F. Année 2010, année CFAO. Réal Clin. 2009;20(4):213‑4.

Eliasson A, Ortorp A. The accuracy of an implant impression technique using digitally coded healing abutments. Clin Implant Dent Relat Res. mai 2012;14 Suppl 1:e30-38.

Esposito M, Bressan E, Grusovin MG, D'Avenia F, Neumann K, Sbricoli L, et al. Do repeated changes of abutments have any influence on the stability of peri-implant tissues? One-year post-loading results from a multicentre randomised controlled trial. Eur J Oral Implantol. 2017;10(1):57‑72.

Gancel T, Saizou Y, Crenn M-J. Forme transgingivale du pilier prothétique : incidences sur le comportement gingival autour des restaurations prothétiques antérieures implanto-portées. Implant. (23):31‑8.

Grandi T, Guazzi P, Samarani R, Garuti G. Immediate positioning of definitive abutments versus repeated abutment replacements in immediately loaded implants: effects on bone healing at the 1-year follow-up of a multicentre randomised controlled trial. Eur J Oral Implantol. 2012;5(1):9‑16.

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. J Prosthet Dent. mars 2006;95(3):258‑61.

Guillaume J-L. La connexion implant-prothèse. AOS. sept 2013;9‑13.

Hollender M, Allard Y, Richelme J, Casu J. La CFAO indirecte. Inf Dent. 2014;Spécial CFAO(20):22‑9.

Howell KJ. Accuracy of the Biomet 3i Encode® RobocastTM Technology Versus Conventional Implant Impression Techniques [Graduate Program in Dentistry]. The Ohio State University; 2011.

Howell KJ, McGlumphy EA, Drago C, Knapik G. Comparison of the accuracy of Biomet 3i Encode Robocast Technology and conventional implant impression techniques. Int J Oral Maxillofac Implants. févr 2013;28(1):228‑40.

JEMT J. Régénération des papilles gingivales après la pose d'un implant unitaire. Rev Int Parod Dent Restaur. 1997;17:327‑33.

Joda T, Wittneben J-G, Brägger U. Digital implant impressions with the « Individualized Scanbody Technique » for emergence profile support. Clin Oral Implants Res. mars 2014;25(3):395‑7.

Korsch M, Obst U, Walther W. Cement-associated peri-implantitis: a retrospective clinical observational study of fixed implant-supported restorations using a methacrylate cement. Clin Oral Implants Res. juill 2014;25(7):797‑802.

Koutouzis T, Koutouzis G, Gadalla H, Neiva R. The effect of healing abutment reconnection and disconnection on soft and hard peri-implant tissues: a short-term randomized controlled clinical trial. Int J Oral Maxillofac Implants. juin 2013;28(3):807‑14.

Lamy M. Prothèse implantaire fixe scellée et vissée à l'heure du numérique. Inf Dent. mars 2011;Spécial Implantologie(12):1‑6.

Landwerlin O. L'empreinte optique intra-buccale et ses applications au cabinet dentaire. Sarrebruck, Allemagne: Éditions universitaires européennes; 2011.

Lee S, Galluci G. Digital vs. Conventional Implant Impressions: Efficiency Outcomes. Clin Oral Implants Res. 2012;24(1):111‑5.

Leize-Zal E, Lorgeoux C, Chauvel B. Technique d'empreinte supra-implantaire: le transfert d'empreinte est-il toujours d'actualité dans le traitement de l'édentement unitaire ? Le concept BellaTek® Encode® (Biomet3i®). Strat Prothétique. mars 2016;16(2):89‑96.

Lenat T. Le binôme praticien-prothésiste, un couple fragile? Strat Dent. janv 2017;17(1):21‑31.

Lin W-S, Harris BT, Morton D. The use of a scannable impression coping and digital impression technique to fabricate a customized anatomic abutment and zirconia restoration in the esthetic zone. J Prosthet Dent. mars 2013;109(3):187‑91.

Linkevicius T, Vindasiute E, Puisys A, Linkeviciene L, Maslova N, Puriene A. The influence of the cementation margin position on the amount of undetected cement. A prospective clinical study. Clin Oral Implants Res. janv 2013;24(1):71‑6.

Linkevicius T, Vindasiute E, Puisys A, Peciuliene V. The influence of margin location on the amount of undetected cement excess after delivery of cement-retained implant restorations. Clin Oral Implants Res. déc 2011;22(12):1379‑84.

Lops D, Stellini E, Sbricoli L, Cea N, Romeo E, Bressan E. Influence of abutment material on peri-implant soft tissues in anterior areas with thin gingival biotype: a multicentric prospective study. Clin Oral Implants Res. 3 oct 2016;

Lorgeoux C. Réhabilitation prothétique sur implant: une nouvelle approche : le système Encode [Thèse d'exercice]. [France]: Université de Bretagne occidentale; 2010.

Mahn DH, Prestipino T. CAD/CAM implant abutments using coded healing abutments: a detailed description of the restorative process. Compend Contin Educ Dent Jamesburg NJ 1995. sept 2013;34(8):612‑5.

Mainjot A. Gestion implantaire de l'édentement unitaire dans le secteur esthétique: une approche visant à optimiser les tissus. Partie II: aspects prothétiques. Réal Clin. 2015;26(1):15‑24.

Martinez H, Renault P, Renault G. Les implants: chirurgie et prothèse : choix thérapeutique stratégique. Rueil-Malmaison, France: Éd. CdP; 2008.

Missika P, Roux P, Bert M. Prothèse implantaire pour l'omnipraticien. Paris etc., France: Quintessence international; 2003.

Molina A, Sanz-Sánchez I, Martín C, Blanco J, Sanz M. The effect of one-time abutment placement on interproximal bone levels and peri-implant soft tissues: a prospective randomized clinical trial. Clin Oral Implants Res. avr 2017;28(4):443‑52.

Moussaly C, Coudray L, Tirlet G, Attal J. CFAO ce qui change pour le praticien. Réal Clin. 2009;20(4):216.

