



HAL
open science

Utilisation d'un système de CFAO autonome au cabinet dentaire dans la thérapeutique implantaire. Étude de cas cliniques

Maxence Sand

► To cite this version:

Maxence Sand. Utilisation d'un système de CFAO autonome au cabinet dentaire dans la thérapeutique implantaire. Étude de cas cliniques. Chirurgie. 2016. dumas-01464197

HAL Id: dumas-01464197

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01464197>

Submitted on 10 Feb 2017

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

Utilisation d'un système de CFAO
autonome au cabinet dentaire dans
la thérapeutique implantaire.
Etude de cas cliniques

THESE

Présentée et publiquement soutenue devant la

Faculté d'Odontologie de Marseille
(Doyen : Monsieur le Professeur Jacques DEJOU)

Aix Marseille Université
(Président : Monsieur le Professeur Yvon BERLAND)

Le 13 Décembre 2016

par

SAND Maxence

Né le 10 septembre 1992
à Aix en Provence

Pour obtenir le Diplôme d'Etat de Docteur en Chirurgie Dentaire

EXAMINATEURS DE LA THESE :

Président : Monsieur le Professeur M. RUQUET

Asseseurs : Monsieur le Docteur P. TAVITIAN
Monsieur le Docteur G. ABOUDHARAM
Monsieur le Docteur N. HENNER

FACULTÉ D'ODONTOLOGIE

UNIVERSITÉ D'AIX-MARSEILLE

DOYENS HONORAIRES	Professeur Professeur Professeur	A. SALVADORI R. SANGIUOLO [†] H. ZATTARA
DOYEN	Professeur	J. DEJOU
VICE – DOYEN CHARGÉ DES ENSEIGNEMENTS DIRECTEUR DU DÉPARTEMENT DE FORMATION INITIALE	Professeur	J.D. ORTHLIEB
VICE – DOYEN CHARGÉ DE LA RECHERCHE DIRECTEUR DU DÉPARTEMENT DE LA RECHERCHE	Professeur	C. TARDIEU
DIRECTEUR DU DÉPARTEMENT DE FORMATION CONTINUE	Professeur	V. MONNET-CORTI
CHARGÉS DE MISSION	Professeur Docteur Docteur	A. RASKIN P. SANTONI F. BUKIET
RESPONSABLE DES SERVICES ADMINISTRATIFS	Madame	C. BONNARD
PROFESSEURS ÉMÉRITES	Professeur Professeur Professeur	J. J. BONFIL F. LOUISE O. HUE

DOCTEURS HONORIS CAUSA DE L'UNIVERSITÉ D'AIX-MARSEILLE

PRÉSIDENT DE LA SECTION DE LA MÉDECINE DENTAIRE UNIVERSITÉ DE GENÈVE – SUISSE	J.N. NALLY	1972
DOYEN DE LA FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE UNIVERSITÉ DE PITTSBURGH – PENNSYLVANIE - USA	E. FOREST [†]	1973
DOYEN DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE UNIVERSITÉ DE GENÈVE – SUISSE	L.J. BAUME	1977
DOYEN HONORAIRE DE LA FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE UNIVERSITÉ DE BOSTON - MASSACHUSETTS – USA	H.GOLDMAN [†]	1984
UNIVERSITÉ DE GÖTEBORG – SUÈDE	P.I. BRÅNEMARK	1997

56 ^{ème} SECTION : DEVELOPPEMENT CROISSANCE ET PREVENTION

56 I ODONTOLOGIE PÉDIATRIQUE

Professeur	C. TARDIEU *	Assistant	A. CAMOIN
Maître de Conférences	D. BANDON	Assistant	C. CAPORGNO
Maître de Conférences	A. CHAFAIE	Assistant	I. BLANCHET
		Assistant	C. KHOURY

56.2 ORTHOPÉDIE DENTO-FACIALE

Maître de Conférences	J. BOHAR	Assistant	L. LEVY-DAHAN
Maître de Conférences	D. DEROZE	Assistant	S. MARION des ROBERT
Maître de Conférences	E. ERARD	Assistant	C. MITLER
Maître de Conférences	J. GAUBERT	Assistant	J. SCHRAMM
Maître de Conférences	M. LE GALL *	Assistant	A. PATRIS-CHARRUET
Maître de Conférences	C. PHILIP-ALLIEZ		

56.3 PRÉVENTION - ÉPIDÉMIOLOGIE - ÉCONOMIE DE LA SANTÉ - ODONTOLOGIE LÉGALE

Professeur	B. FOTI *	Assistant	R. LAN
Maître de Conférences	D. TARDIVO		

*Responsable de la sous-section

57^{ème} SECTION :
SCIENCES BIOLOGIQUES, MÉDECINE ET CHIRURGIE BUCCALE

57.1 PARODONTOLOGIE

Professeur	V. MONNET-CORTI *	Assistant	A. MOREAU
		Assistant	N. HENNER
		Assistant	M. PIGNOLY
		Assistant	V. MOLL

57.2 CHIRURGIE BUCCALE – PATHOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE - ANESTHÉSIOLOGIE – RÉANIMATION

Maître de Conférences	D. BELLONI	Assistant	U. ORDIONI
Maître de Conférences	J. H. CATHERINE *	Assistant	E. MASSEREAU
Maître de Conférences	P. ROCHE-POGGI	Assistant	A. BOUSSOUAK

57.3 SCIENCES BIOLOGIQUES BIOCHIMIE, IMMUNOLOGIE, HISTOLOGIE, EMBRYOLOGIE, GÉNÉTIQUE, ANATOMO-PATHOLOGIE, BACTÉRIOLOGIE, PHARMACOLOGIE

Maître de Conférences	P. LAURENT	Assistant	P. RUFAS
Maître de Conférences	C. ROMBOUTS		

65^{ème} SECTION : BIOLOGIE CELLULAIRE

Professeur	I. ABOUT* (Responsable de la sous-section 57.3)
------------	---

*Responsable de la sous-section

58^{ème} SECTION :
 SCIENCES PHYSIQUES ET PHYSIOLOGIQUES, ENDODONTIQUES ET PROTHETIQUES

58.1 ODONTOLOGIE CONSERVATRICE, ENDODONTIE

Professeur	H. TASSERY	Assistant	A. BESSON
Maître de Conférences	G. ABOUDHARAM	Assistant	L. ROLLET
Maître de Conférences	F. BUKIET	Assistant	M. GLIRPO
Maître de Conférences	S. KOUBI	Assistant	S. MANSOUR
Maître de Conférences	C. PIGNOLY	Assistant	H. DE BELENET
Maître de Conférences	L. POMMEL *	Assistant	A. FONTES
Maître de Conférences	G. SUSINI		
Maître de Conférences	E. TERRER		
Maître de Conférences	M. GUIVARC'H		

58.2 PROTHÈSE PROTHÈSE CONJOINTE, PROTHÈSE ADJOINTE PARTIELLE, PROTHÈSE TOTALE, PROTHÈSE MAXILLO-FACIALE

Professeur	M. RUQUET		
Maître de Conférences	P. SANTONI *	Assistant	A. FERDANI
Maître de Conférences	G. LABORDE	Assistant	M. ESTOESTA
Maître de Conférences	M. LAURENT	Assistant	A. SETTE
Maître de Conférences	P. MARGOSSIAN	Assistant	C. NIBOYET
Maître de Conférences	B.E. PRECKEL	Assistant	C. MENSE
Maître de Conférences	M. RUQUET	Assistant	A. VUILLEMIN
Maître de Conférences	G. STEPHAN		
Maître de Conférences	P. TAVITIAN		
Maître de Conférences	A. TOSELLO		

58.3 SCIENCES ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES OCCLUSODONTOLOGIE, BIOMATÉRIAUX, BIOPHYSIQUE, RADIOLOGIE

Professeur	J. DEJOU	Assistant	T. GIRAUD
Professeur	J. D. ORTHLIEB *	Assistant	M. JEANY
Professeur	A. RASKIN		
Maître de Conférences	A. GIRAUDEAU		
Maître de Conférences	J. P. RE		
Maître de Conférences	B. JACQUOT		

*Responsable de la sous-section

Monsieur le Professeur Ruquet,

Je vous remercie chaleureusement d'avoir accepté de présider cette thèse. Je vous remercie pour ces 3 années de cliniques à vos cotés. Vous m'avez enseigné les principes de la prothèse et m'avez accompagné dans la réalisation de mes cas simples et complexes. Merci pour toute la confiance que vous m'avez accordée.

Monsieur le Docteur Tavitian,

Je vous remercie d'avoir accepté de diriger cette thèse. Vous m'avez appris ce qu'est l'implantologie orale et je vous en remercie. Je vous remercie également d'avoir été disponible et à mon écoute. J'ai pris plaisir à vous assister et apprendre à vos côtés. Je vous remercie de la confiance que vous m'avez accordée quant à la gestion de cas complexes au sein du pavillon.

Monsieur le Docteur Aboudharam,

Je vous remercie de participer à ma thèse. Je vous remercie de votre gentillesse et votre générosité. Vous avez changé ma façon de concevoir la dentisterie. Je vous remercie de m'avoir donné goût à la dentisterie numérique. J'ai beaucoup appris à vos côtés. Je vous remercie pour toute la confiance que vous m'avez accordée durant mes études. Et grâce à vous le tout céramique n'a plus de secret pour moi.

Monsieur le Docteur Henner,

Je vous remercie de participer à ma thèse. Vous m'avez ouvert les yeux sur ce qu'est la parodontologie moderne et je vous en remercie. Vous avez toujours été disponible et à mon écoute. Je vous remercie de la confiance que vous m'avez accordée lorsqu'il était venu le temps pour moi de prendre la main lors d'une chirurgie.

Sommaire

Introduction	1
1 Place du projet prothétique dans la planification implantaire	2
1.1 Projet implanto-prothétique :	2
1.1.1 Définition	2
1.1.2 Etapes initiales du projet prothétique	3
1.1.2.1 Echanger avec le patient.....	3
1.1.2.2 Analyse des éléments cliniques	4
1.1.2.2.1 Examen exo-buccal.....	4
1.1.2.2.3 Examen endo-buccal	5
1.1.3 Analyse des modèles d'études sur articulateur	6
1.1.4 Objectifs.....	6
1.2 Conception virtuelle du projet prothétique :	7
1.3 Planification implantaire numérique	8
1.3.1 Définition	8
1.3.2 Intérêts	9
1.3.2.1 Repérer la localisation des obstacles anatomiques critiques.....	9
1.3.2.1.1 Le sinus maxillaire.....	10
1.3.2.1.2 Le nerf alvéolaire inférieur	10
1.3.2.1.3 Le foramen mentonnier et la crose du nerf alvéolaire inférieur	11
1.3.2.1.4 Vaisseaux et risques hémorragiques.....	11
1.3.2.2 Evaluation du volume osseux disponible	12
1.3.2.3 Planification implantaire proprement dite	13
1.3.3 Recommandations actuelles en imagerie implantaire.....	13
1.3.3.1 Indications respectives du scanner et du cone beam en odontostomatologie	15
1.3.3.1.1 Cone beam.....	15
1.3.3.1.2 Scanner.....	15
1.3.4 Transfert des données d'imagerie sur un logiciel de planification implantaire	15
1.3.5 Couplage des données DICOM avec le projet prothétique (interactive work-flow) ...	16
1.3.5.1 Système nécessitant la réalisation d'un guide radiologique	16
1.3.5.1.1 Concept Nobel Clinician [®] et Nobel Guide [®] (NobelBiocare [®]).....	16
1.3.5.2 Système ne nécessitant pas de guide radiologique : utilisation d'empreinte numérique associée au logiciel de planification implantaire	18
1.3.5.2.1 Le système 3Shape [®]	18
1.3.5.2.1.1 Etape de la planification numérique implantaire, cas clinique.	18
1.3.5.2.1.2 Avantages et inconvénients	21
1.4 Planification chirurgicale	22
1.4.1 Concept de chirurgie guidée définition et intérêt.....	22
1.4.2 Les différents guides chirurgicaux réalisés par CFAO	24
1.4.2.1 Guides réalisé par stéréolithographie	24
1.4.2.2 Guide réalisé par usinage soustractif : conception d'un guide chirurgical au cabinet dentaire par CFAO avec le système CEREC [®] (Sirona [®]).....	24
1.5 Phase prothétique, les nouveaux concept de l'apport numérique	27
1.5.1 Empreinte implantaire	27
1.5.1.1 Système BellaTek [®] Encode [®]	28
1.5.1.2 Système Sirona [®]	29
1.5.1.2.1 Avantages et inconvénients du Ti Base	30
1.5.2 Les nouveaux matériaux de restauration implantaire.....	31

1.5.2.1	Les céramiques polycristallines ou céramiques à base de zircono.....	31
1.5.2.2	Les Céramiques feldspathiques.....	32
1.5.2.3	Les céramiques hybrides.....	35
1.5.2.4	Les résines.....	36
2	Utilisation du système CEREC® de Sirona® en implantologie, étude de cas cliniques.....	38
2.1	Description du système.....	38
2.1.1	Présentation et justification du choix du système.....	38
2.1.1.1	Le système d'empreintes CEREC®.....	38
2.1.1.1.1	La Bluecam®.....	39
2.1.1.1.2	L'Omnica®.....	39
2.1.1.1.3	Comparatif entre la Bluecam® et l'Omnica®.....	40
2.1.1.2	Unités d'usinages.....	41
	La CEREC MC® usine des restaurations anatomiques de dents isolées avec des tailles de bloc allant jusqu'à 20 mm.....	41
2.1.2	Indications et possibilités thérapeutiques.....	41
	Les indications thérapeutiques sont :.....	41
2.2	Cas cliniques.....	42
2.2.1	Cas n° 1 : Implant unitaire sur 36 et chirurgie totalement guidée.....	42
2.2.1.1	Présentation du cas (Dr Miller Rick).....	42
2.2.1.2	Etape 1 : Projet prothétique.....	42
2.2.1.3	Etape 2 : Planification implantaire.....	43
2.2.1.4	Etape 3 : Conception virtuelle et usinage du guide chirurgical.....	46
2.2.1.5	Etape 4 : Phase chirurgicale guidée.....	49
2.2.1.6	Etape 6 : Phase prothétique, conception de la prothèse implantaire d'usage.....	50
2.2.1.6.1	Empreinte optique.....	50
2.2.1.6.2	Modélisation prothétique.....	51
2.2.1.6.3	Choix du matériau prothétique et usinage.....	52
2.2.1.6.4	Maquillage et glaçage.....	52
2.2.1.6.5	Assemblage de la coiffe et de l'embase de connexion implantaire (Ti Base).....	53
2.2.1.6.6	Pose en bouche.....	53
2.2.2	Cas cliniques n° 2 : Planification implantaire et chirurgie guidée.....	54
2.2.2.1	Présentation du cas (Dr Dinahet Bertrand).....	54
2.2.2.2	Etude du cas.....	54
2.2.2.3	Planification prothétique.....	54
2.2.2.4	Planification implantaire.....	55
2.2.2.4.1.1	Planification implantaire sur 11 et 12.....	55
2.2.2.4.2	Planification implantaire sur 14 et 16.....	55
2.2.2.4.3	Planification implantaire sur 26.....	55
2.2.2.5	Modélisation du guide chirurgical.....	56
2.2.2.6	Phase chirurgicale.....	57
2.2.3	Cas n° 3 : Implantation et mise en charge immédiate sur pilier implantaire anatomique personnalisé.....	58
2.2.3.1	Présentation du cas (Sirona®).....	58
2.2.3.2	Pose de l'implant, empreinte optique et modélisation.....	58
2.2.3.3	Usinage et assemblage des pièces prothétiques.....	59
2.2.3.3.1	Le pilier anatomiques implantaire.....	59

2.2.3.3.2	La couronne provisoire	59
2.2.3.3.3	La couronne définitive	60
2.2.4	Cas cliniques n°4 : prothèses implantaire plurales scellées sur pilier implantaire ..	60
2.2.4.1	Présentation du cas (Dr Le Corre Yann)	60
2.2.4.2	Empreinte optique	60
2.2.4.3	Modélisation prothétique.....	61
2.2.4.4	Usinages des piliers implantaire	61
2.2.4.5	Pose des piliers en bouche et empreinte optique.....	62
2.2.4.6	Modélisation des couronnes	62
2.2.4.7	Usinages des couronnes.....	63
2.2.4.8	Pose des prothèses en bouche	63
2.2.1	Cas cliniques n°4 bis : prothèse implantaire plurale scellée sur pilier implantaire (Dr Yann Le Corre)	64
3	Discussion, avantages et limites du système CEREC® dans la thérapeutique implantaire.....	65
3.1	Avantages	65
3.1.1	Phase implantaire	65
3.1.1.1	Planification implantaire	65
3.1.1.2	Temporisation.....	65
3.1.2	Phase prothétique.....	65
3.1.2.1	Empreinte optique :	65
3.1.2.2	Conception virtuelle de la prothèse :	66
3.1.2.3	Gestion de l'occlusion et des points de contacts	66
3.1.2.4	Conception de la prothèse en une séance	66
3.1.2.5	Gestion fracture prothétique	67
3.1.2.6	Précision de l'adaptation interne et marginale des coiffes scellé sur implant	67
3.1.2.7	Comparaison des différents matériaux de restaurations implantaire	67
3.2	Inconvénients et Limites	68
3.2.1	Planification implantaire	68
3.2.2	Phase prothétique.....	68
3.2.2.1	Empreinte optique et précision.....	68
3.2.2.2	Difficultés d'empreintes des piliers implantaire sous gingivaux.....	69
3.2.2.3	Conception prothétique	69
	Conclusion.....	70
	Bibliographie.....	B1
	Table des figures.....	B4

Introduction

L'implantologie est une discipline en pleine évolution au sein des cabinets dentaires. Les innovations technologiques ont permis d'offrir au chirurgien dentiste la possibilité de réaliser de nombreuses interventions au sein de son cabinet grâce à l'apport de la conception et de la fabrication assistées par ordinateur (CFAO). Ces innovations permettent au praticien d'être plus précis et d'offrir des soins et des restaurations de meilleures qualités et longévités aux patients tout en assurant une sécurité optimale. L'apport de la CFAO permet de simuler virtuellement le projet prothétique du patient, de planifier la chirurgie implantaire, de concevoir des guides chirurgicaux et de réaliser la prothèse. Il s'agit donc d'un véritable atout technologique en pleine évolution.

L'objectif de ce travail est de montrer les différentes applications de la CFAO aux travers de cas cliniques utilisant le système CEREC® de Sirona®.

1 Place du projet prothétique dans la planification implantaire

1.1 Projet implanto-prothétique :

1.1.1 Définition

La réussite de toute thérapeutique prothétique exige une analyse exhaustive de la situation clinique, tant anatomique que fonctionnelle et esthétique afin d'établir un plan de traitement voué au succès. En implantologie, c'est grâce à l'analyse pré-implantaire et au fondement du projet prothétique que l'on pourra formuler un pronostic et aboutir à sa réussite (3).

Les restaurations prothétiques doivent s'intégrer harmonieusement dans les particularités du cadre facial pour répondre aux exigences fonctionnelles et esthétiques. Ce concept global sous-entend :

- Une **intégration morphologique**, où les formes dépendent de réseaux de relations entre le visage et les lèvres, les lèvres et les dents, les dents et le parodonte ;
- Une **intégration biologique**, où l'entité implanto-muqueuse aux caractéristiques histologiques particulières (absence de ligament parodontal et absence de ciment) montre une similitude avec les composants épithéliaux et conjonctifs de l'entité dento-gingivale. Il en résulte que l'aménagement des tissus péri-implantaires visera à créer autour du pilier implantaire une anatomie ayant comme modèle le parodonte marginal. Soutien osseux, présence de tissus kératinisés, et création d'un espace biologique péri-implantaire constitueront les objectifs principaux, garants d'une stabilité tissulaire ;
- Une **intégration esthétique** où les paramètres dento-faciaux seront évalués en fonction de la composition dentaire (dents et tissus de soutien), la composition dento-faciale (dents et cadre labial lors de différentes expressions), la composition vestibulaire du visage (bouche, nez ,yeux), et la composition faciale (visage dans son ensemble) ;
- Une **intégration fonctionnelle** où l'harmonie des rapports occlusaux pérennise la stabilité occlusale dans la morphologie individuelle et la cinématique mandibulaire ; on y associera une dimension verticale compatible (3).

Le traitement prothétique implantaire dépend de six facteurs :

- Une analyse pré-implantaire ;
- La chirurgie pré-implantaire d'augmentation ;
- Le positionnement optimal et précis tridimensionnel de l'implant ;
- L'aménagement des tissus mou péri implantaire visant à obtenir des contours stables, esthétiques, harmonieux et festonnés, avec une épaisseur suffisante de gencive kératinisée tout en préservant l'intégrité des papilles ;
- L'axe implantaire compatible avec les options thérapeutiques ;
- La qualité de la restauration prothétique.

Ces facteurs constituent les déterminants principaux de la réussite d'un projet implantaire (3).

1.1.2 Etapes initiales du projet prothétique

1.1.2.1 Echanger avec le patient

Lors d'une première consultation avec le patient, il faut cerner ses attentes, ses doutes et les répercussions psychologiques qui en découlent. On va pouvoir déterminer la motivation dont il dispose à l'égard du traitement envisagé. Nous avons l'obligation de l'informer sur l'ensemble des techniques de restauration, même si nous avons compris dans son discours qu'il rejette certains traitements. Il convient de bien interpréter la nature de la demande du patient formulée avec ses propres mots. A partir de l'anamnèse, et à la lumière du diagnostic établi, le praticien pourra orienter le patient vers la solution prothétique conjointe, adjointe, amovible, amovible stabilisé par des implants ou fixe implanto-portée.

Il convient également de se renseigner sur son état général afin de poser l'indication ou la contre indication d'un traitement implantaire.

L'état de santé sera évalué par l'intermédiaire du questionnaire médical et un échange éventuel avec le médecin traitant. On recherchera les antécédents médicaux, les pathologies, les traitements médicamenteux, les antécédents chirurgicaux et les allergies.

L'état psychologique et son niveau de compréhension seront à prendre en compte, car il est nécessaire de donner des explications claires et adaptées afin d'éviter les malentendus au cours et en fin de traitement.

La motricité et la dextérité du patient donnent des indications sur ses capacités à assurer l'hygiène d'une prothèse sur implant. Une prothèse amovible sera plus simple à entretenir qu'une prothèse fixe (17).

1.1.2.2 Analyse des éléments cliniques

1.1.2.2.1 Examen exo-buccal

Le praticien doit analyser certains critères esthétiques exo-buccaux lors de la première consultation avant toute thérapeutique. La prise de photo du visage du patient (face et profil) permet d'aider le clinicien. Cet examen comporte :

- 1) Examen des articulations temporo-mandibulaires à la recherche d'une gêne, de douleurs, de trismus, de déviations en ouverture/ fermeture, de craquements et de claquements (3).
- 2) Examen du sourire : La position de la ligne du sourire est un paramètre capital à observer. Il faudra se référer à la classification de la ligne du sourire et la visibilité du parodonte (d'après Liébart et al. 2004).
 - La classe 1 : la ligne du sourire très haute découvre un bandeau continu de gencive de 3 mm ou plus de hauteur ;
 - La classe 2 : ligne haute du sourire correspondant à un sourire qui découvre un bandeau continu de gencive de moins de 2 mm de hauteur ;
 - La classe 3 : ligne moyenne du sourire ne présentant que les espaces interdentaires remplis ou non par les papilles ;
 - La Classe 4 : ligne basse du sourire ne découvrant pas de parodonte.

Cette classification aura une incidence importante sur la réhabilitation prothétique (5).

- 3) Examen du type et de la forme des lèvres, de l'état des commissures labiales et du soutien de la lèvre supérieure et des joues.

4) Face et profil :

- Les lignes horizontales du visage doivent être parallèles ;
- Le plan sagittal médian doit être perpendiculaire aux lignes horizontales ;
- La hauteur des étages faciaux, leurs rapports et déséquilibres éventuels.
- L'examen de l'étage inférieur de la face va permettre d'établir si la dimension verticale d'occlusion (DVO) est adaptée ou pas. La modification de la DVO peut être liée à une prothèse ancienne ou inadaptée ou l'absence de compensation de l'édentement. Il s'agit d'un critère important à analyser accentuant le vieillissement du visage. (3)

1.1.2.3 Examen endo-buccal

L'examen endo-buccal classique rassemble les caractéristiques bucco-dentaire du patient et s'attache à l'identification des éléments déterminants au regard du projet implanto-prothétique tels que :

1) Le bilan parodontal : La parodontologie et l'implantologie sont étroitement liées. L'implantologie permet dans certains cas la réhabilitation prothétique d'un édentement consécutif à une atteinte parodontale. Des mécanismes comparables à ceux qui agressent les tissus de soutien de l'organe dentaire peuvent menacer les implants endo-osseux. L'obtention d'un contexte parodontal respectueux de l'espace biologique péri-implantaire facilite les étapes prothétiques et la maintenance, pérennise l'intégration tissulaire implantaire et améliore le pronostic de la réhabilitation. (3)

2) L'analyse occlusale :

- La classification d'Angle ;
- Le plan occlusal par rapport au plan de Camper ;
- Les mouvements mandibulaires dynamiques : propulsion, diduction droite et gauche (3).

3) Examen prothétique :

- La présence de prothèse conjointe et adjointe ;
- L'espace prothétique disponible (hauteur occlusale prothétique utilisable et volume prophétiquement utilisable) ;
- La phonation (3).

4) Evaluation esthétique :

- La ligne du sourire et le soutien des lèvres ;
- La forme de l'arcade en V ou en U ;
- Le biotype gingival ;
- La ligne de collet ;
- Le rapport avec les dents antagonistes (3).

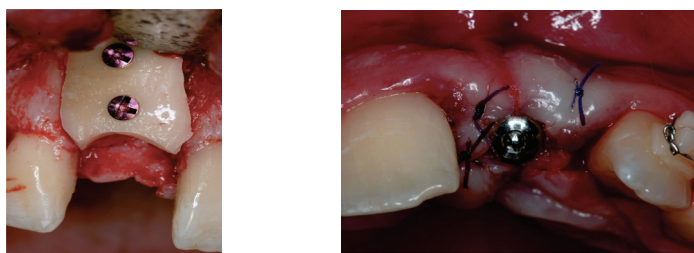
1.1.3 Analyse des modèles d'études sur articulateur

Le praticien réalise ensuite des modèles d'études montés sur articulateur avant de confectionner des cires diagnostiques (*wax up*) et/ou un montage directeur. Ces modélisations en cire permettent de visualiser l'espace prothétique disponible ainsi que d'étudier les possibilités prothétiques. Il est aujourd'hui possible d'étudier et planifier un traitement prothétique sur un logiciel informatique tel que le système CEREC® de Sirona®, en utilisant le digital work-flow.

1.1.4 Objectifs

L'objectif principal de ce projet prothétique est de planifier le ou les implants en fonction de la position de la prothèse et non en fonction du volume osseux. Si le volume osseux ne constitue plus une priorité aujourd'hui, il représente plutôt un élément secondaire qu'il convient toutefois d'étudier avec la plus grande attention.

Afin de pallier un **déficit osseux**, différents types d'aménagements pré ou per-implantaires représentent de nos jours des traitements de plus en plus prédictibles qui tendent à devenir « routiniers » (26). En fonction de la situation clinique, différentes techniques d'augmentations osseuses seront indiquées et nous permettront ultérieurement de positionner nos implants « *là où on en a besoin* » d'un point de vue strictement prothétique au vu de notre projet et pas « *là où il y a de l'os* » en quantité suffisante pour les recevoir (21). Nous ne détaillerons pas les greffes d'aménagement osseux lors de cette thèse.



**Figure 1 : De gauche à droite : greffe osseuse autogène, pose de l'implant sur le site greffé après cicatrisation.
(Dr Russe Phillippe)**

Le projet prothétique permet également la réalisation d'un montage directeur et d'une prothèse provisoire qui permettent de simuler la future prothèse en bouche. Ceci permet de valider auprès du patient et de confirmer la faisabilité du projet. Cette prothèse provisoire pourra être ensuite transformée en un éventuel guide radiologique et chirurgical et même être utile pour une mise en charge immédiate sur les implants lors de la phase chirurgicale.



**Figure 2 : De gauche à droite : photo de l'analyse de la hauteur prothétique utilisable sur articulateur, photo du montage directeur, photo de la prothèse provisoire transvissé sur implant issu du projet prothétique.
(Collection personnelle)**

1.2 Conception virtuelle du projet prothétique :

L'incorporation de l'ingénierie virtuelle en dentisterie et la numérisation de l'information offrent de nouvelles perspectives et des alternatives innovantes pour les modalités de traitements dentaires. L'utilisation de scanners numériques avec des logiciels de planification chirurgicale permet le couplage des données radiographiques, prothétiques et chirurgicales permettant la planification complète de traitement numérique (24).

Les systèmes de conceptions virtuelles permettent la réalisation d'un wax up numérique notamment avec la fonction wax up numérique du CEREC® (33).

Il existe différentes options pour réaliser ce wax up virtuel :

- A partir de l’empreinte optique d’un wax up préalablement réalisé sur un modèle en plâtre conventionnel ;
- A partir de la base de données contenue dans le logiciel CEREC® ;
- En copiant la morphologie de la dent controlatérale si elle est présente.

Ce protocole de traitement est actuellement réservé à des édentements de faibles étendues, ce qui en limite grandement l’intérêt. Cependant, nous pouvons tout de même reconnaître des atouts à ce système innovant représentant un véritable outil de communication avec le patient. Il autorise en effet la visualisation de la future réhabilitation prothétique modélisée sur l’écran ainsi que l’ensemble des étapes thérapeutiques qui vont suivre, ce qui peut l’impliquer d’avantage dans son traitement.

Ce système procure également une autonomie non négligeable au praticien.

Ce wax up numérique va être couplé à l’imagerie cone beam afin de réaliser la planification implantaire (11).

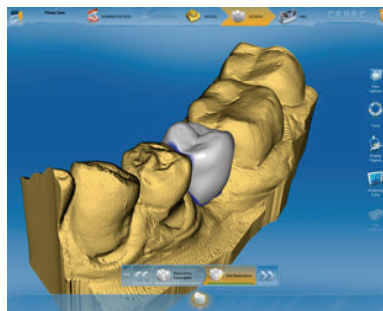


Figure 3 : Modélisation 3D d’un projet prothétique avec le système CEREC®. (de Calmès, 2011)

1.3 Planification implantaire numérique

1.3.1 Définition

La planification implantaire est une phase clé pour la réussite de tout traitement implantaire. Elle peut se mener lorsque l’examen radiologique a été réalisé avec ou sans guide radiologique radio-opaque. Avec un logiciel 3D, le chirurgien a la possibilité d’effectuer un repérage anatomique avant la chirurgie. Il peut localiser les éléments anatomiques à risques tels que le sinus, le nerf alvéolaire inférieur, le canal incisif antérieur au maxillaire et les fosses nasales. Il peut également déterminer le degré de cicatrisation osseuse post-extractionnelle.

Les fonctions des logiciels permettent de mesurer les zones édentées dans le sens horizontal et vertical, pour évaluer au mieux les dimensions des implants à poser dans ces sites. De même, les densités osseuses sont accessibles et peuvent suggérer une modification de la séquence de forage dans le sens d'un sous forage de certains sites ou de l'usage d'un taraud dans d'autres. La simulation informatique permet, donc, de procéder à la pose d'implants et de piliers à partir d'une large bibliothèque d'implants et de piliers. Des longueurs et des diamètres différents peuvent être comparés ainsi que l'angulation de chacun des implants à poser, accompagnés de leur pilier (9).

1.3.2 Intérêts

L'intérêt majeur de la planification est de positionner l'implant de façon idéale en accord avec le projet prothétique.

Lorsque le volume osseux est insuffisant ou mal situé par rapport aux exigences prothétiques, il est nécessaire de recourir à des greffes osseuses (1). Ce type d'intervention plus ou moins lourd et invasif rallonge considérablement la durée globale du traitement et va de paire avec une augmentation non négligeable du coût de la réhabilitation (36). L'implantologie assistée par ordinateur s'impose aujourd'hui comme une alternative à ces augmentations osseuses en optimisant le volume osseux disponible au niveau du site implantaire grâce à une analyse fine et précise des bases osseuses.

1.3.2.1 Repérer la localisation des obstacles anatomiques critiques

L'imagerie nous apporte de nombreuses informations concernant la localisation précise de structures anatomiques à risques (sinus, fosses nasales, nerf alvéolaire inférieur, foramen mentonnier, artère linguale et autres vaisseaux à risques hémorragiques). La planification implantaire doit intégrer ces données pour que le clinicien ait une marge de sécurité suffisante, afin d'obtenir le moins de complications et de conséquences possibles. Les logiciels de simulations apportent en ce sens une aide complémentaire en autorisant la mise en évidence de ces obstacles anatomiques (9).

1.3.2.1.1 Le sinus maxillaire

L'imagerie doit pouvoir renseigner sur l'anatomie sinusienne ainsi que sur ses particularités. Le clinicien doit repérer :

- L'existence de septum, correspondant à des cloisons osseuses dont la présence peut modifier le protocole chirurgical en impliquant un risque majoré de perforation de la membrane sinusienne (30) ;
- L'état de la membrane de Schneider ainsi que la perméabilité de l'ostium (7) ;
- La présence d'une pathologie sinusienne, notamment si une greffe de sinus est envisagée. Une consultation chez un médecin ORL sera envisagée en cas de modification de la position de la membrane sinusienne ;
- La position de l'artère alvéolo-antrale dans le cas d'une greffe par voie d'abord vestibulaire.