Nayyar N, Yilmaz B, McGlumphy E. Using digitally coded healing abutments and an intraoral scanner to fabricate implant-supported, cement-retained restorations. J Prosthet Dent. avr 2013;109(4):210‑5.

Ng SD, Tan KB, Teoh KH, Cheng AC, Nicholls JI. Three-dimensional accuracy of a digitally coded healing abutment implant impression system. Int J Oral Maxillofac Implants. août 2014;29(4):927‑36.

Papazian S, Morgano SM. A laboratory procedure to facilitate development of an emergence profile with a custom implant abutment. J Prosthet Dent. févr 1998;79(2):232‑4.

Priest G. Virtual-designed and computer-milled implant abutments. J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg. sept 2005;63(9 Suppl 2):22‑32.

Priest G. Optimal results in the esthetic zone with CAD/CAM implant abutments : a patient example. Dent. avr 2006;2(3).

Ramsey CD, Ritter RG. Utilization of digital technologies for fabrication of definitive implant-supported restorations. J Esthet Restor Dent Off Publ Am Acad Esthet Dent Al. oct 2012;24(5):299‑308.

Richelme J, Rignon-Bret C, Étienne O, Bonnet F, Faucher A-J, Paris J-C. La temporisation et les empreintes en implantologie. Paris, France : Quintessence international, DL 2013; 2014.

Sadowsky SJ. Evidence-based Implant Treatment Planning and Clinical Protocols. John Wiley & Sons; 2017.

Sala L, Bascones-Martínez A, Carrillo-de-Albornoz A. Impact of abutment material on peri-implant soft tissue color. An in vitro study. Clin Oral Investig. 22 nov 2016;

Société 3M ESPE. 3MTM True Definition Scanner, l'expertise de soin oral version numérique [Internet]. 2013. Disponible sur: www.3mespe.fr

Sorrentino R, Gherlone EF, Calesini G, Zarone F. Effect of implant angulation, connection length, and impression material on the dimensional accuracy of implant impressions: an in vitro comparative study. Clin Implant Dent Relat Res. mai 2010;12 Suppl 1:e63-76.

Tapie L, Lebon N, Attal J. Glossaire. Réal Clin. 2015a;26(4):326‑7.

Tapie L, Lebon N, Attal J. La chaine numérique en CFAO dentaire en prothèse conjointe.Structuration de la chaîne de production. Réal Clin. 2015b;26(4):263‑73.

Telleman G, Raghoebar GM, Vissink A, Meijer HJA. The use of a coded healing abutment as an impression coping to design and mill an individualized anatomic abutment: a clinical report. J Prosthet Dent. mai 2011;105(5):282‑5.

Van Iperen O. Rôle du pilier implantaire sur l'esthétique des tissus mous péri-implantaires. J Parodontol Implantol Orale. 2012;31(2):83‑9.

Vela Nebot X. Système de prise d'empreinte BellaTek®Encode®. Optimization By Design. Biomet3i; 2013.

Wee A, Aquilino S, Schneider R. Strategies to achieve fit in implant prosthodontics: A review of the literature. Int J Prosthodont. 1999;12(167).

Wilson TG. The positive relationship between excess cement and peri-implant disease: a prospective clinical endoscopic study. J Periodontol. sept 2009;80(9):1388‑92.

Wolf HF, Rateitschak EM, Rateitschak KH. Parodontologie. Elsevier Masson; 2005.

Wöstmann B, Rehmann P, Balkenhol M. Influence of impression technique and material on the accuracy of multiple implant impressions. Int J Prosthodont. août 2008;21(4):299‑301.

Zimmermann M, Mehl A, Mörmann WH, Reich S. Intraoral scanning systems - a current overview. Int J Comput Dent. 2015;18(2):101‑29.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