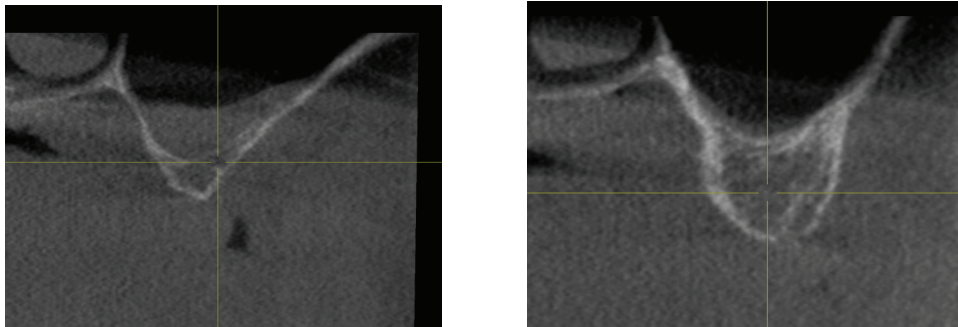


Figure 4 : De gauche à droite : coupe coronale d'un sinus présentant une inflammation chronique de sa muqueuse, coupe coronale d'un sinus sain. (Collection personnelle)

1.3.2.1.2 Le nerf alvéolaire inférieur

Le nerf alvéolaire inférieur est le principal obstacle anatomique à la mandibule. Sa lésion induit des conséquences neurologiques majeures. C'est la raison pour laquelle une marge de sécurité de 2 mm doit impérativement être respectée afin de préserver les petites ramifications nerveuses pouvant être comprimées lors de la chirurgie (19).

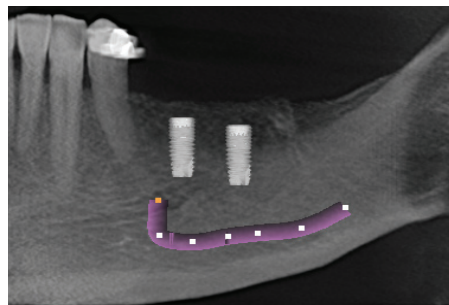


Figure 5 : Coupe panoramique montrant le trajet du nerf alvéolaire inférieur en violet en fonction de la position des implants. (Collection personnelle)

1.3.2.1.3 Le foramen mentonnier et la crosse du nerf alvéolaire inférieur

L'émergence du nerf mentonnier présente parfois une boucle antérieure qu'il convient de détecter radiologiquement, son anatomie est inconstante. Une distance de sécurité de 2 mm doit également être préservée ici (19).

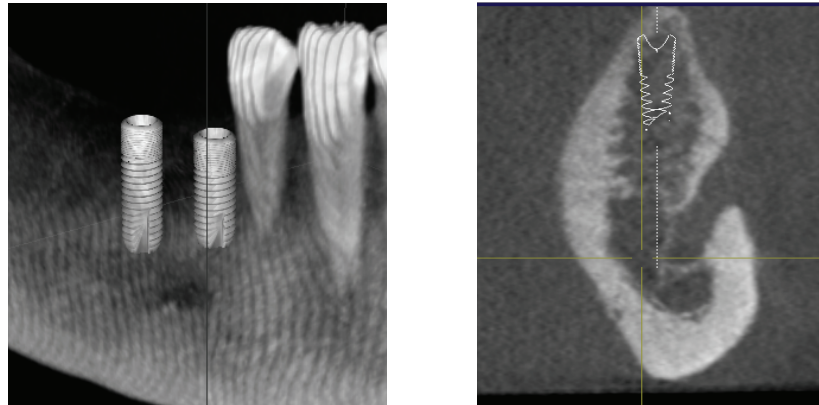


Figure 6 : De gauche à droite : coupe 3D montrant le foramen mentonnier, coupe coronale montrant l'émergence du nerf mentonnier. (Collection personnelle)

1.3.2.1.4 Vaisseaux et risques hémorragiques

Lors d'une chirurgie implantaire dans la zone postérieure mandibulaire, l'application d'un axe ou d'une profondeur de forage ne tenant pas compte du relief mandibulaire peut conduire à une perforation de la corticale interne, associée à un risque d'atteinte du réseau vasculaire à l'origine d'hémorragies sous-mylohyoïdiennes (17). Il convient donc de repérer la présence de concavités linguales à la mandibule, impliquant un risque de lésion des artères submentale et sublinguale ou encore d'atteinte du nerf lingual (19).

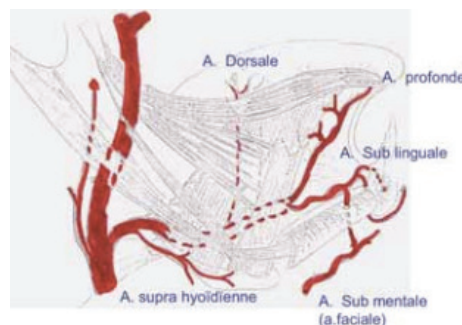


Figure 7 : Représentation schématique de l'anatomie vasculaire du plancher buccal. (Gabriele Rosano et al, 2008)

Deux points importants se dégagent ici :

- L'importance de disposer d'une technique d'imagerie de qualité alliant fiabilité, précision et permettant de localiser rigoureusement ces obstacles anatomiques à risque, d'où l'intérêt de l'imagerie sectionnelle ;
- La nécessité d'intégrer ces informations cruciales lors de la phase chirurgicale (intérêt des guides chirurgicaux et de la chirurgie assistée par ordinateur).

L'implantologie assistée par ordinateur s'impose alors comme un outil de choix afin d'assurer un positionnement optimal des implants avec des mesures de sécurités optimales.

1.3.2.2 Evaluation du volume osseux disponible

L'évaluation correcte du volume et de la qualité osseuse représente un enjeu majeur au stade de la planification. Elle aura des conséquences sur la phase chirurgicale en modifiant les séquences de forages, sur la stabilité primaire et secondaire de l'implant et donc sur l'ostéo-intégration (40).

La classification décrite par Lekholm et Zarb en 1985 est la plus utilisée. Elle est fondée sur la distribution de volume entre les tissus osseux corticaux et spongieux.

- Type 1 : l'os est dense, composé principalement d'os compact ;
- Type 2 : l'os comprend une couche épaisse d'os compact entourant un noyau d'os spongieux dense ;
- Type 3 : l'os comporte une couche fine d'os cortical entourant un noyau d'os spongieux dense ;
- Type 4 : l'os comprend une couche très fine d'os cortical entourant un noyau d'os spongieux de faible densité (10).

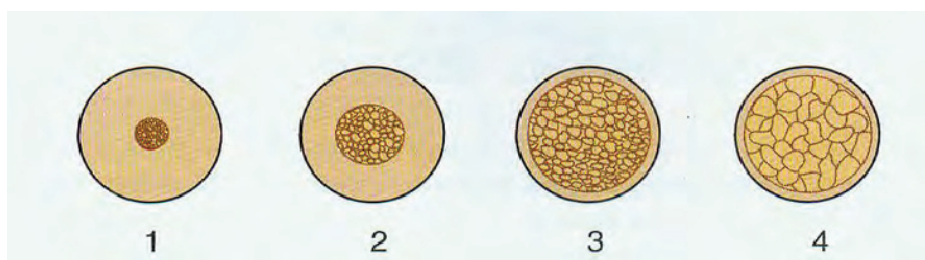


Figure 8 : Classification de la densité osseuse décrite par Lekholm et Zarb en 1985. (Lekholm et Zarb, 1985)

1.3.2.3 Planification implantaire proprement dite

C'est sur la base des informations apportées par ces clichés radiologiques que le site implantaire, la longueur, le diamètre, le design mais aussi le positionnement implantaire tridimensionnel seront déterminés afin d'assurer le meilleur pronostic de la future restauration prothétique (39).

La planification implantaire peut se faire soit en deux dimensions (2D) soit en trois dimensions (3D).

La planification conventionnelle est réalisée en 2D à l'aide de calques fournis par les fabricants et indiquant la silhouette des implants disponibles. Ils sont superposés aux clichés radiologiques (versions imprimées) afin de vérifier par transparence le volume d'os périphérique disponible ainsi que la proximité de structures anatomiques. Les calques indiquent également, par un repère apical, la position de la pointe du foret qui sera utilisée de façon à prévoir une distance de sécurité.

La planification 3D est réalisée sur un logiciel d'implantologie assistée par ordinateur. Le praticien dispose de bibliothèques d'implants et peut réaliser une planification dynamique en fonction du projet prothétique et des informations anatomiques apportées par l'imagerie. Le positionnement tridimensionnel de l'implant retenu est alors intégré sur toutes les coupes disponibles.

L'imagerie occupe une place majeure au sein de la thérapeutique en aiguillant le diagnostic pré-implantaire. L'évolution de cette discipline s'est notamment faite en parallèle et à travers le développement d'une imagerie de plus en plus fine ayant pour principale objectif un diagnostic plus précis, garant d'une sécurité opératoire accrue (12).

1.3.3 Recommandations actuelles en imagerie implantaire

La mise en place d'implants dentaires nécessite une connaissance précise des sites à planter et des structures anatomiques qui leur sont adjacents. Ces dernières ne peuvent être connues que par l'analyse radiographique. Il existe deux types d'imagerie, l'imagerie bidimensionnelle et l'imagerie tridimensionnelle. La radiographie panoramique ou orthopantomographe introduite dans les années 1950 est un examen souvent réalisé en première intention lors du bilan pré implantaire, car il fournit une vue d'ensemble du système dento-maxillaire. Sur ces images la distorsion est faible, mais le coefficient d'agrandissement varie de 1,3 à 1,7.

La numérisation permet, par la mise en conformité des données, de restituer une image à l'échelle 1 avec persistance, toutefois, de distorsions. Ces déformations peuvent être évitées si le plan palatin est horizontal et que le plan sagittal médian est respecté (pas de rotation de la tête). Cet examen ne permet qu'une estimation approximative des dimensions osseuses, il exclut toute mesure précise (7).

Lors du bilan radiographique pré-implantaire, les examens rétro-alvéolaires ou panoramiques peuvent être suffisants dans les cas isolés qualifiés de « simples » où les sites à implanter ne présentent pas d'obstacles anatomiques majeurs et pour lesquels le volume osseux disponible est confortable.

Toutefois, ce type d'imagerie ne renseigne aucunement sur le volume osseux disponible, elle ne peut donc informer sur la largeur de la crête osseuse dans le sens vestibulo-lingual ni sur la présence de concavités. Dans ce cas, l'examen clinique apporte certes une estimation, mais seule l'imagerie volumique permet d'identifier précisément ce paramètre crucial.

Le logiciel Dentascan® a rendu possible son application en odontostomalogie et, plus particulièrement, en implantologie. En pratique le scanner permet l'acquisition de coupes axiales successives de la mandibule, du maxillaire ou des deux. Ce type d'imagerie dite sectionnelle, ou imagerie en coupe, autorise une discrimination plan par plan des structures anatomiques.

La nécessité de mettre au point des examens radiologiques moins coûteux et moins irradiants a conduit plus récemment à l'élaboration d'un nouvel examen radiographique appelé tomographie volumique numérisée par faisceau conique, ou *cone beam*. Le *cone beam* permet d'obtenir des images sectionnelles et de reconstruction de surface 3D. Pour la majorité des spécialités dentaires, son utilisation est similaire à celle du scanner conventionnel.

Le *cone beam* présente l'avantage de délivrer une dose de rayonnement ionisant habituellement plus faible que le scanner conventionnel (7).

Son intérêt réside donc dans la possibilité de diminuer les doses d'irradiation lors de l'examen radiographique pré-implantaire.

L'imagerie tridimensionnelle apportée par le scanner et le *cone beam* est aujourd'hui très demandée car elle permet de s'entourer d'un maximum de précautions, encore faut-il qu'elle soit justifiée.

Les images issues du scanner conventionnel ou du cone beam sont toutes convertissables en fichiers DICOM, elles sont donc toutes exploitables de façon numérique.

1.3.3.1 Indications respectives du scanner et du cone beam en odontostomatologie

1.3.3.1.1 Cone beam

Tous les cones beams sont indiqués dans les indications principales de l'imagerie sectionnelle, en particulier en imagerie pré-implantaire (34).

Les systèmes à grand champ d'explorations (Sirona®, New Tom®, i-CAT®...) sont plus adaptés à l'orthodontie et la chirurgie maxillo-faciale.

Les systèmes à champ limité seraient plus performants pour la mise en évidence de détails de faible taille, c'est à dire en endodontie et lors de la recherche de fracture dentaire.

1.3.3.1.2 Scanner

Dans l'ensemble plus irradiant que le cone beam, le scanner reste irremplaçable pour la mesure des densités des tissus durs. En cas de lésion suspecte de malignité ou de lésion étendue, le scanner et ou l'IRM sont indiqués.

S'il est nécessaire d'évaluer des tissus mous, le scanner est indiqué. En revanche, pour l'imagerie des tissus durs uniquement (dents et structures osseuses), le cone beam répond à la demande, c'est le cas de l'implantologie. Par ailleurs la présence d'un guide radiographique radio-opaque utilisé pour des raisons prothétiques permet de matérialiser l'épaisseur des tissus mous (9).

1.3.4 Transfert des données d'imagerie sur un logiciel de planification implantaire

Suite à l'acquisition volumique, la 1^{ère} étape consiste à extraire les fichiers DICOM fournis par le radiologue ou autre personne compétente en radiologie (CD-ROM, clé USB, etc.). Après avoir sélectionné la zone de travail relative au patient, un modèle tridimensionnel est reconstruit et visualisé dans les trois plans de l'espace. Il est alors aisé de naviguer à l'intérieur de ce modèle comportant à la fois les informations anatomiques et prothétiques. Celui-ci servira ensuite de support à la planification numérique.

Il existe un intérêt majeur du couplage CEREC®/ cone beam au cabinet. En effet le praticien réalise l'acquisition volumique et l'empreinte optique du site édenté lors d'un seul et même rendez-vous. Cela permet de fournir des renseignements au patient lors de la 1^{ère} consultation sans multiplier les examens et les visites au cabinet (33).

1.3.5 Couplage des données DICOM avec le projet prothétique (interactive workflow)

1.3.5.1 Système nécessitant la réalisation d'un guide radiologique

1.3.5.1.1 Concept Nobel Clinician® et Nobel Guide® (NobelBiocare®)

Le programme de planification numérique Nobel Clinician® a été le premier système de planification virtuelle sur le marché. Le logiciel est compatible avec un grand nombre de système de tomographie (scanner et cone beam). Les fichiers DICOM sont transférés sur le logiciel. Il est possible d'étudier les différentes coupes (axiales, panoramiques et transversales) en 2D ou en 3D afin de repérer toutes les structures anatomiques et d'évaluer le volume et la qualité osseuse.

Ce système est compatible avec une large gamme d'implants et matérialise l'implant dans sa forme réelle afin de réaliser une planification chirurgicale virtuelle réaliste.

Dans le cas d'un besoin d'augmentation du volume osseux, le programme peut calculer une bonne approximation du volume nécessaire à l'augmentation, ce qui permet de prévoir la quantité de biomatériaux utile et donc de choisir le type d'os à greffer (os autogène, allogène, xénogreffe).

Le logiciel comprend un dispositif d'alerte lors d'interférences entre les trajectoires d'implants choisies et les zones anatomiques à risque (nerf alvéolaire, sinus maxillaire, etc ...). De plus, il met en évidence avec un changement de couleur, l'apparition de déhiscences, de fenestrations et de tout type de morphologies osseuses. Après la planification virtuelle, il est possible de créer un guide chirurgical à partir du projet implantaire défini.

Ce système nécessite la réalisation au préalable d'un guide radiologique radio-opaque correspondant au projet prothétique souhaité.

Le patient doit ensuite passer un examen radiologique tomographique avec le guide radiologique en bouche stabilisé par une pression occlusale (d'où la nécessité d'avoir un projet prothétique parfaitement défini afin de minimiser les erreurs). Puis la prothèse seule est scannée dans la position du patient. Les repères radio-opaques permettront ultérieurement la superposition des deux acquisitions, indispensable pour obtenir un modèle anatomique et prothétique fiable. Cela permet de visualiser le projet thérapeutique associé aux données radiologiques tridimensionnelles (37). La procédure de double scannage permet ici d'obtenir une représentation fidèle de l'os ainsi que du guide radiologique.

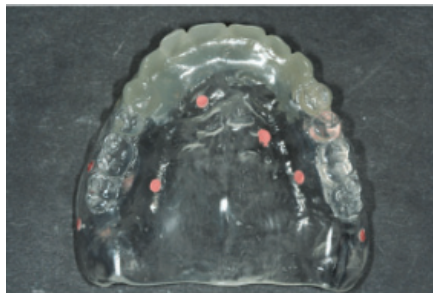


Figure 9 : Guide radiologique avec repères radio opaques (Spinelli et al., 2013)

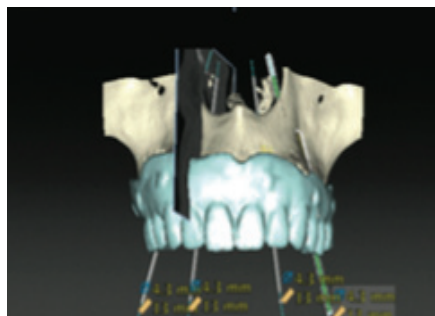


Figure 10 : Modélisation 3D du couplage du scanner et du projet prothétique (Spinelli et al., 2013)

Le praticien réalise ensuite la planification implantaire en accord avec le projet thérapeutique prothétique. Ce projet implantaire sera transféré à un laboratoire de prothèse afin de réaliser un guide chirurgical avec le système Procera® par stéréolithographie (37).

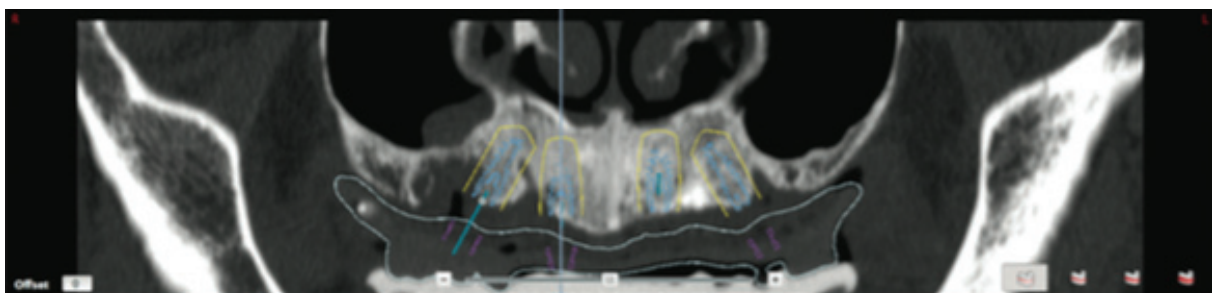


Figure 11 : Coupe panoramique de la planification implantaire (Spinelli et al., 2013)

1.3.5.2 Système ne nécessitant pas de guide radiologique : utilisation d'empreinte numérique associée au logiciel de planification implantaire

L'utilisation de scanners numériques intra-oraux associée à un logiciel de planification chirurgicale permet la combinaison virtuelle des données radiologiques, prothétiques et chirurgicales permettant la planification complète de traitement numérique.

Plusieurs systèmes actuellement sur le marché permettent ce type de planification notamment le système CEREC® de Sirona®, mais également le système TRIO® de 3Shape®. Dans cette partie nous présenteront le système TRIO® de 3Shape®, le système CEREC® sera étudié en détail dans la deuxième partie de cette thèse dédié aux cas cliniques.

1.3.5.2.1 Le système 3Shape®

Le système de 3Shape propose de réaliser un wax up virtuel modélisé à partir d'une empreinte optique de la région édentée. Il matérialise le projet prothétique de départ à partir duquel la planification numérique sera réalisée. Cette planification interactive est basée sur un projet prothétique capable d'évoluer en temps réel sur l'écran. Il est alors possible de « tester » différentes réhabilitations prothétiques virtuelles jusqu'à obtenir la solution jugée optimale. La planification prothétique sera ensuite couplée aux données radiologiques afin de réaliser la planification implantaire. Il s'agit donc une planification totalement numérique.

Le système 3Shape est un système de CAO ouvert. Il commercialise une camera numérique TRIO. Elle ne nécessite pas de poudrages préalables. Elle prend une vidéo et reconstitue les volumes 3D par un système de balayage laser confocale. Elle fait partie des caméras intra-oraux les plus précises (35). La planification implantaire a lieu sur le logiciel 3Shape implant studio.

1.3.5.2.1.1 Etape de la planification numérique implantaire, cas clinique.

Un cas d'implant intercalaire sur 36, extraite par complications endodontiques sera décrit dans cette partie.

A) Acquisition tridimensionnelle de type CBCT

Après avoir réalisé un examen clinique complet, le patient passe un examen radiologique 3D de type cône beam. L'examen peut avoir lieu lors du premier rdv si le praticien dispose d'un cône beam dans son cabinet (24).

B) Empreinte optique et modélisation numérique.

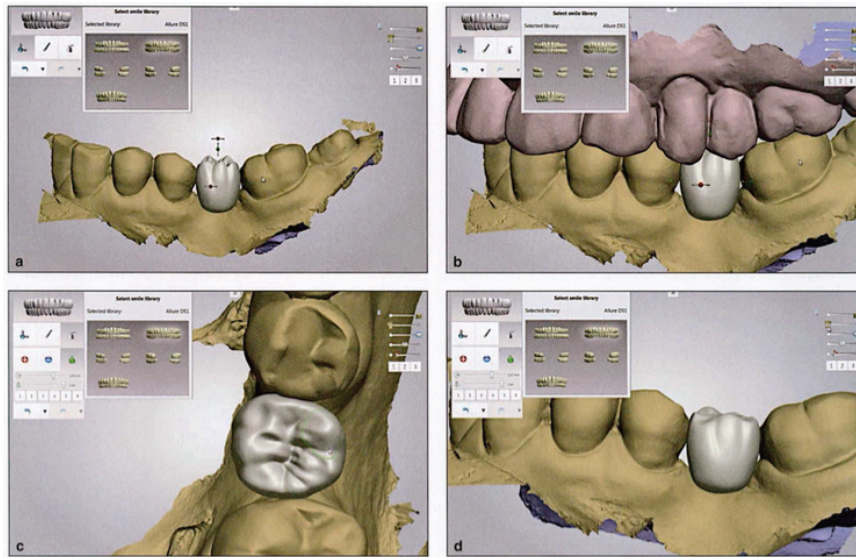


Figure 12 : a) modélisation 3D du projet prothétique de la 35 vu vestibulaire ; b) modélisation 3D du projet prothétique de la 35 en occlusion ; c) modélisation 3D du projet prothétique de la 35 vu occlusale ; d) modélisation 3D du projet prothétique de la 35 vu vestibulaire (Lanis & Álvarez, 2014)

Les fichiers prothétiques et les données DICOM issus du cone beam sont exportés sur le logiciel 3Shape Implant Studio®. Le logiciel crée une superposition 3D de la situation intra-orale réelle et des images radiologiques.

Les outils de modélisation prothétique sont utilisés afin de créer une couronne virtuelle fonctionnelle et esthétique avec une position prothétique idéale. Ce wax up numérique représente le projet thérapeutique final (24).

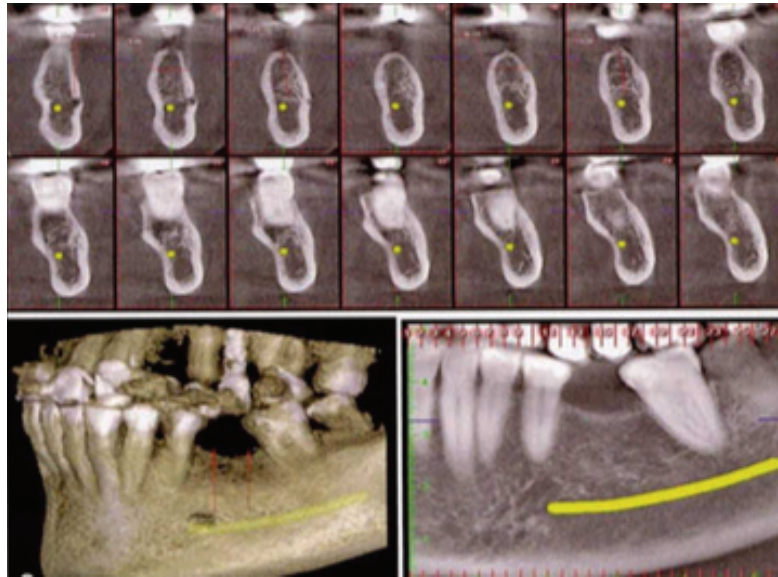


Figure 13 : De haut en bas et de gauche à droite : coupe coronale du scanner, vue 3D du scanner avec un marquage en jaune du trajet du nerf alvéolaire, coupe panoramique du scanner avec un marquage en jaune du trajet du nerf alvéolaire (Lanis & Álvarez, 2014)

Ensuite, ce projet est superposé sur les données radiologiques afin de procéder à une planification implantaire. L'implant est positionné idéalement en fonction de la prothèse et des structures tissulaires adjacentes dont le paquet vasculo-nerveux du canal dentaire inférieur (24).

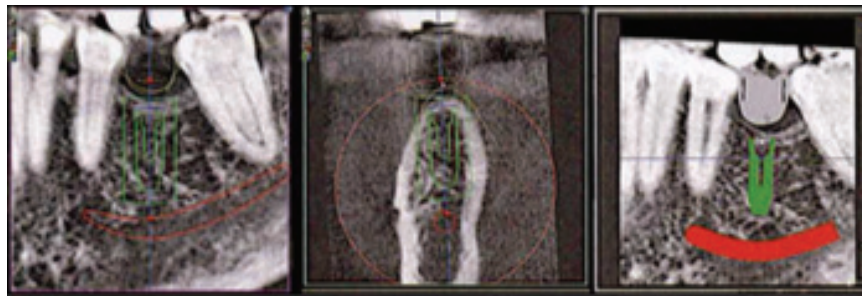


Figure 14 : De gauche à droite : coupe panoramique avec la simulation du projet prothétique et la position de l'implant, coupe coronale avec la simulation du projet prothétique et la position de l'implant, coupe panoramique avec la simulation du projet prothétique et la position de l'implant (Lanis & Álvarez, 2014)

Le logiciel comprend une vaste bibliothèque d'implants dont la forme virtuelle respecte celle définie par le fabricant.

Il est possible de visualiser l'axe de l'implant en 2D sur les coupes radiologiques mais aussi en 3D sur le modèle. Une tige d'axe est représentée et permet d'étudier avec précision l'axe d'insertion de l'implant.

Une fois l'implant positionné, le logiciel construit un guide chirurgical, qui sera ensuite envoyé à un centre de fabrication pour être stéréolithographié (24).

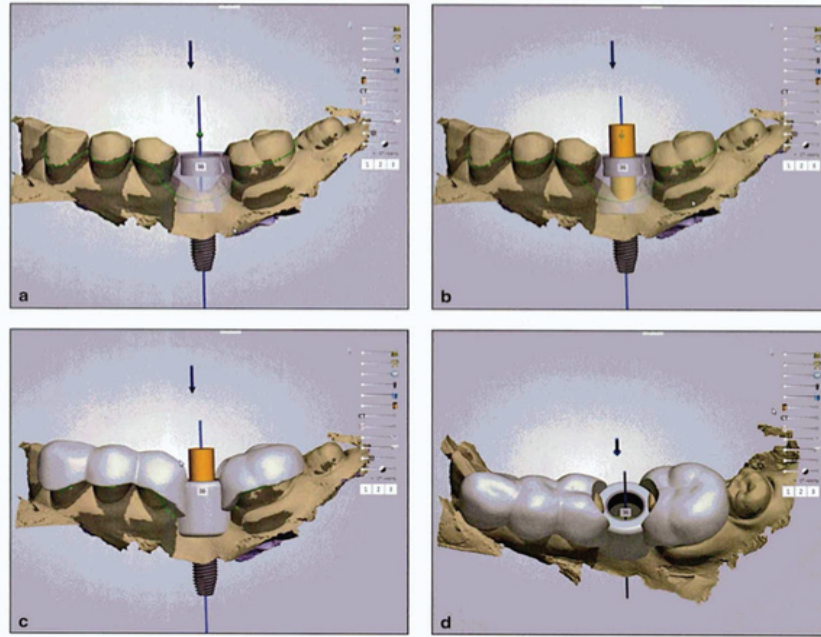


Figure 15 : a) programmation de la position du canon forage; b) programmation du diamètre du canon de forage ; c) modélisation du guide chirurgicale vue vestibulaire ; d) modélisation du guide chirurgicale vue occlusale (Lanis & Álvarez, 2014)

1.3.5.2.1.2 Avantages et inconvénients

A) Avantages

Les principaux **avantages** se dégageant de ce système de CFAO sont :

- Il permet de se passer de la réalisation du wax up ainsi que du guide radiologique correspondant au laboratoire. Les systèmes courants font intervenir la réalisation d'un wax up par le prothésiste avant l'acquisition volumique, ce qui ralentit la procédure ;
- Il permet de communiquer avec le patient : les traitements proposés sont plus vite compris et analysés par le patient ;
- La planification est simplifiée et interactive et peut se faire dès le premier rdv. Cela limite les nombreuses consultations avant la chirurgie ;
- Ce système permet de contourner l'empreinte classique (cf. réflexe nauséux) ainsi que la coulée du modèle ;
- L'un des principaux avantages du logiciel 3Shape Implant Studio est qu'il est un système de planification chirurgical universel. Il est compatible avec une large gamme d'implants et avec différents systèmes de conceptions et de fabrications assistés par ordinateur (24).

B) Inconvénients et limites

- Le projet prothétique n'est pas testé en bouche car virtuel ;
- Ce système est réservé à des édentements limités (l'absence de dents chez les patients édentés complets pose un problème de précision lors de la conception virtuelle prothétique ce qui ne permet pas de réaliser une planification implantaire précise) (24) ;
- Le praticien est en autonomie partielle, ne pouvant pas usiner le guide chirurgical dans son cabinet. Les guides chirurgicaux de 3Shapes sont stéréolithographiés.

1.4 Planification chirurgicale

1.4.1 Concept de chirurgie guidée définition et intérêt

Aujourd'hui il existe trois façons de faire de la chirurgie implantaire :

- Chirurgie à main levée (la chirurgie à main levée requiert une grande expérience de la part du praticien afin de placer l'implant dans un axe correct en rapport avec le projet prothétique) ;
- Chirurgie partiellement guidée (le chirurgien place librement l'implant dans le couloir prothétique donné par le guide) ;
- Chirurgie totalement guidée (le chirurgien place l'implant à l'aide d'indicateurs de forage calibrés aux diamètres des différents forêts).

L'utilisation d'un guide chirurgical comportant les informations du projet prothétique permet au chirurgien de placer l'implant dans l'axe adéquat.

C'est par l'utilisation de l'implantologie assistée par ordinateur que la chirurgie guidée prend tout son sens. Après la planification implantaire numérique, le praticien a la possibilité de concevoir un guide implantaire enregistrant toutes les informations issues de la planification (axe et diamètre de l'implant). Ce guide sera conçu par CFAO dans un centre d'usinage ou directement au cabinet du praticien (système CEREC GUIDE®).

Le guide chirurgical peut être conçu pour toute types d'édentements (unitaire jusqu'à l'édentement complet). Ce guide peut avoir un appui dento-dentaire, dento-muqueux, muqueux ou osseux. La CFAO a permis la mise au point de guides chirurgicaux sophistiqués et précis, élaborés à partir de données cliniques informatiquement reconstituées (15).

Ces guides autorisent aujourd'hui le passage de tous les forets ainsi que la pose elle-même des implants à travers une chirurgie guidée, gage d'un positionnement implantaire optimisé et précis.

Les guides chirurgicaux élaborés par CFAO sont munis de canons de guidage et font intervenir une trousse chirurgicale spécifique. Deux instruments ont un rôle essentiel :

- **Les clés de forages :**

Elles permettent de passer l'ensemble des forêts de la séquence chirurgicale prévu à travers le guide. Elles présentent à leurs extrémités des œillets venant recevoir des forets de diamètres croissants. Le diamètre externe de leur extrémité est constant, seul le diamètre interne varie afin de s'adapter aux divers diamètres des forets. La profondeur de pénétration de la cuillère dans le canon de guidage est de 5 mm et correspond également à la hauteur de ce dernier. Le jeu entre le canon de guidage et les clés de forages qui y sont introduites est extrêmement faible et inférieur au dixième de millimètre. Un indicateur de profondeur (stop) peut être rajouté sur le foret afin de contrôler la profondeur de forage. La taille des forêts est différente de celle utilisée classiquement, car elle doit prendre en compte la taille du guide chirurgical, ils font en général 10mm de plus selon les fabricants (9).

- **les portes implants :**

L'étape de mise en place de l'implant au niveau du forage constitue une phase importante lors de la chirurgie. En effet, l'implant peut encore à ce stade être inséré selon un axe erroné.