FIGURE 1: VIS DE CICATRISATION ENCODE® BELLATEK™ EN VUE OCCLUSALE ET LATERALE (ZIMMERBIOMET) 4
FIGURE 2: VUES OCCLUSALES DE VIS DE CICATRISATION ENCODE® BELLATEK™ EN PLACE, APRES CICATRISATION MUQUEUSE (DRAGO 2014) 4
FIGURE 3: EXEMPLES DE PILIERS DEFINITIFS SUR MESURE ENCODE® : A GAUCHE EN NITRURE DE TITANE, AU CENTRE EN TITANE ET A DROITE EN ZIRCONE. (SOCIETE ZIMMERBIOMEI) 5
FIGURE 4: VUE LATERALE DES VIS DE CICATRISATION ENCODE® BELLATEK™ POUR IMPLANT A CONNEXION EXTERNE OSSEOTITE® IMPLANT SYSTEM DE 4,1 MM DE SURFACE D'ASSISE, 4 MM DE HAUTEUR DE COL ET RESPECTIVEMENT DE GAUCHE A DROITE : 5, 6 ET 7,5 MM DE PROFIL D'EMERGENCE (EHA454, EHA464 ET EHA474). (DRAGO 2014) 7
FIGURE 5: VUE OCCLUSALE DES VIS DE CICATRISATION ENCODE® BELLATEK™ POUR IMPLANT A CONNEXION INTERNE OSSEOTITE® CERTAIN® DE 4,1 MM DE SURFACE D'ASSISE, 4 MM DE HAUTEUR DE COL ET RESPECTIVEMENT DE GAUCHE A DROITE : 5, 6 ET 7,5 MM DE PROFIL D'EMERGENCE (IEHA454, IEHA464 ET IEHA474). (DRAGO 2014) 7
FIGURE 6: SCHEMA SIMPLIFIE DE LA HAUTEUR DU COL DE LA VIS DE CICATRISATION ENCODE® BELLATEK™ A CHOISIR PAR RAPPORT AU REBORD GINGIVAL. 8
FIGURE 7: EXEMPLES DE RADIOGRAPHIES RETRO-ALVEOLAIRES D'UNE VIS DE CICATRISATION ENCODE® BELLATEK™ CORRECTEMENT MISE EN PLACE A DROITE, CONTRAIREMENT A CELLE VISSEE SUR L'IMAGE DE GAUCHE. A NOTER SUR CETTE DERNIERE : LE HIATUS CARACTERISTIQUE REVELATEUR D'UN MAUVAIS POSITIONNEMENT DE LA VIS DE CICATRISATION. (SOCIETE ZIMMERBIOMET) 9
FIGURE 8: REFERENCES COMMERCIALES DU TOURNEVIS STANDARD ADAPTE AUX VIS DE CICATRISATION ENCODE® BELLATEK™. (CATALOGUE GENERAL CHIRURGIE ET PROTHESE-BIOMET3I) 9
FIGURE 9: APRES LA POSE CHIRURGICALE DES IMPLANTS EN POSITION 11 ET 21, LES VIS DE CICATRISATION APPROPRIEES SONT MISES EN PLACE ET LES SUTURES SONT REALISEES. (PRIEST 2005) 9
FIGURE 10: PHOTOGRAPHIE DES VIS DE CICATRISATION ENCODE® BELLATEK™ 3 MOIS APRES LA POSE DES IMPLANTS DENTAIRES EN POSITION DE 21 ET 11, LES TISSUS MOUS SONT CICATRISES ET LES IMPLANTS OSTEOINTEGRES. TOUS LES CODES OCCLUSAUX ET AXIAUX SONT NETTEMENT VISIBLES, L'EMPREINTE SUPRA-IMPLANTAIRE DES VIS DE CICATRISATION PEUT ETRE REALISEE. (PRIEST 2005) 10
FIGURE 11: EXEMPLES CLINIQUES DE TRANSFERTS D'EMPREINTE POUR EMPREINTE CLASSIQUE A CIEL OUVERT (A), POUR EMPREINTE ENCODE® (B) ET POUR EMPREINTE CLASSIQUE A CIEL FERME (C). (HOWELL 2011) 10
FIGURE 12: INJECTION DU MATERIAU DE PLUS BASSE VISCOSITE AU NIVEAU DE LA VIS DE CICATRISATION ENCODE® BELLATEK™. (BIOMET3I 2015) 12
FIGURE 13: INSERTION DU PORTE-EMPREINTE CONTENANT LE MATERIAU DE PLUS HAUTE VISCOSITE. (BIOMET3I 2015) 12
FIGURE 14: EMPREINTE DES VIS DE CICATRISATION ENCODE® BELLATEK™ AU VINYLPOLYSILOXANE. TOUS LES CODES DES VIS DE CICATRISATION SONT PARFAITEMENT REPLIQUES. (PRIEST 2005) 12
FIGURE 15: EXEMPLE D'UNE EMPREINTE SECTORIELLE D'UNE VIS DE CICATRISATION ENCODE® BELLATEK™ EN POSITION 26, REALISEE AU VINYLPOLYSILOXANE. (LABORATOIRE ROUILLARD, PARIS 10E) 12
FIGURE 16: EXEMPLE D'EMPREINTE INCORRECTE DE VIS DE CICATRISATION ENCODE® BELLATEK™ EN POSITION 15 ET 17, REALISEE AU POLYETHER. A NOTER LA PRESENCE DE DEFAUTS AU NIVEAU DES VIS (FLECHES NOIRES), L'EMPREINTE DOIT ETRE REFAITE. (DOCTEUR MESSICA, ERMONT) 13
FIGURE 17: EXEMPLE D'EMPREINTE OPTIQUE D'UNE VIS DE CICATRISATION EN POSITION DE 11. (CARPENTIERI ET DRAGO 2015) 13
FIGURE 18: LE MONITEUR CEREC® AC AVEC LA CAMERA BLUECAM®. (SIRONA™) 14
FIGURE 19: CAMERA OMNICAM (SIRONA™) 14
FIGURE 20: LE MONITEUR 3M AVEC LA CAMERA TDS. (3M™) 14
FIGURE 21: LA NOUVELLE VERSION KART EPURE DE ITERO® ELEMENT AVEC LA CAMERA ITERO® (ALIGN TECHNOLOGY™) 14
FIGURE 22: IMAGES VIRTUELLES EN COULEURS REELLES D'UNE VIS DE CICATRISATION ENCODE® BELLATEK™ EN PLACE DE 16′ OBTENUE AVEC LA CAMERA OMNICAM® ET LE LOGICIEL SIRONA CONNECT. (ZIMMERBIOMET) 16
FIGURE 23: COUCHE DE POUDRE APPLIQUEE SUR LA VIS DE CICATRISATION AVANT L'EMPREINTE OPTIQUE A L'AIDE DU SCANNER 3M. (NAYYAR ET AL. 2013) 16
FIGURE 24: EMPREINTE OPTIQUE D'UNE VIS DE CICATRISATION ENCODE® BELLATEK™ REALISEE A L'AIDE DE LA CAMERA INTRA-ORALE ITERO® ELEMENT, EN COULEURS RECONSTITUEES. (ALIGN TECHNOLOGY INC. 2015) 16
FIGURE 25: IMAGES VIRTUELLES OBTENUES SUR LE MONITEUR 3M APRES SCANNAGE DES ARCADES EN OIM ET DES VIS DE CICATRISATION ENCODE®. (NAYYAR ET AL. 2013) 17
FIGURE 26: IMAGES VIRTUELLES EN VUE OCCLUSALE ET LATERALE D'UNE VIS DE CICATRISATION ENCODE® BELLATEK™ SCANNEE PAR UN SCANNER 3M™. (RAMSEY ET RITTER 2012) 17
FIGURE 27: SYNTHESE DES CARACTERISTIQUES GENERALES DES DIFFERENTES CAMERAS INTRA-ORALES HOMOLOGUEES POUR LE SYSTEME D'EMPREINTE DES VIS DE CICATRISATION ENCODE® BELLATEK™. (DESCAMP ET FAGES 2016) (LANDWERLIN 2011) 17