Les portes-implants permettent :

- De garantir que l'axe d'insertion de l'implant est identique à celui du forage ;
- De régler précisément la profondeur d'enfoncement de l'implant dans le sens vertical ;
- De rapporter précisément au laboratoire la position implantaire à venir dans la perspective de réaliser une prothèse avant la phase chirurgicale (9).

1.4.2 Les différents guides chirurgicaux réalisés par CFAO

1.4.2.1 Guides réalisé par stéréolithographie

La stéréolithographie est une technique rapide de prototypage qui est utilisée pour fabriquer un guide chirurgical. Le guide est d'abord conçu sur un logiciel informatique (au format STL) puis il est fabriqué. Elle peut également être définie comme un procédé d'impression en 3 dimensions et peut prendre le nom d'imprimante 3D.

La méthode repose sur le durcissement localisé d'un liquide organique (monomère) par photo-polymérisation à l'aide d'un faisceau laser ultra-violet dont le déplacement est contrôlé par ordinateur en fonction des coordonnées spatiales de l'objet virtuel que l'on souhaite reproduire. Le passage piloté de ce faisceau à l'intérieur du bain de résine va solidifier celle-ci et former au sein du bain liquide un modèle tridimensionnel solide.

Ainsi, les données de l'intrados prothétique (prothèse servant de guide d'imagerie, guide radiologique ou projet prothétique virtuel) auxquelles sont ajoutées celles de la planification implantaire réalisée grâce au logiciel sont converties en un guide chirurgical qui va permettre le passage d'un projet virtuel à une réalité chirurgicale.

L'imprimante 3D intègre le diamètre ainsi que l'angulation des implants simulés et polymérise sélectivement la résine autour de ces derniers, formant alors un canon de forage implantaire. Puis des gaines métalliques en titane sont mises en place à ce niveau. La position précise de chaque implant est donc programmée dans le guide. Ce procédé permet de réaliser des guides chirurgicaux pour tout types d'étendues.

1.4.2.2 Guide réalisé par usinage soustractif : conception d'un guide chirurgical au cabinet dentaire par CFAO avec le système CEREC® (Sirona®)

Le système CEREC® de Sirona® propose, depuis peu, la possibilité de concevoir un guide chirurgical usinable au cabinet dentaire.

Une fois la planification implantaire réalisée, le logiciel propose de concevoir un guide chirurgical. Ce guide est entièrement programmable (4).

Etapes de conception :

1) Choix de la position et de la taille du canon de guidage

Le CEREC Guide 2® ne possède pas un canon métallique classique mais un canon usiné en résine acrylique. Il est adapté au système de chirurgie guidée implantaire fournit par le fabricant. Selon l'approche chirurgicale prévue (avec ou sans lambeau), le canon de forage est positionné près de la crête osseuse (avec lambeau) ou légèrement au-dessus de la muqueuse (sans lambeau) (4).

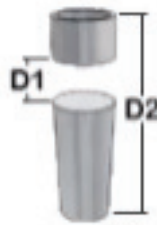


Figure 16 : Programmation de la position et de la taille du canon de guidage (Bindl, 2015)

2) Modélisation du guide chirurgical

Le programme génère automatiquement un projet du futur guide chirurgical. Les dimensions peuvent être ajustées (épaisseur du guide et degré de friction) (4).



Figure 17 : De gauche à droite : modèle numérique CEREC®, modèle virtuel du guide chirurgical (Bindl, 2015)

Il est également possible de réaliser une insertion latérale des différents forêts implantaires dans le cas d'ouverture buccale plus faible (4).

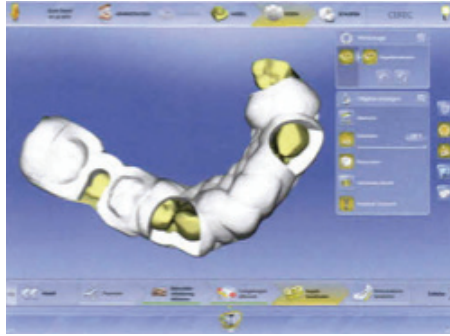


Figure 18 : Modèle virtuel du guide chirurgical avec ouverture latérale vue occlusale (Bindl, 2015)

3) Usinage du guide

Le guide est usiné à l'aide de l'unité d'usinage MC XL® après l'insertion d'un bloc de résine acrylique transparent (Cerec Guide Bloc Maxi Sirona®). La procédure prend environ un heure (4).



Figure 19 : De gauche à droite : modèle virtuel du guide chirurgical, programmation du guide chirurgical dans son bloc à usiner (Bindl, 2015)



Figure 20 : Guide chirurgical usiné dans son bloc vue occlusale (Bindl, 2015)



Figure 21 : Guide chirurgical en bouche avec sa clé de forage (Bindl, 2015)

4) Avantages et inconvénients

Avantages :

- Production au cabinet dentaire sans intermédiaire de production ;
- Rapidité de production (environ 1h) ;
- Coût faible par rapport à un guide produit en laboratoire de prothèse (4).

Inconvénients :

- Limité à un implant avec l'unité d'usinage MCXL®(disponible en cabinet dentaire) ;

Avec l'unité d'usinage de laboratoire la MCX 5 il est possible d'obtenir un guide pour plusieurs implants. Cela est dû au fait que l'unité d'usinage disponible en cabinet dentaire dispose de 4 axes d'usinage et ne peut gérer les différents axes des différents implants. Alors que l'unité d'usinage de laboratoire MCX5 dispose de 5 axes d'usinages. En effet le système CEREC a été créé afin d'offrir au praticien un moyen de réaliser rapidement différents types de restaurations. La fonction guide n'a été créée que récemment et est en cours de développement (4).

- Guide à appui dentaire uniquement ;
- Les guides plus complexes peuvent être réalisés par un intermédiaire à l'aide du logiciel Cerec InLab® et pourront être éventuellement stéréolithographiés (4).

1.5 Phase prothétique, les nouveaux concept de l'apport numérique

1.5.1 Empreinte implantaire

Le but de toute prise d'empreintes implantaires est de transférer avec précision la position de l'implant sur un maître-modèle et de reproduire conformément à la réalité les structures péri-implantaires ainsi que la muqueuse.

Traditionnellement, l'empreinte de la situation d'un seul ou plusieurs implants se fait par la technique « pick up » ou « pop up » (à ciel ouvert ou fermé) utilisant un porte empreinte et des transferts d'empreintes. Cette étape est supprimée lors de la prise d'empreintes numériques. En lieu et place des transferts d'empreintes, des corps de scannage ou scan body sont placés en bouche. Ils sont numérisables et reproduisent la position de l'implant, comme les transferts conventionnels.

A l'aide d'un logiciel de CFAO, il est possible de réaliser un modèle numérique avec l'analogue d'implant. Le pilier implantaire personnalisé et sa couronne peuvent être alors réalisés soit par un laboratoire de prothèse soit par le praticien directement au cabinet dentaire. Différentes marques commercialisent leurs systèmes de transferts numériques qui sont propres ou non à un système d'implant et ayant la possibilité de conceptions prothétiques au cabinet ou uniquement en laboratoire (25).

1.5.1.1 Système BellaTek® Encode®



Figure 22 : Pilier de cicatrisation BellaTek® Encode® (Mahl, Glenz, & Marinello, 2014)

Dans ce contexte, le fabricant d'implants Biomet 3i fournit un pilier de cicatrisation scannable breveté (compatible exclusivement avec les implants 3i). Ce pilier de cicatrisation en titane contient en surface des indentations et des dépressions qui donnent des informations lors du scan optique sur la position de l'implant, le diamètre de la plate-forme, l'alignement hexagonal et le type de connexion. Le praticien peut réaliser une empreinte conventionnelles ou optique avec ce système. L'avantage du système BellaTek® Encode® est qu'il limite les manœuvres de vissages et dévissages sur l'implant. L'empreinte et la prothèse seront traitées par un laboratoire de prothèse (25).



Figure 23 : De gauche à droite : pilier de cicatrisation BellaTek® Encode®, pilier de cicatrisation BellaTek® Encode® avec poudrage, radiographie rétro alvéolaire de l'implant et de son pilier de cicatrisation (Bindl, 2015)

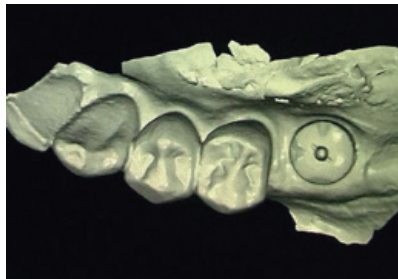


Figure 24 : Modèle virtuel obtenu à partir d'une empreinte optique sur un pilier de cicatrisation BellaTek® Encode® (Bindl, 2015)

1.5.1.2 Système Sirona®

Sirona® via son système de CFAO CEREC® a développé un système d'empreinte numérique implantaire permettant soit au praticien de réaliser sa prothèse implantaire entièrement soit de délégué à un laboratoire de prothèse utilisant le système CEREC In lab®. Pour se faire ils ont conçus des scan body pour tous les implants communément utilisés. Il est fixé sur un pilier Ti Base vissé sur l'implant, ce pilier Ti Base sera utilisé pour la prothèse (25).



Figure 25 : De gauche à droite : scan body , Ti base , vis de Ti bases de chez Sirona® (Bindl, 2015)

Le pilier Ti Base est un pilier en titane conique qui est vissé sur l'implant. Il possède une rainure de rétention et de positionnement afin de bloquer le scan body, de garder une position précise de l'enregistrement et surtout d'éviter que la prothèse tourne autour du pilier (25).

Une fois le transfert numérique d'implant vissé sur l'implant, le praticien réalise l'empreinte numérique (dents adjacentes à la future restauration prothétique, le transfert d'implant, les dents antagonistes et l'occlusion). Il est également possible d'enregistrer le profil d'émergence gingival sans pilier implantaire et de le combiner avec les clichés du transfert d'empreinte afin d'enregistrer le profil d'émergence comme un transfert personnalisé pourrait le faire (25).



Figure 26 : De gauche à droite : Ti base vissé sur l'implant en vue occlusale, Ti base vissé sur l'implant en vue occlusale, Scan body fixé sur le Ti base(Bindl, 2015)

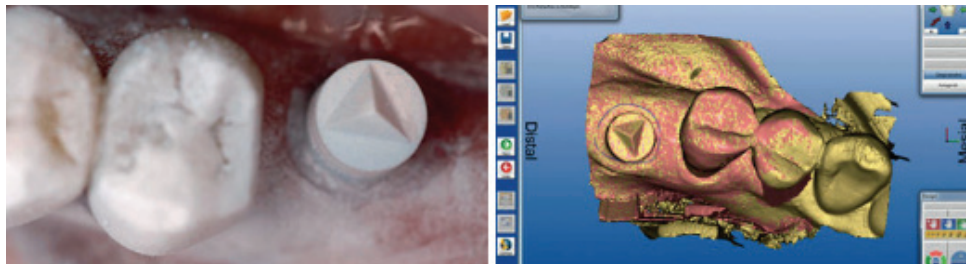


Figure 27 : De gauche à droite : Poudrage des surfaces à enregistrer avant l'empreinte, modèle numérique issu de l'impression optique (Bindl, 2015)

1.5.1.2.1 Avantages et inconvénients du Ti Base

Avantages :

- Ajustage optimal entre l'implant, le pilier et la couronne (ils sont usinés en même temps au laboratoire) et retouche en bouche minimales ;
- Réadaptation optimum de l'axe de la future supra-structure par rapport à l'axe de l'implant ;
- Technique d'assemblage par collage avec une limite supra gingivale (en postérieur) qui permet d'éviter l'excès de ciment difficile à enlever ;
- En cas de complications (telles que fracture du pilier implantaire) : dévissage possible du pilier Ti-Base par simple forage dans la couronne, et une nouvelle supra-structure implantaire peut être réalisées.

Inconvénients :

- Difficulté de lecture de l'épaulement du Ti Base lorsque la collerette gingivale péri-implantaire est profonde ;
- Utilisation d'un système fermé : l'empreinte et l'usinage ne peuvent se faire qu'avec le système Sirona®.

1.5.2 Les nouveaux matériaux de restauration implantaire

L'apport des nouvelles technologies de CFAO a fait évoluer les matériaux de restaurations et les techniques de mises en œuvres. Cela a bouleversé la façon de concevoir la prothèse par le prothésiste et par le praticien.

1.5.2.1 Les céramiques polycristallines ou céramiques à base de zircon

1) Composition :

Elles sont caractérisées par la présence d'une structure polycristalline pure avec une absence de phase vitreuse. Il s'agit d'une céramique usinable par des procédés de CFAO. Elle peut être soit totalement frittée avant l'usinage et extrêmement dure à usiner. Elle peut être pré frittée et donc plus tendre à l'usinage. La zirconie pré frittée est composée de dioxyde de zirconium partiellement stabilisée à l'Yttrium (Y-TZP).

2) Caractéristiques :

- Biocompatible ;
- Excellente résistance à la flexion (1100MPa) et à la propagation des fissures ;
- Excellente résistance à la fracture ;
- Radio opaque ;
- Usinable par CFAO (en monobloc ou en armature prothétique) ;
- En connexion direct avec le col de l'implant (ex : système Procera®) ou en connexion indirect par l'intermédiaire d'un pilier préfabriqué en titane (ex : pilier ASC de Nobel Biocare®) ;
- Prix : Environ 20€ le bloc pour une dent unitaire et 40€ le bloc pour un bridge 3 éléments.

3) Indications :

- Couronne sur dent naturelle ;
- Couronne sur implant ;
- Piliers implantaires ;
- Bridge dento-porté ;
- Bridge implanto-porté.

4) Exemples de formes commerciales :



Figure 28 : De gauche à droite : Bloc Ivoclar Vivadent® IPS e.max ZirCAD , bloc Sirona® : Incoris TZI (<http://www.sirona.com/en/products/digital-dentistry/cad-cam-materials/?tab=255>)

5) Inconvénients :

- Usinable uniquement dans un laboratoire de prothèse ;
- Fracture de type shipping (la céramique cosmétique casse au niveau de sa liaison avec l'armature zircone et abrasion des dents naturelles opposées (2)(23).

1.5.2.2 Les Céramiques feldspathiques

1) Composition :

Elles sont composées d'une matrice vitreuse avec une phase cristalline dispersée. Cette céramique peut être enrichie avec de la leucite (ex : Empress®) ou avec 60% de dissilicate de lithium (ex Emax®).

2) Caractéristiques :

- Biocompatible ;
- Excellent résultat esthétique ;
- Usinable par CFAO ou conception artisanale par la technique de la cire perdu et injection sous haute pression ;
- Résistance à la flexion de 90 MPa pour la céramique feldspathique enrichie à la leucite et 350 Mpa pour la céramique feldspathique renforcé au dissilicate de lithium ;
- Usinable au cabinet dentaire ou dans un laboratoire de prothèse ;
- Prix : Environ 20€ le bloc pour une dent unitaire et 40€ le bloc pour un bridge 3 éléments ;
- La céramique feldspathique enrichie à la leucite n'est pas utilisé pour les restauration prothétique implantaire en raison des ses faibles propriété mécaniques ;
- La céramique feldspathique renforcée au dissilicate de lithium est utilisée pour les restaurations prothétiques implantaires sous forme de bloc de céramique pré fritté. Ces blocs sont percés en leur centre pour laisser la place aux puits d'accès des vis implantaires ;
- La restauration est connectée au col de l'implant par l'intermédiaire d'un pilier en titane préfabriqué (ex : pilier Ti Base de Sirona®) ;
- Elles sont maquillables avec des céramiques de maquillages ;
- Possibilité de réaliser un cut back et de monter de la céramique par la suite ;
- Translucidité : HT / LT / MO / LO / HO.

3) Indications :

La céramique feldspathique enrichie à la leucite :

- Facette ;
- Inlay/ onlay ;
- Coiffe antérieure sur dent non dyschromiée en l'absence de parafonctions.

La céramique feldspathique renforcée au dissilicate de lithium :

- Facette, inlay, onlay, overlay ;
- Coiffe unitaire sur dent naturelle ;
- Coiffe unitaire sur implant ;
- Pilier anatomique implantaire ;
- Bridge ;
- Cosmétique d'armature en zircone (20).

4) Exemples de formes commerciales



Figure 29 : Bloc Ivoclar Vivadent IPS E.max CAD® (<http://www.ivoclarvivadent.fr/fr/systeme-ips-emax-cabinet-dentaire/ips-emax-cad/ips-emax-cad-abutment-solutions>)



Figure 30 : Bloc Vita SUPRINITY IS® (VITA, 2013)

Le bloc SUPRINITY IS® de chez Vita® est une céramique vitreuse enrichie au dioxyde de zirconium (8 à 12%).

5) Inconvénients / Complications

- Possibilité de décollage entre la coiffe et le Ti-base (erreur de procédure le plus souvent) ;
- Le maquillage demande de l'expérience et des formations ;
- Possibilités de fractures et d'abrasions de la dentition naturelle opposée (2).

1.5.2.3 Les céramiques hybrides

Les matériaux de restauration CAD / CAM se composent essentiellement de différentes céramiques, des résines composites et des résines acryliques. Certains de ces matériaux, notamment les céramiques vitreuses nécessitent un traitement supplémentaire après usinage, ce qui nécessite un équipement spécialisé pour le maquillage et la cuisson (glaçage). Au vue de cette problématique, d'autres produits ne nécessitant pas ces traitements après usinages ont récemment vu le jour et sont maintenant disponibles sur le marché. Il s'agit d'une céramique hybride (2).

1) Caractéristiques

La céramique hybride combine les avantages des céramiques feldspathiques tel que la durabilité et la stabilité du maquillage et des couleurs et les avantages des résines tel que leur flexibilité et leur faible potentiel d'abrasions. Ce sont des céramiques vitreuses dont la matrice de verres poreuses est infiltrée par des nanoparticules de résines.

- Résistance à la flexion : 219 MPa pour le bloc Cerasmart® de GC Dental products® et 137 Mpa pour le bloc Enamic® de VITA® ;
- Leurs propriétés mécaniques sont équivalentes aux propriétés mécaniques de la dentine et de l'émail ;
- Ce matériau a un module de flexibilité plus faible que les céramiques et tend à être plus flexible et moins fragile grâce à une déformation élastique plus importante avant la fracture ;
- La restauration est connectée au col de l'implant par l'intermédiaire d'un pilier en titane préfabriqué (ex : pilier Ti Base de Sirona®) ou est scellée sur un faux moignon implantaire ;
- Maquillage et glaçage par photopolymérisation ;
- Prix : environ 10 euros le bloc pour une dent unitaire.

2) Indications

- Facette, inlay, onlay, overlay ;
- Coiffe unitaire sur dent naturel ;
- Coiffe unitaire sur implant.

3) Exemples de formes commerciales



Figure 31 : Bloc Vita Enamic (<https://www.vita-zahnfabrik.com/fr/VITA-ENAMIC-IS-37411,27568.html>)

4) Inconvénients/Complications

- Absence de recul clinique sur le long terme des ces restaurations.

1.5.2.4 Les résines

Les blocs de résines composites ont été conçus pour réaliser des prothèses provisoires par CFAO afin de faciliter les techniques de réalisation de provisoires mais aussi de les renforcer.

1) Compositions

Les résines utilisés sont des polymères d'acrylate réticulé et micro chargé. Elles sont thermopolymérisées avant d'être usinées.

2) Caractéristiques

Les blocs composites sont moins résistants mécaniquement (résistance à la flexion est d'environ 130 MPa), à l'abrasion et moins biocompatibles que les céramiques du fait du relargage de monomères résiduels en cas de polymérisation incomplète. Toutefois ils sont plus facilement usinables (moindre usure des fraises et diminution du temps d'usinage), polissables et la réintervention est plus aisée (16). Pour augmenter les propriétés mécaniques des composites et leur longévité ainsi que leur biocompatibilité de nouvelles technologies ont été mises au point récemment. La polymérisation n'est plus photonique mais thermique sous haute pression ce qui augmente le taux de conversion des monomères et donc la biocompatibilité (29).

Prix : Environ 10 euros pour une dent unitaire et 30 euros pour un bridge provisoire 3-4 éléments.

3) Indications

- Couronnes provisoires antérieures et postérieures ;
- Bridges provisoires antérieurs et postérieurs avec 2 éléments intermédiaires maximum ;
- Restaurations provisoires sur implants ;
- Mock up pour réaliser des facettes ;
- Validation de la prothèse avant de réaliser la prothèse définitive ;
- Restaurations visant à traiter des pathologies de l'ATM et à réaliser des ajustements occlusaux.

L'intérêt d'une temporisation implantaire est de poser le provisoire le jour de la pose de l'implant et donc de s'abstenir de délais de laboratoire de prothèses.

4) Exemples de formes commerciales



Figure 32 : Bloc Vita® CAD Temp : Acrylate de polymère réticulé et micro chargé sans méthacrylate de méthyle (<https://www.dentalcadcam.de/en/blocks-for-cerec-inlab/vita-zahnfabrik/vita-cad-temp-is.html>)



Figure 33 : Bloc Telio® CAD d'Ivoclar Vivadent® : Polymère réticulé PMMA (<http://www.ivoclarvivadent.fr/fr/telio-cad-abutment-solutions>)

5) Inconvénients/ Complications

- Instabilité temporelle de la couleur, du maquillage et perte du polissage de surfaces des résines (2).

2 Utilisation du système CEREC® de Sirona® en implantologie, étude de cas cliniques

2.1 Description du système

2.1.1 Présentation et justification du choix du système

Les bases de la technologie CEREC® ont été posées au début des années 1980 par le Professeur W. Mörmann et le Dr Brandestini à l'Université de Zurich. Depuis la présentation du système CEREC 1® en 1988, le hardware et le software ont été continuellement perfectionnés. Cette évolution a aboutie à une amélioration croissante de la précision d'adaptation des reconstructions par CAD/CAM. Grâce au passage, en 2000, de la famille des produits CEREC® à l'environnement Windows®, le software est devenu sensiblement plus convivial et performant. La méthode CEREC® est actuellement reconnue comme système de restaurations éprouvé et polyvalent, tant pour le cabinet que pour le laboratoire dentaire. En pratique quotidienne, la technologie CEREC® permet de confectionner et de fraiser dans le cadre du cabinet dentaire toutes les restaurations de prothèses fixes, du simple inlay aux couronnes antérieures pour les régions esthétiquement exigeantes. Il est actuellement le système chairside le plus abouti.

Le système CEREC® est un système de CFAO fermé qui comprend un système d'empreintes optiques et un système d'usinages.

2.1.1.1 Le système d'empreintes CEREC®



Figure 34 : De gauche à droite : caméra Bluecam® camera Omnicam®
(<http://www.sirona.fr/fr/produits/dentisterie-numerique/restaurations-avec-cerec/?tab=3995>)

2.1.1.1.1 La Bluecam®

La caméra CEREC Bluecam permet une prise d'empreintes numériques par l'intermédiaire de clichés photographiques. Elle est composée d'une diode haute performance émettant une lumière bleue. Elle nécessite un poudrage des surfaces dentaires au préalable. La prise de photos s'effectue par un système de déclenchements automatiques. Le logiciel regroupe les différents clichés avec une extrême précision de manière à former un modèle virtuel en trois dimensions. La caméra détecte automatiquement le meilleur moment pour déclencher la prise de vue. En effet, elle est composée d'un détecteur de mouvement qui n'autorise le déclenchement que lorsque la caméra est parfaitement immobile. La CEREC Bluecam® se pose directement sur la dent à l'aide du support caméra ou légèrement à distance. Dans les deux cas, le parallélisme des rayons et la grande profondeur de champ garantissent une qualité d'images optimales et une manipulation aisée.

2.1.1.1.2 L'Omnica®

La caméra CEREC Omnicam® permet une prise d'empreintes numériques par l'intermédiaire d'enregistrements vidéos en couleur. Elle s'effectue sans poudrage préalable, ce qui permet un enregistrement plus rapide des surfaces dentaires et gingivales. L'enregistrement s'effectue automatiquement et en continu. Le modèle 3D se construit au fur et à mesure à l'écran. Les différentes surfaces sont représentées dans leur teinte naturelle. Cette reconstitution directe et réaliste facilite l'orientation de la caméra dans la cavité buccale, tout en permettant de distinguer les obturations en amalgame, en or ou en composite. Elle permet par ailleurs de distinguer très clairement la limite de préparation.

2.1.1.1.3 Comparatif entre la Bluecam® et l'Omnica®

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

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

Figure 35 : Tableau comparatif des cameras Omnicam® et Bluecam®
(<http://www.sirona.fr/fr/produits/dentisterie-numerique/restaurations-avec-cerec/?tab=3995>)

2.1.1.2 Unités d'usinages



Figure 36 : De gauche à droite : CEREC MC®, CEREC MC XL pack Premium® et CEREC MC X®
(<http://www.sirona.fr/fr/produits/dentisterie-numerique/restaurations-avec-cerec/?tab=3997>)

Il existe différentes unités d'usinages en fonction de la taille des blocs à usiner.

La CEREC MC® usine des restaurations anatomiques de dents isolées avec des tailles de bloc allant jusqu'à 20 mm.

La CEREC MC X® usine des blocs allant jusqu'à 40 mm, elle peut usiner les restaurations unitaires, les bridges et les guides chirurgicaux (CEREC Guide 2®).

La CEREC MC XL® usine des blocs allant jusqu'à 85 mm. Elle peut usiner tous les matériaux de restaurations (résine, métal, céramique).

2.1.2 Indications et possibilités thérapeutiques

Le système CEREC® est un système de CFAO de libre, le praticien ayant le choix d'utiliser le système d'empreinte optique et déléguer la conception prothétique ou de fabriquer ses propres prothèses au cabinet dentaire.

Les indications thérapeutiques sont :

- Inlay / onlay / overlay ;
- Facette, bridge collé cantilever ;
- Couronne unitaire sur dent naturelle ;
- Couronnes solidarisés sur dents naturelles ;
- Bridge jusqu'à 5 éléments dans le secteur antérieur et jusqu'à trois éléments dans le secteur postérieur (jusqu'à la seconde prémolaire) ;
- Couronne implantaire transvissée ;
- Pilier implantaire anatomique personnalisé.

2.2 Cas cliniques

2.2.1 Cas n° 1 : Implant unitaire sur 36 et chirurgie totalement guidée.

2.2.1.1 Présentation du cas (Dr Miller Rick)

Patient présentant une absence de la 36 suite à une fracture corono-radicaire et désirant une solution prothétique implantaire.

- Antécédent médicaux : patient en bonne santé, pas de contre indication à la chirurgie implantaire ;
- Antécédent dentaire : soins conservateurs multiples, antécédents de fracture corono-radicaire de la 36 qui a été extraite.



Figure 37 : Photo initiale du cas montrant l'absence de la 36 (Dr Miller Rick)

2.2.1.2 Etape 1 : Projet prothétique

Le premier rendez vous consiste à relever toutes les données médicales et dentaires du patient ainsi que ses motivations. Le praticien va devoir dans un premier temps étudier la faisabilité d'une solution prothétique implantaire. Pour ce faire il faut dans un premier temps réaliser un projet prothétique. Le praticien va réaliser une empreinte optique en bouche de la zone présentant l'édentement, des dents antagonistes et de l'occlusion. Une fois l'empreinte faite, la zone d'intérêt est sélectionnée et le logiciel réalise un wax up numérique de la future prothèse.

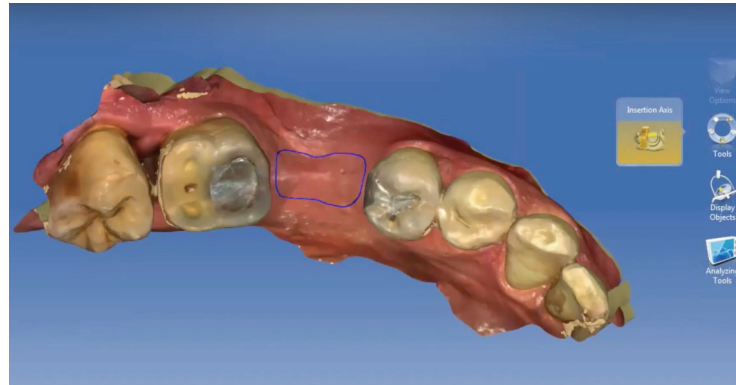


Figure 38 : Sélection de la zone d'intérêt de la future prothèse (Dr Miller Rick)

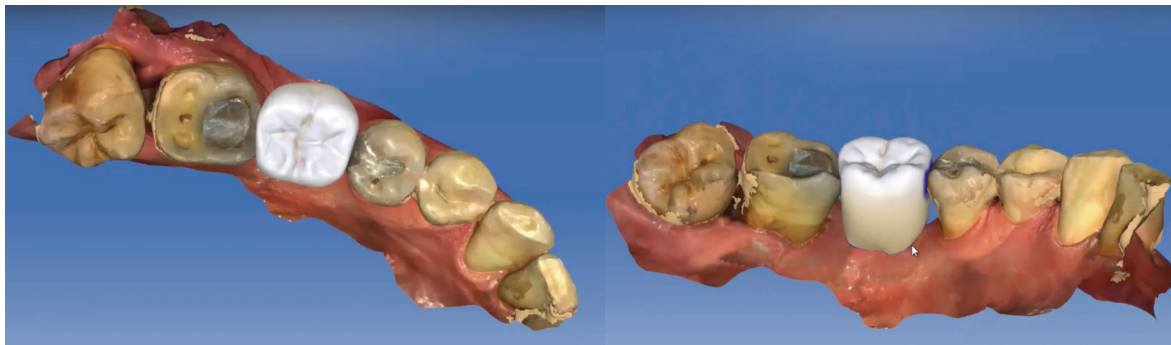


Figure 39 : De gauche à droite : wax up numérique de la 36 vue occlusale, wax up numérique vue linguale (Dr Miller Rick)

Le wax up numérique est ajusté de sorte à obtenir une fidèle reproduction de la future prothèse afin d'établir un projet prothétique fiable. L'intérêt de réaliser cette étape lors du premier rendez vous est de montrer au patient le projet afin de lui faire comprendre l'objectif de la thérapeutique. Une fois la modélisation réalisée on enregistre la planification.

2.2.1.3 Etape 2 : Planification implantaire

La seconde étape permet de réaliser la planification implantaire en concordance avec le projet prothétique. Cette étape peut être envisagée le jour du premier rendez vous ou être reportée au second rendez vous. Le patient passe un examen radiographique cone beam.



Figure 40 : Capture d'écran des différentes coupes radiographiques issues du cône beam dans le logiciel Galileos® (Dr Miller Rick)

Dans un premier temps, la zone d'intérêt est sélectionnée. La position du nerf alvéolaire inférieur est marquée. Puis les données prothétiques sont importées pour être couplés avec le cone beam du patient.

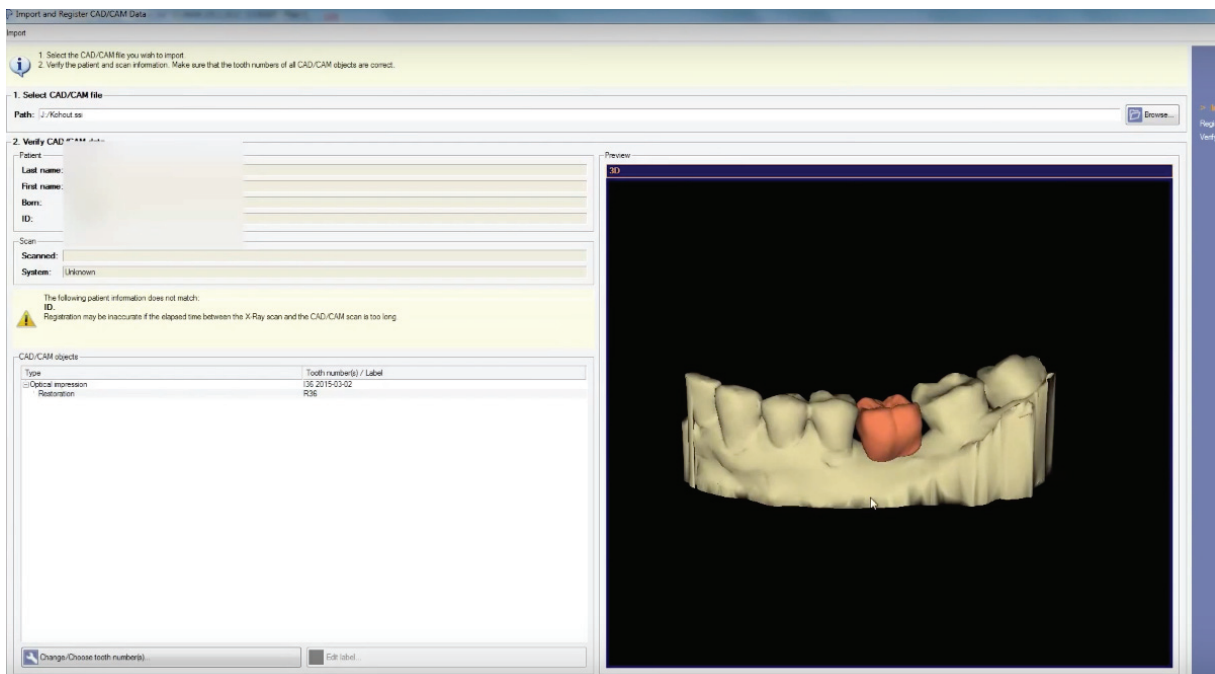


Figure 41 : Capture d'écran de l'étape d'importation des données prothétiques vers le cone beam (Dr Miller Rick)

Des repères dentaires sont sélectionnés afin de réaliser le matching entre les données.