FIGURE 28 : HAUTEUR DU SOCLE DU MODELE EN PLATRE NECESSAIRE POUR LE FORAGE ROBOTISE DE L'ANALOGUE D'IMPLANT. (BIOMET3I 2013A) 18
FIGURE 29: EXEMPLE D'UNE EMPREINTE PHYSICO-CHIMIQUE D'UNE VIS DE CICATRISATION ENCODE® EN POSITION DE 11, ET DE SA COULEE REALISEE AU PLATRE. A NOTER, L'ABSENCE TOTALE DE DEFAUT AU SEIN DU MODELE EN PLATRE ET LA PRECISION DE LA REPLICATION DES CODES OCCLUSAUX. (CARPENTIERI ET DRAGO 2015) 18
FIGURE 30: ELEMENTS A ENVOYER AU CENTRE DE PRODUCTION. (PHOTOGRAPHIES ZIMMERBIOMET) 19
FIGURE 31: CHAINE DE PRODUCTION DIRECTE - CFAO DIRECTE : IMPLANTATION DES MAILLONS AU CABINET. (TAPIE ET AL. 2015B) 22
FIGURE 32: CHAINE DE PRODUCTION INDIRECTE - CFAO INDIRECTE: IMPLANTATION DES MAILLONS AU LABORATOIRE DE PROTHESE (TAPIE ET AL. 2015B) 22
FIGURE 33: CHAINE DE PRODUCTION SEMI-DIRECTE - CFAO SEMI-DIRECTE : COLLABORATION AVEC UN LABORATOIRE DE PROTHESE, PARTAGE DES MAILLONS. (TAPIE ET AL. 2015B) 23
FIGURE 34 : LES DIFFERENTES OPTIONS POSSIBLES DE FABRICATION ASSISTEE PAR ORDINATEUR DANS LE CAS D'UNE « CFAO SEMI-DIRECTE ». 23
FIGURE 35: INTERIEUR D'UN SCANNER DE LABORATOIRE 3SHAPE UTILISE DANS LES PROTOCOLES DE PRODUCTION DES PILIERS ENCODE®. (SOCIETE 3SHAPE) 24
FIGURE 36: EXEMPLE DE NUMERISATION EXTRA-ORALE EN « CFAO INDIRECTE » AU CENTRE DE PRODUCTION BELLATEK™ : SCANNAGE DU MODELE EN PLATRE GRACE AU SCANNER EXTRA-ORAL DE LABORATOIRE 3SHAPE (A ET C) ET VISUALISATION 3D SUR ORDINATEUR DE L'ARCADE (B ET D) ET DE LA VIS (E) PAR LE LOGICIEL 3SHAPE. (SOCIETE ZIMMERBIOMET) 25
FIGURE 37: IMAGES VIRTUELLES D'UNE VIS DE CICATRISATION ENCODE® BELLATEK™, OBTENUE AVEC LE SCANNER INTRA-ORAL ET LE LOGICIEL 3M™ APRES NUMERISATION 3D DE L'ARCADE DENTAIRE DU PATIENT AU CABINET DENTAIRE. (RAMSEY ET RITTER 2012) 25
FIGURE 38: SCHEMA RESUME DE LA CHRONOLOGIE DES ETAPES DE NUMERISATION DU SYSTEME ENCODE® LORS D'UNE CFAO « INDIRECTE » 26
FIGURE 39: MODELISATION 3D D'UN IMPLANT CERTAIN® BIOMET3I (5 MM DE DIAMETRE ET 11 MM DE HAUTEUR) EN POSITION DE LA PREMIERE PREMOLAIRE MAXILLAIRE DROITE. (RAMSEY ET RITTER 2012) 27
FIGURE 40: CONCEPTION ASSISTEE PAR ORDINATEUR D'UN PILIER SUR MESURE ENCODE® BELLATEK™ A L'AIDE DU LOGICIEL 3SHAPE DENTAL SYSTEM™ AU CENTRE DE PRODUCTION, EN VUE LATERALE. (LABORATOIRE ZIMMERBIOMET) 28
FIGURE 41: CONCEPTION ASSISTEE PAR ORDINATEUR D'UN PILIER SUR MESURE ENCODE® BELLATEK™ A L'AIDE DU LOGICIEL 3SHAPE DENTAL SYSTEM™ AU CENTRE DE PRODUCTION, EN VUE OCCLUSALE. (LABORATOIRE ZIMMERBIOMET) 28
FIGURE 42: PREVISUALISATION DE L'ESPACE PROTHETIQUE NECESSAIRE A LA FUTURE RESTAURATION SUPRA-IMPLANTAIRE DEFINITIVE. (RAMSEY ET RITTER 2012) 29
FIGURE 43: BON DE COMMANDE A REMPLIR PAR LE PRATICIEN LORS D'UNE DEMANDE DE PILIER SUR MESURE ENCODE® BELLATEK™. (SOCIETE ZIMMERBIOMET) 29
FIGURE 44: LOGICIEL 3D VIEWER, VALIDATION DU PILIER SUR MESURE ENCODE® BELLATEK™ AVANT USINAGE. DIFFERENTES COMMANDES SONT DISPONIBLES, COMME LES MESURES PRECISES DU PILIER ET L'AJOUT DE COMMENTAIRES. (INSTRUCTIONS POUR VISUALISATION DU PILIER 3D, BIOMET3I) 30
FIGURE 45: UNITE D'USINAGE DES PILIERS ENCODE® BELLATEK™. (DRAGO ET PETERSON 2010) (DE BRUYN ET VANDEWEGHE 2010) 31
FIGURE 46: IMAGE DE LABORATOIRE D'UN PILIER ENCODE® BELLATEK™ DEFINITIF USINE A PARTIR D'UN BLOC EN TITANE, JUSTE AVANT SON RETRAIT DE L'UNITE DE FRAISAGE. (DE BRUYN ET VANDEWEGHE 2010) 31
FIGURE 47: PILIERS SUR MESURE ENCODE® BELLATEK™ CONÇUS PAR UN LOGICIEL DE CAO. (NAYYAR ET AL. 2013) 33
FIGURE 48 : MAITRES MODELES SLA FRACTIONNES GENERES D'APRES LA CAO DES PILIERS ENCODE® FIGURE 47, SUR LESQUELS LES PROTHESES DEFINITIVES SUPRA-IMPLANTAIRES SERONT DIRECTEMENT CONFECTIONNEES. (NAYYAR ET AL. 2013) 33
FIGURE 49: RESTAURATION SUPRA-IMPLANTAIRE DEFINITIVE EN CERAMIQUE EN POSITION DE LA PREMIERE PREMOLAIRE MAXILLAIRE DROITE, CONFECTIONNEE DIRECTEMENT SUR LE MODELE SLA. (RAMSEY ET RITTER 2012) 33
FIGURE 50: SCHEMA RESUME DE LA CHRONOLOGIE DES ETAPES DE LA REALISATION DU MAITRE MODELE EN FONCTION DE LA TECHNIQUE D'EMPREINTE UTILISEE PAR LE CLINICIEN. 34
FIGURE 51: UNITE DE FORAGE « ROBOCAST® ». LE DISPOSITIF EST CONNECTE A UN ORDINATEUR QUI LUI TRANSFERE LES INFORMATIONS NECESSAIRES SUR LA POSITION IMPLANTAIRE PROVENANT DE LA VIS DE CICATRISATION ENCODEE. (SOCIETE BIOMET3I) 35
FIGURE 52 : IDENTIFICATION DE L'AXE IMPLANTAIRE GRACE A LA VIS DE CICATRISATION ENCODE®BELLATEK™ (PHOTOGRAPHIE ZIMMERBIOMET) 36
FIGURE 53: ETALONNAGE DU ROBOT AVANT FORAGE. LA SONDE TACTILE DU ROBOT VIENT AU CONTACT DE TROIS SPHERES DISTINCTES AFIN DE CALIBRER LES COORDONNEES TRIMENTIONNELLES X, Y ET Z NECESSAIRES POUR LE POSITIONNEMENT AUTOMATISE DE L'ANALOGUE D'IMPLANT. (DRAGO ET PETERSON 2010) 36
FIGURE 54: MISE EN PLACE DU MODELE EN PLATRE SUR LE SUPPORT MAGNETIQUE DU ROBOT. (LABORATOIRE ZIMMERBIOMET) 37
FIGURE 55: CALIBRAGE DU ROBOT, LA FRAISE EST NUMERISEE A L'AIDE D'UN LASER. (LABORATOIRE ZIMMERBIOMET) 37