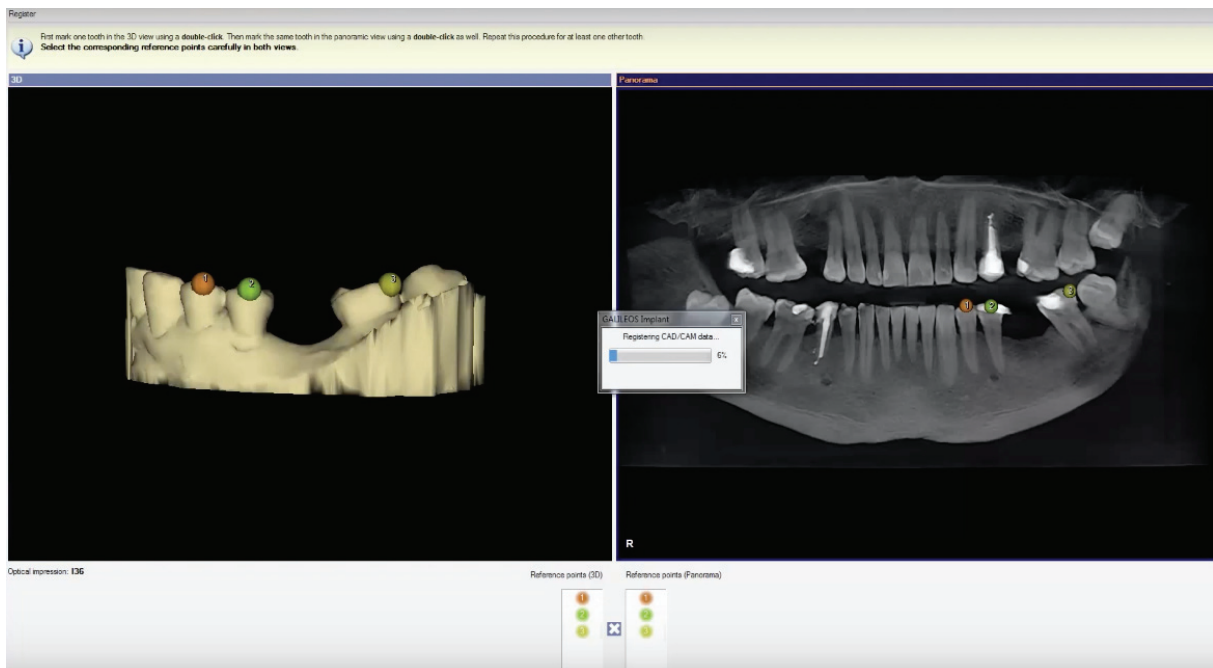


Figure 42 : Capture d'écran de l'étape d'importation des données prothétiques vers le cone beam (Dr Miller Rick)

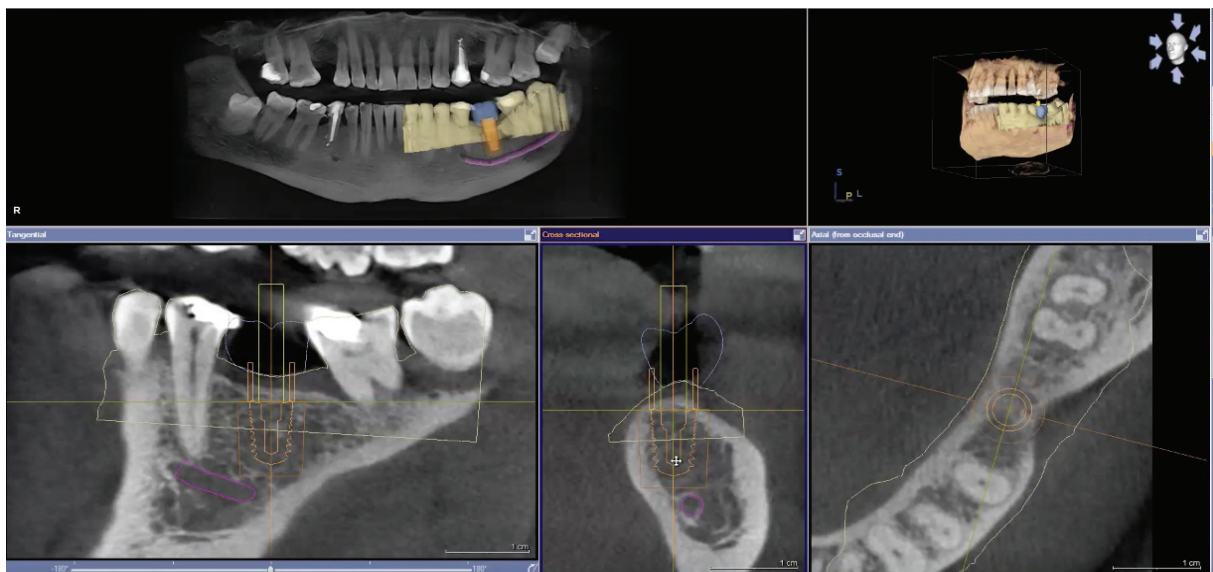


Figure 43 : Positionnement de l'implant selon les données prothétiques et le volume osseux du patient (Dr Miller Rick)

Une fois les données couplées, le projet prothétique est visible sur les images radiographiques. L'implant pourra donc être positionné selon l'axe de la couronne afin que le puits implantaire sorte au niveau du sillon de la 36 et en respectant les distances de sécurité anatomiques et dentaires nécessaires. Dans ce cas il s'agit d'un implant Legacy 3® de 5,2/4,6 mm de diamètre sur 8 mm de longueur.

La prochaine étape consiste à préparer le guide chirurgical.

2.2.1.4 Etape 3 : Conception virtuelle et usinage du guide chirurgical

Dans un premier temps, la position et la largeur du canon de forage sont calibrées en fonction du système chirurgie guidée.

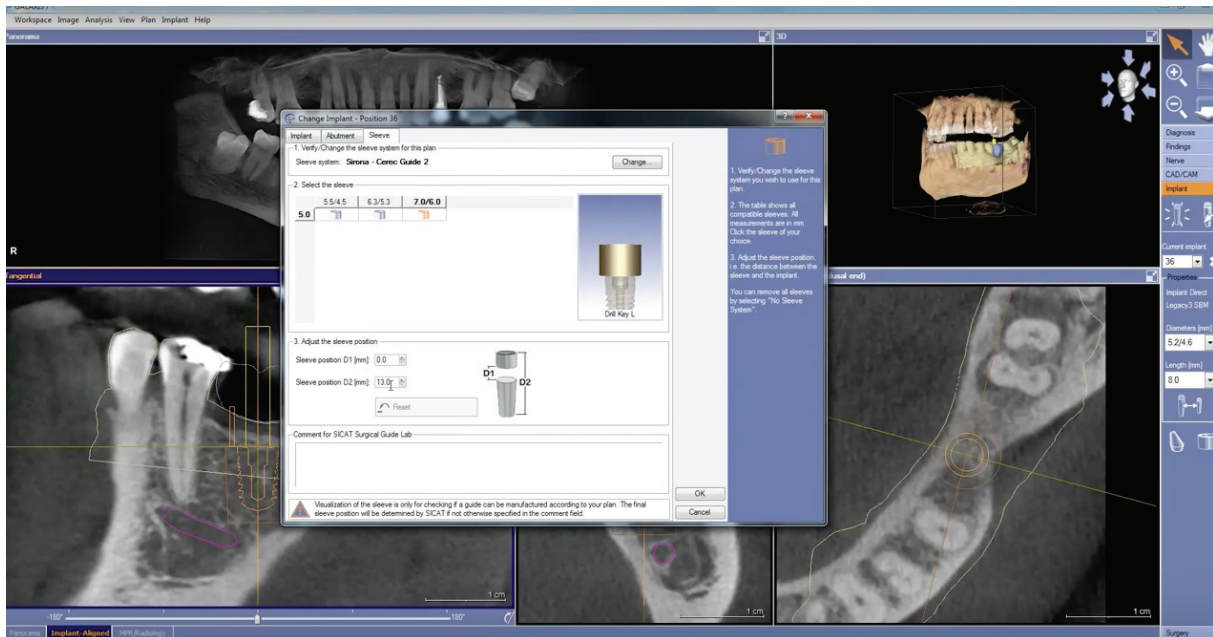


Figure 44 : Calibration de la position et la largeur du canon de forage (Dr Miller Rick)

Le diamètre dépend des clés forages et la position dépend du type de chirurgie prévu (avec ou sans lambeau).

Le praticien doit alors choisir entre une production du guide chirurgicale par un intermédiaire (SICAT®) ou une production au cabinet dentaire (CEREC GUIDE 2®).

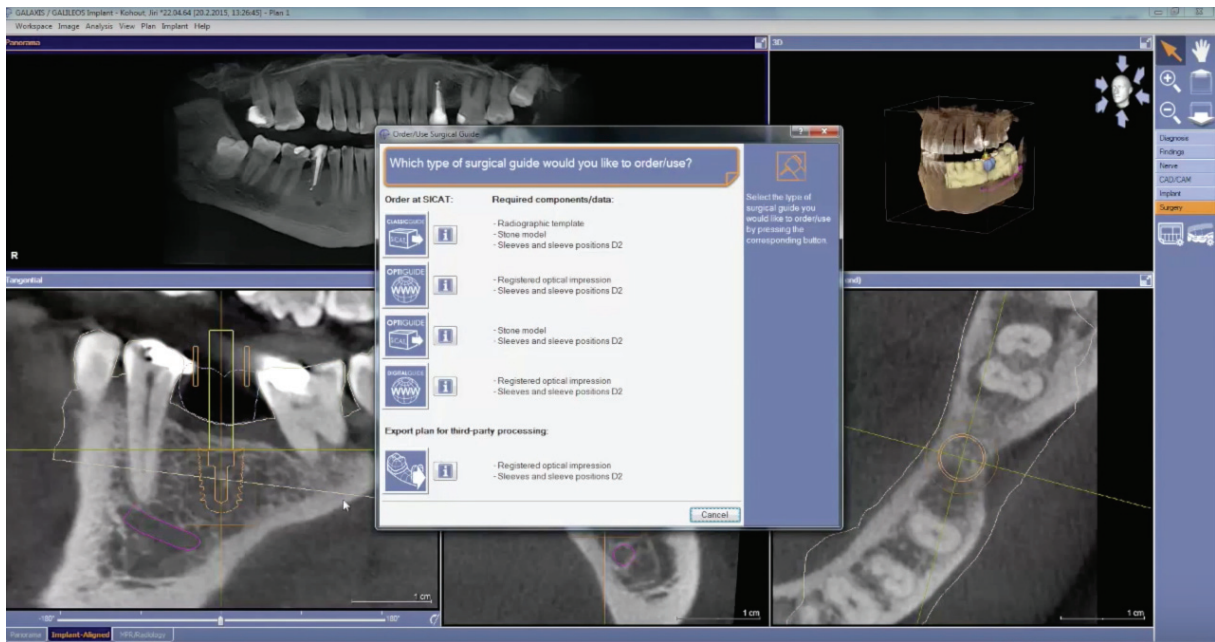


Figure 45 : Transfert des données implantaïres sur le logiciel CEREC® (Dr Miller Rick)

Ce cas détaillera la production du guide au cabinet dentaire à l'aide de l'outil CEREC GUIDE 2®. Les données finales de la planification sont importées sur le logiciel CEREC. La modélisation commence par le choix de l'épaisseur de résines nécessaires et la distance d'espacements entre résine et gencive.



Figure 46 : Choix de l'épaisseur de résines nécessaires et la distance d'espacement entre la résine et la gencive. (Dr Miller Rick)

La zone d'intérêt de support du guide est définie. Afin d'obtenir un modèle de travail ergonomique.

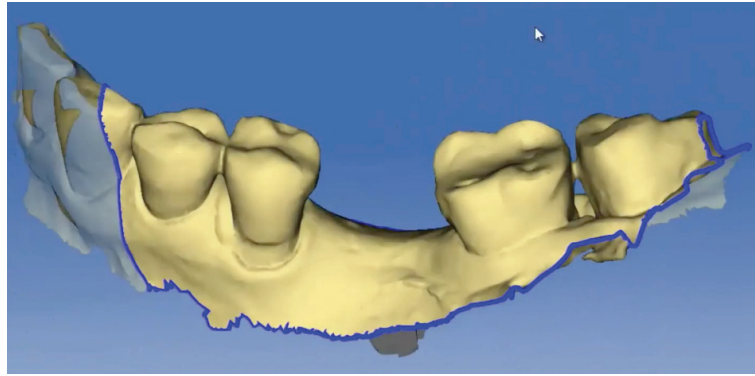


Figure 47 : Sélection de la zone d'intérêt de support de guide. (Dr Miller Rick)

Puis la largeur et l'épaisseur de résines de l'orifice du canon de forage sont déterminées. Il est possible de réaliser des évidements au niveau du canon de forage afin de faciliter l'insertion du foret dans les zones d'accès difficiles.

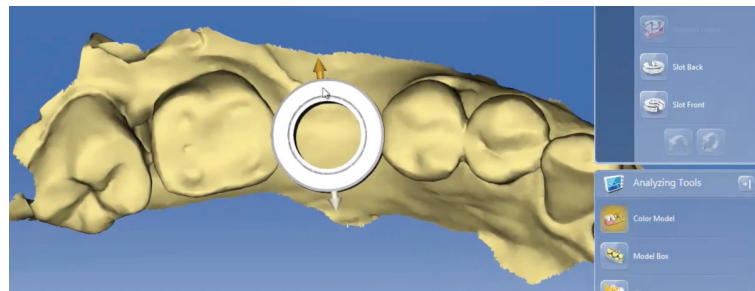


Figure 48 : Sélection de la largeur et de l'épaisseur de résine de l'orifice du canon de forage. (Dr Miller Rick)

Le guide modélisé, le praticien choisira de réaliser des évidements au niveau des dents afin de les visualiser ci nécessaire.

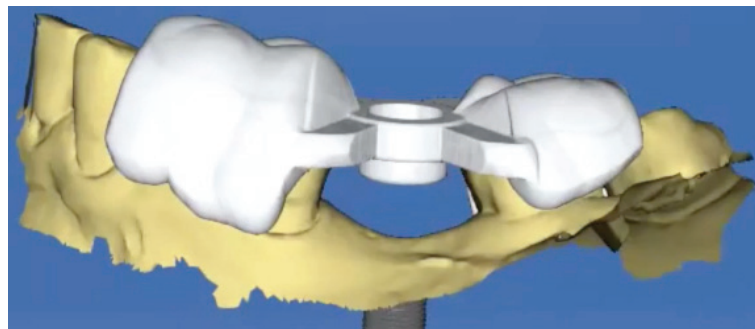


Figure 49 : Modélisation du guide chirurgicale (Dr Miller Rick)

Une fois la modélisation finie, le guide chirurgical sera usiné.

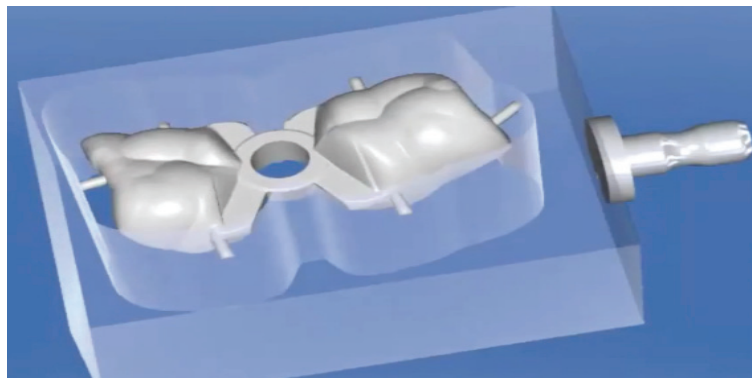


Figure 50 : Programmation du guide dans le bloc à usiner (Dr Miller Rick)

2.2.1.5 Etape 4 : Phase chirurgicale guidée

Le rdv suivant sera consacré à la phase chirurgicale implantaire.

Tout d'abord le praticien essaie le guide et l'ajuste en fonction. La chirurgie s'effectuera par la technique sans lambeau. Un évidement a été réalisé afin de faciliter l'accès des clés forages.



Figure 51 : Mise en bouche du guide chirurgical (Dr Miller Rick)

Le guide chirurgical en place, les forages implantaire seront réalisés suivant la séquence prévue à l'aide des clés de forages.



Figure 52 : Forage implantaire au travers du guide chirurgical (Dr Miller Rick)

A l'aide du porte implant, l'implant sera placée et bloqué à 35 N/Cm. Le pilier de cicatrisation vissé, le patient devra attendre 4 mois de cicatrisations et d'ostéo-intégrations avant la phase prothétique.