FIGURE 56: LA FRAISE SPECIFIQUE DU PROFIL D'EMERGENCE EST EN PLACE SUR LE BRAS DU ROBOT, ET PRETE A FRAISER AU NIVEAU DE LA VIS DE CICATRISATION DU MODELE EN PLATRE. (LABORATOIRE ZIMMERBIOMET) 37
FIGURE 57: FORAGE DU PROFIL D'EMERGENCE A TRAVERS LA VIS DE CICATRISATION. (LABORATOIRE ZIMMERBIOMET) 38
FIGURE 58: FORAGE DU LOGEMENT POUR L'ANALOGUE D'IMPLANT. LE PLATRE EST FORE CONFORMEMENT A LA TAILLE DE L'ANALOGUE D'IMPLANT PREVU. (LABORATOIRE ZIMMERBIOMET) 38
FIGURE 59: VUE OCCLUSALE DES DEUX FORAGES CONSECUTIFS. LE MODELE EST PRET A RECEVOIR L'ANALOGUE D'IMPLANT. (DRAGO ET PETERSON 2010) 38
FIGURE 60: AVANT L'INSERTION DE L'ANALOGUE D'IMPLANT PAR LE BRAS DU ROBOT, UNE COLLE CYANOACRYLATE EST MISE EN PLACE DANS LE TROU DE FORAGE. (DRAGO ET PETERSON 2010) 39
FIGURE 61: SUPPORT D'ANALOGUES D'IMPLANTS DE LA MACHINE ROBOCAST®. (LABORATOIRE ZIMMERBIOMET) 39
FIGURE 62: PRISE DE L'ANALOGUE D'IMPLANT PAR LE BRAS DU ROBOT. (LABORATOIRE ZIMMERBIOMET) 39
FIGURE 63: ETALONNAGE DE L'ANALOGUE D'IMPLANT SELECTIONNE. (LABORATOIRE ZIMMERBIOMET) 39
FIGURE 64: PLACEMENT DE L'ANALOGUE D'IMPLANT AU SEIN DU TROU DE FORAGE. (LABORATOIRE ZIMMERBIOMET) 39
FIGURE 65: UNE FOIS L'ANALOGUE DANS LA BONNE POSITION ET L'ACTIVATEUR MIS EN PLACE, LE BRAS DU ROBOT PEUT SE LIBERER DE L'ANALOGUE. (LABORATOIRE ZIMMERBIOMET) 40
FIGURE 66: VUE OCCLUSALE DU MAITRE MODELE EN PLATRE DEFINITIF CONTENANT LES ANALOGUES D'IMPLANTS EN PLACE. (LABORATOIRE ZIMMERBIOMET) 40
FIGURE 67 : VIS GOLD-TITE® (EN HAUT) ET VIS D'ESSAYAGE (EN BAS) UTILISEES POUR LA MISE EN PLACE DES PILIERS DEFINITIFS ENCODE® EN TITANE. LA COLONNE DE GAUCHE DES VIS INDIQUE CELLES UTILISEES POUR LES IMPLANTS A CONNEXION HEXAGONALE INTERNE (VIS A TETE HEXAGONALE), CELLE DE DROITE POUR LES IMPLANTS A CONNEXION HEXAGONALE EXTERNE (VIS A TETE CARREE). (CATALOGUE GENERAL CHIRURGIE ET PROTHESE-BIOMET3I) 41
FIGURE 68: MAITRE MODELE ROBOCAST® REÇU AU LABORATOIRE DE PROTHESE, L'ANALOGUE D'IMPLANT PEUT ETRE CLAIREMENT VISUALISE. EN VUE OCCLUSALE A GAUCHE, ET VUE LATERALE A DROITE. (LABORATOIRE ROUILLARD, PARIS 10E) 42
FIGURE 69: PILIER DEFINITIF ENCODE® EN TITANE, EN POSITION DE 26, TRANSVISSE DANS L'ANALOGUE D'IMPLANT DU MAITRE MODELE ROBOCAST®. EN VUES LATERALES A GAUCHE ET AU CENTRE, ET VUE OCCLUSALE A DROITE. (LABORATOIRE ROUILLARD, PARIS 10E) 42
FIGURE 70 : VUE OCCLUSALE DE LA PLATEFORME DE 5 MM DE DIAMETRE D'UN IMPLANT OSSEOTITE® CERTAIN® A CONNEXION INTERNE, EN PLACE DE 44 APRES LA DEPOSE DE LA VIS DE CICATRISATION. (DRAGO 2014) 43
FIGURE 71 : VUE LATERALE D'UN PILIER DEFINITIF ENCODE® EN ZIRCONE EN POSITION DE 44, MIS EN PLACE AU SEIN DE L'IMPLANT A L'AIDE D'UNE CLE DE POSITIONNEMENT EN RESINE ACRYLIQUE. (DRAGO 2014) 44
FIGURE 72: LA CLE DE POSITIONNEMENT PERMET LE PASSAGE DU TOURNEVIS AFIN DE VISSER LE PILIER ENCODE® A L'AIDE DE LA VIS D'ESSAYAGE. (DRAGO 2014) 44
FIGURE 73: RADIOGRAPHIE RETRO-ALVEOLAIRE DE CONTROLE DE LA BONNE ASSISE DU PILIER ENCODE® AU SEIN DE L'IMPLANT. (DRAGO 2014) 44
FIGURE 74: CLE DYNAMOMETRIQUE UTILISEE POUR LE VISSAGE DES PILIERS ENCODE® AVEC LA VIS GOLD-TITE® (REFERENCE CATALOGUE : RTI2035). (DRAGO 2014) 44
FIGURE 75: MISE EN PLACE DE LA COURONNE DEFINITIVE SUR LE PILIER DEFINITIF ENCODE®. IMAGE DE GAUCHE : RETRAIT DES EXCES DU MATERIAU D'ASSEMBLAGE. IMAGE CENTRALE : COURONNE DEFINITIVE EN PLACE. IMAGE DE DROITE : CONTROLE RADIOGRAPHIQUE A 1 AN. (DRAGO 2014) 45
FIGURE 76: TABLEAU RECAPITULATIF DES PRINCIPALES DIFFERENCES DES PROTOCOLES CLINIQUES ET DE LABORATOIRE ENCODE® PAR RAPPORT A CEUX D'UN SYSTEME SUPRA-IMPLANTAIRE STANDARD. 47
FIGURE 77: GUIDE DE SELECTION DES COMPOSANTS PROTHETIQUES ZIMMERBIOMET POUR LES RESTAURATIONS SUPRA-IMPLANTAIRES SCELLEES. NOTONS QUE POUR TOUS LES CAS DE FIGURE PRESENTES (ANGULATION, ESPACE INTERARCADE, HAUTEUR GINGIVALE) LE SYSTEME ENCODE® PEUT ETRE CHOISI. (CATALOGUE GENERAL CHIRURGIE ET PROTHESE- BIOMET3I) 49
FIGURE 78: EXEMPLE DE FORMULAIRE PRE-PROTHETIQUE ENCODE® A REMPLIR ET A ENVOYER A L'IMPLANTOLOGUE.(DRAGO 2014) 52
FIGURE 79: REPRESENTATION SCHEMATIQUE (MODIFIEE) DE L'ESPACE BIOLOGIQUE PERI-IMPLANTAIRE. (BOUCHARD ET AL. 2015) . 53
FIGURE 80: RESULTATS DE L'ETUDE. (ABRAHAMSSON ET AL. 1997) 55
FIGURE 81: PILIERS TITANE DEFINITIFS EN POSITION DE 23 ET 24 MIS EN PLACE DIRECTEMENT APRES LA CHIRURGIE (PHOTOGRAPHIE DE GAUCHE). PROTHESES PROVISOIRES EN SOUS-OCCLUSION (PHOTOGRAPHIE DE DROITE). (GRANDI ET AL. 2012) 57
FIGURE 82: TABLEAU DES RESULTATS DE L'ETUDE, MESURES DE LA RESORPTION OSSEUSE PERI-IMPLANTAIRE POUR LES GROUPES PD ET PP. (GRANDI ET AL. 2012) 57
FIGURE 83 : REPRESENTATION SCHEMATIQUE DES LIMITES PROTHETIQUES DES PILIERS ENCODE®, PAR RAPPORT AU FESTON GINGIVAL. 58
FIGURE 84: EXCES DE CIMENT DANS L'ESPACE BIOLOGIQUE PERI-IMPLANTAIRE. A NOTER LA LYSE OSSEUSE ASSOCIEE. (LAMY 2011) . 59
FIGURE 85: LA JONCTION IMPLANT TITANE / PILIER TITANE ENCODE®, EN POSITION DE 15, EST RADIOLOGIQUEMENT INDETECTABLE. (PRIEST 2005) 60

FIGURE 86: INTERFACE MARGINALE PILIER/IMPLANT MESUREE DANS L'ETUDE DE BALDASSARI, IMAGE REALISEE PAR MICROSCOPIE ELECTRONIQUE A BALAYAGE (MEB). (BALDASSARRI ET AL. 2012) 60
FIGURE 87: IMAGES MEB DES INTERFACES MARGINALES RETROUVEES DANS CHAQUE CONFIGURATIONS PILIER/IMPLANT. (BALDASSARRI ET AL. 2012) 60
FIGURE 88: MOYENNES DES MESURES DE L'ECART MARGINAL POUR TOUTES LES CONFIGURATIONS PILIER/IMPLANT. (BALDASSARRI ET AL. 2012) 61
FIGURE 89: SCHEMA COMPARATIF DE L'ESTIMATION DU TEMPS PASSE AU FAUTEUIL ENTRE LE PROTOCOL ENCODE® ET UN PROTOCOL STANDARD UTILISANT UN PILIER CLASSIQUE UCLA® DE LA MARQUE ZIMMERBIOMET. (ZIMMERBIOMET)(LORGEOUX 2010) .. 63
FIGURE 90: SCHEMA COMPARATIF (MODIFIE) DES PRINCIPALES ETAPES DE REALISATION D'UNE RESTAURATION SUPRA-IMPLANTAIRE AVEC LE SYSTEME ENCODE® (EN HAUT) ET AVEC UN SYSTEME CLASSIQUE (EN BAS). (ZIMMERBIOMET) 65
FIGURE 91: SCHEMA RECAPITULATIF DES DIFFERENTES ETAPES DE CONCEPTION ET FABRICATION DES PIECES PROTHETIQUES ENCODE® DANS LE CADRE D'UNE EMPREINTE OPTIQUE DES VIS DE CICATRISATION ENCODE®. 67
FIGURE 92: REPRESENTATION SCHEMATIQUE DU SOUTIEN GINGIVAL, DANS LE CAS D'UN PILIER PREFABRIQUE NON ANATOMIQUE (A GAUCHE), ET D'UN PILIER SUR MESURE (A DROITE). (CERANIC ET BULLIS 2012) 69
FIGURE 93: LES TROIS CHOIX DE PROFIL D'EMERGENCE POUR PILIER DEFINITIF ENCODE®. EN NOIR, LE DIAMETRE CORRESPONDANT A LA BASE DU PILIER. EN GRIS, LES LIMITES PROTHETIQUES DU PILIER. (BON DE COMMANDE ZIMMERBIOMET) 70
FIGURE 94: DIFFERENTS PROFILS D'EMERGENCE REALISES SUR MESURE : SYMETRIQUE SUR LE PILIER ENCODE® DE GAUCHE, ASYMETRIQUE SUR CELUI DE DROITE 71
FIGURE 95: DIFFERENTES HAUTEURS DE COL POUR UN MEME PILIER ENCODE®, ADAPTEES A L'ANATOMIE GINGIVALE. 71
FIGURE 96: VISUALISATION 3D ET VALIDATION DES PILIERS TITANE ENCODE® EN POSITION DE 21 ET 11 ® PAR LE PROTHESISTE DE LABORATOIRE (LABORATOIRE ROUILLARD, PARIS) 72
FIGURE 97: PILIER ENCODE® TITANE AVEC REVETEMENT EN NITRURE DE TITANE, POUR RESTAURATION SUPRA-IMPLANTAIRE CERAMO-CERAMIQUE EN POSITION DE 11. (CARPENTIERI ET DRAGO 2015) 73
FIGURE 98: VIS DE CICATRISATION ENCODE® BELLATEK™ DE HAUTEUR INSUFFISANTE EN POSITION DE 16. NOTER LA CICATRISATION GINGIVALE EN MESIAL RECOUVRANT UNE PARTIE DES CODES AXIAUX DE LA VIS ET RENDANT L'EMPREINTE SUPRA-IMPLANTAIRE IMPOSSIBLE. (DOCTEUR MESSICA, ERMONT) 75
FIGURE 99: CHANGEMENT DE VIS DE CICATRISATION. LA VIS DE LA FIGURE 98 A ETE DEVISSEE PUIS REMPLACEE PAR UNE VIS ENCODE® DE HAUTEUR SUPERIEURE. NOTER LA PRESENCE DE SANG EN VESTIBULAIRE CAUSEE PAR LE DEVISSAGE/REVISSAGE DE LA VIS. (DOCTEUR MESSICA, ERMONT) 75
FIGURE 100: EXEMPLES DE VIS DE CICATRISATION ENCODE® BELLATEK™ COMPOSEES DE 2 PARTIES DISTINCTES, A CONNEXION HEXAGONALE EXTERNE ET INTERNE (DE GAUCHE A DROITE RESPECTIVEMENT). (SOCIETE ZIMMERBIOMET) 76
FIGURE 101: VIS DE CICATRISATION ENCODE® BELLATEK™ A CONNEXION HEXAGONALE INTERNE (VIS DE GAUCHE), ET A CONNEXION HEXAGONALE EXTERNE (VIS DE DROITE). (DOCTEUR MESSICA, ERMONT) 76
FIGURE 102 : HAUTEUR NECESSAIRE POUR EXPOSER EN MESIAL (FLECHE VERTE) TOUS LES CODES OCCLUSAUX DE LA VIS DE CICATRISATION ENCODE® (DR MESSICA, ERMONT) 77
FIGURE 103: AUGMENTATION INESTHETIQUE DE LA HAUTEUR DE LA VIS DE CICATRISATION ENCODE® LORS D'ANGULATION IMPORTANTE DE L'IMPLANT. 77
FIGURE 104: DIAGRAMME DES DIFFERENTS TEMPS MOYENS DE RECEPTION DES ELEMENTS SUPRA-IMPLANTAIRES, SELON LE TYPE D'EMPREINTE EFFECTUEE ET SELON LE SYSTEME UTILISE (EN JOURS OUVRES). (DONNEES ZIMMERBIOMET) 79
FIGURE 105 : TABLEAU DES AVANTAGES ET INCONVENIENTS GENERAUX DE LA PROTHESE SCELLEE VERSUS VISSEE. (D'APRES (MAINJOT 2015)) 80
FIGURE 106 : MISE EN PLACE D'UNE COURONNE EN POSITION DE 22 PAR LE CONCEPT ENCODE®, NOTER LE BLANCHIMENT DES TISSUS MOUS PAR COMPRESSION. (LEIZE-ZAL ET AL. 2016) 81
FIGURE 107: MODELE TOUT EN PLATRE, EN VUE OCCLUSALE ET LATERALE, DONT LE PROFIL D'EMERGENCE A ETE FORE PAR ROBOCAST®, SUR LEQUEL LA PROTHESISTE CONFECTIONNERA LA PROTHESE DEFINITIVE (DOCTEUR MESSICA, ERMONT) 82
FIGURE 108 : FRACTURE VESTIBULAIRE APRES FORAGE CONSTATEE SUR UN MODELE ROBOCAST® (LEIZE-ZAL ET AL. 2016) 82
FIGURE 109 : MODELE ACRYLIQUE CONTENANT LES TRANSFERTS D'EMPREINTES CONVENTIONNELS A GAUCHE (« CONTROLE ») ET LES VIS DE CICATRISATION ENCODE® A DROITE (« TEST ») ENTOUREES PAR DU SILICONE SIMULANT LES TISSUS PERI-IMPLANTAIRES. (ELIASSON ET ORTORP 2012) 84
FIGURE 110: REPRESENTATION DES DIFFERENTES MESURES EFFECTUEES : POSITION DU CENTRE DE L'ANALOGUE D'IMPLANT SELON LES AXES X, Y, Z (A) ; ANGULATION DE L'ANALOGUE (B) ; POSITION/ROTATION DE LA CONNECTIQUE (C). 84
FIGURE 111: DISTORSIONS MOYENNES EN MICRONS DANS TOUS LES AXES DE L'ESPACE DU COTE « TEST » ET DU COTE « CONTROLE » 85
FIGURE 112: MODELE EPOXY DE REFERENCE 86
FIGURE 113: BARRES TITANE TRANSVISSEES AUX IMPLANTS 86
FIGURE 114 : TABLEAU DES RESULTATS DES MESURES DES DIFFERENCES VERTICALES EN MICROMETRES (μM) DES ANALOGUES D'IMPLANTS POUR LES QUATRE GROUPES, SELON CHAQUE POSITION ET ANGULATION. 87

FIGURE 115: MODELE DE REFERENCE AVEC LES VIS DE CICATRISATION ENCODE®(A), LES TRANSFERTS D'EMPREINTE A CIEL OUVERT (B), ET LES TRANSFERTS D'EMPREINTE A CIEL FERME (C) MIS EN PLACE. 88
FIGURE 116: TABLEAUX DES RESULTATS DES ECARTS ENTRE LES MESURES EFFECTUEES SUR LES MAITRES MODELES ET CELLES SUR LE MODELE DE REFERENCE, EN FONCTION DES DIFFERENTS IMPLANTS. 89
FIGURE 117: MODELE DE REFERENCE POLYMETHACRYLATE A GAUCHE, AVEC LES DIFFERENTS AXES DE MESURES. MAITRE MODELE EN PLATRE OBTENU APRES LES EMPREINTES A DROITE. 90
FIGURE 118 : TABLEAU DES RESULTATS DES DISTORSIONS MOYENNES MESUREES ENTRE LES MODELES EN DE REFERENCE/MAITRES MODELES EN ET LES MODELES DI DE REFERENCE/MAITRE MODELES DI, SELON L'AXE X, Y, Z, DISTORSION GLOBALE (R), DISTORSIONS ANGULAIRES XZ ET YZ. LES VALEURS NEGATIVES INDIQUENT UNE DIMINUTION DE LA DISTANCE OU DE L'ANGLE.... 91
FIGURE 119: MOYENNES SCHEMATISEES DES DISTORSIONS X, Y, Z, (R), YZ, XZ, POUR LES GROUPES EN ET DI. 91
FIGURE 120 : TABLEAU RECAPITULATIF DES DIFFERENTES ETUDES LIEES A LA TECHNOLOGIE ROBOCAST®, METHODES, MESURES ET RESULTATS. 93

Les opinions émises dans les dissertations présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, sans aucune approbation ni improbation de la Faculté de Chirurgie Dentaire

BINISTI (Lisa) – Transmission de la position implantaire via la vis de cicatrisation : le système Encode®. 2017. 116 pages : ill., tabl., graph. Réf. Biblio. : p.99-103.

Sous la direction de M. le Docteur Christophe AZEVEDO et Mme le Docteur Lena MESSICA

Th : Chir Dent. : Paris 7 : 2017

RESUME:

De nos jours, l'implantologie fait partie intégrante de notre arsenal thérapeutique. Depuis l'avènement des premiers implants, les systèmes implantaires n'ont cessé de se multiplier et de se perfectionner. Notamment ces dernières années avec l'apparition de nouvelles technologies numériques permettant d'acquérir plus de précision et de confort dans l'élaboration du projet implantaire et prothétique.

Le système Encode® (ZimmerBiomet Dental) propose une évolution des procédures conventionnelles de réhabilitation prothétique supra-implantaire, grâce à une technique d'empreinte des vis de cicatrisation, sans utilisation de transferts d'empreinte classiques. Le but étant de permettre la transmission de la position implantaire directement via cette vis encodée, et la confection d'un pilier anatomique faisant intervenir les technologies de conception informatique et d'usinage. L'objectif de ce travail de thèse consistera à savoir si ce système a de réels avantages dans l'élaboration d'une prothèse supra-implantaire vis-à-vis des systèmes standards, d'en juger sa précision et sa fiabilité à travers les écrits de la littérature et des illustrations cliniques.

TITRE en anglais: Transfer of Implant's position by healing abutment: the Encode® system.

DISCIPLINE : Prothèse, Implantologie

MOTS-CLES Français : implant dentaire, prothèse implanto-portée, vis de cicatrisation, empreinte supra-implantaire, CFAO, empreinte optique, piliers CFAO anatomiques, transfert d'empreinte.

MOTS-CLES Anglais : dental implant, digitally coded healing abutment, implant impression, digital impression, CAD/CAM anatomical abutment, impression coping.