Figure 53 : Implant en place avec son porte implant (Dr Miller Rick)

2.2.1.6 Etape 6 : Phase prothétique, conception de la prothèse implantaire d'usage

2.2.1.6.1 Empreinte optique

Une fois la cicatrisation acquise, l'empreinte optique sera réalisée afin concevoir la prothèse d'usage.

Après s'être assuré de la bonne ostéo-intégration de l'implant, le pilier de cicatrisation sera dévissé puis le Ti Base vissé sur l'implant. Une radio de contrôle sera effectuée afin de vérifier l'insertion correcte du Ti Base. Le scan body positionné l'empreinte optique peut commencer.



Figure 54 : Mise en place du Ti base et du scan body (Dr Rick Miller)

2.2.1.6.2 Modélisation prothétique

Un modèle prothétique numérique est acquis après l’empreinte numérique. Ce modèle montre la position de l’implant par rapport aux dents adjacentes.

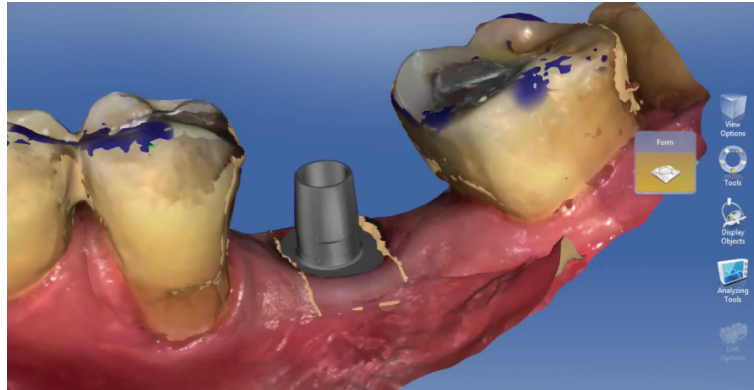


Figure 55 : Modèle prothétique numérique (Dr Rick Miller)

Le logiciel modélise une couronne prothétique. Des ajustements seront nécessaires afin d’obtenir la couronne idéale. Dans ce cas, une couronne monobloc transvissé direct implant sera réalisée.

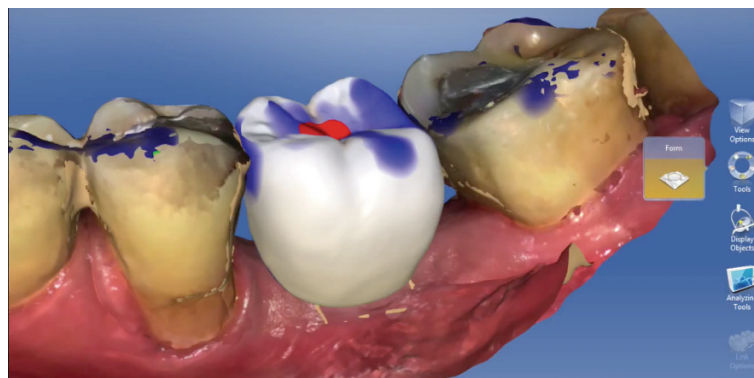


Figure 56 : Modélisation de la couronne implantaire (Dr Rick Miller)

2.2.1.6.3 Choix du matériau prothétique et usinage

La couronne sera conçue en E max CAD® avec un bloc percé dont la position du puits de vis est configurée sur le logiciel. L'usinage sera exécuté par l'unité MCXL®.

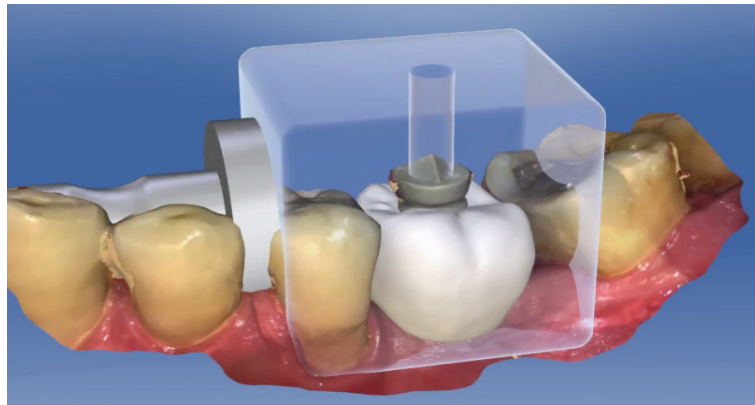


Figure 57 : Programmation de la couronne dans son bloc (Dr Rick Miller)

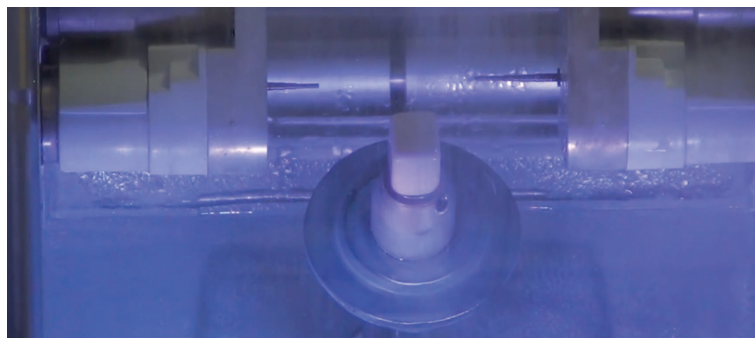


Figure 58 : Usinage de la couronne (Dr Rick Miller)

2.2.1.6.4 Maquillage et glaçage

Une fois usinée, la couronne sera maquillée. En effet, s'agissant d'un bloc de céramique mono-teinte, des contrastes, des dégradés et des caractérisations doivent être créés afin de reproduire l'esthétique des dents adjacentes. Le glaçage sera effectué dans un four à céramique.

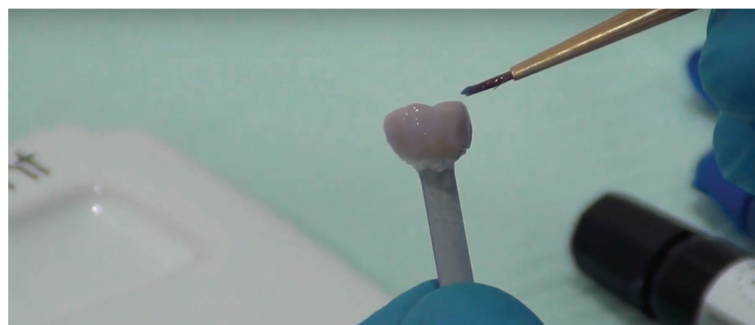


Figure 59 : Maquillage de la couronne (Dr Rick Miller)

2.2.1.6.5 Assemblage de la coiffe et de l'embase de connexion implantaire (Ti Base)

La coiffe est collée sur le Ti Base à l'aide de la colle Multilink Abutment d'Ivoclar Vivadent®.



Figure 60 : Assemblage de la coiffe et du Ti Base (Dr Rick Miller)

2.2.1.6.6 Pose en bouche

La prothèse est ensuite vissée en bouche à 35N/Cm et le puit de vis est fermé par du composite.

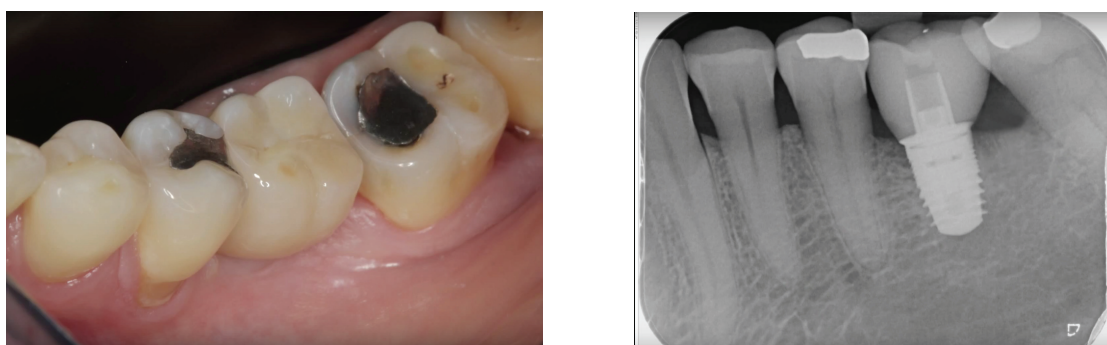


Figure 61 : De gauche à droite : Couronne implantaire vissée en bouche, radio rétro alvéolaire de la couronne et de son implant (Dr Rick Miller)

2.2.2 Cas cliniques n° 2 : Planification implantaire et chirurgie guidée.

2.2.2.1 Présentation du cas (Dr Dinahet Bertrand)

Cas de planification implantaire et de chirurgie guidée pour cinq implants (11, 12, 14, 16 et 26).

2.2.2.2 Etude du cas

Le patient souhaite une réhabilitation implantaire fixe des dents 11, 12, 14, 16 et 26. Un projet prothétique numérique sera réalisé afin d'optimiser la planification implantaire.

2.2.2.3 Planification prothétique

Une empreinte numérique de l'arcade maxillaire sera effectuée à l'aide de la camera Omnicam®.



Figure 62 : De gauche à droite : Photo occlusale du maxillaire en situation initiale, modèle numérique du maxillaire vue occlusale (Dr Dinahet Bertrand)

Les dents à modéliser seront sélectionnées sur le logiciel CEREC Inlab®, afin de concevoir un wax up numérique.

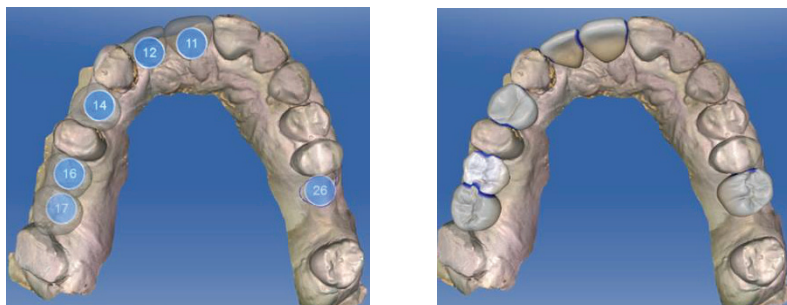


Figure 63 : De gauche à droite : sélection des dents à modéliser, wax up numérique (Dr Dinahet Bertrand)

2.2.2.4 Planification implantaire

Une fois le projet prothétique validé, un cone beam est prescrit. Les données du projet prothétique seront exportées sur l'examen 3D.

2.2.2.4.1.1 Planification implantaire sur 11 et 12

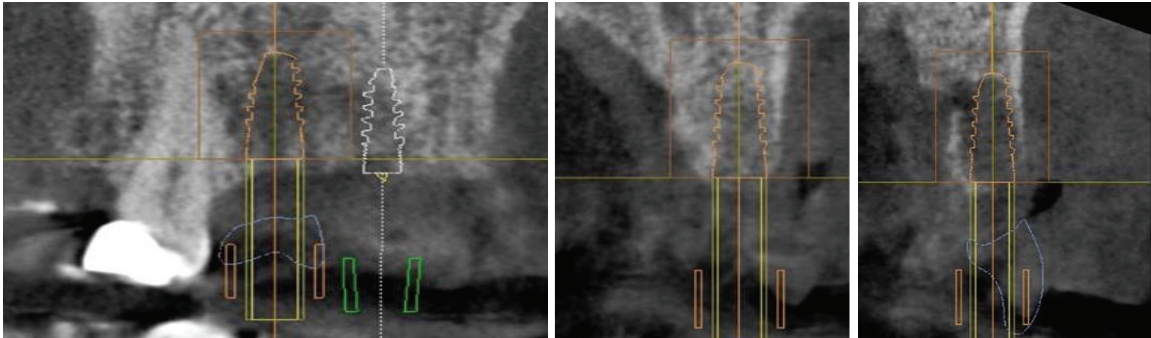


Figure 64 : De gauche à droite : positionnement de l'implant 11 et 12 sur une coupe panoramique du cone beam, position de l'implant 11 sur une coupe coronale du cone beam, position de l'implant 12 sur une coupe coronale du cone beam (Dr Dinahet Bertrand)

2.2.2.4.2 Planification implantaire sur 14 et 16

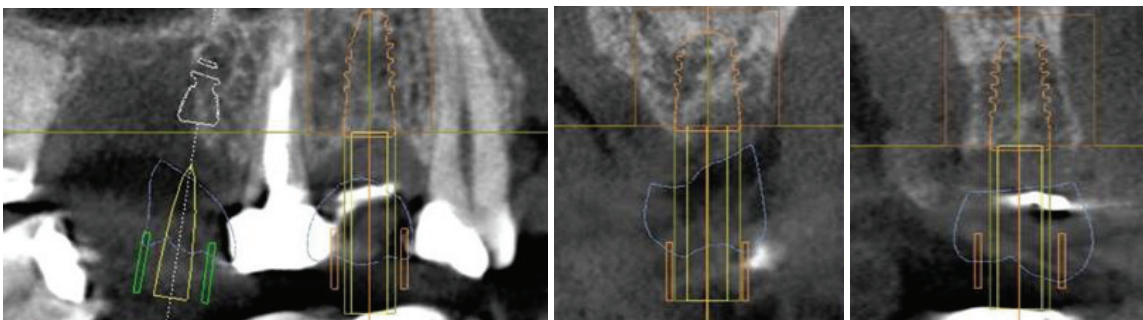


Figure 65 : De gauche à droite : positionnement de l'implant 14 et 16 sur une coupe panoramique du cone beam, position de l'implant 14 sur une coupe coronale du cone beam, position de l'implant 16 sur une coupe coronale du cone beam (Dr Dinahet Bertrand)

2.2.2.4.3 Planification implantaire sur 26

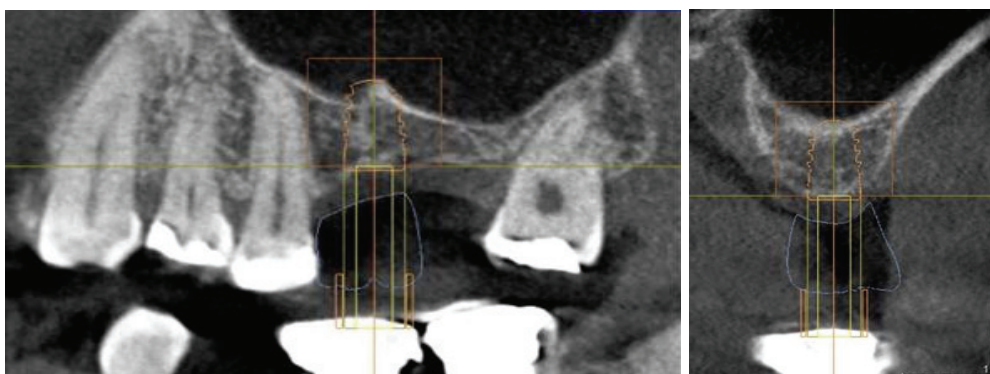


Figure 66 : De gauche à droite : positionnement de l'implant 26 sur une coupe panoramique du cone beam, position de l'implant 26 sur une coupe coronale du cone beam. (Dr Dinahet Bertrand)

2.2.2.5 Modélisation du guide chirurgical

La planification implantaire réalisée, les données sont transférées dans le logiciel CEREC Inlab® afin de réaliser le guide chirurgical.

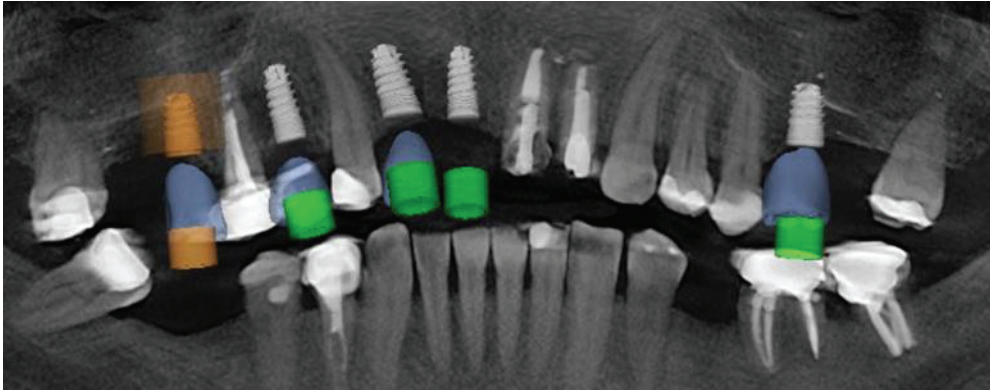


Figure 67 : Coupe panoramique montrant la position des différents implants (Dr Dinahet Bertrand)

L'épaisseur de résine nécessaire et la distance d'espacement entre la résine et la gencive sont déterminées. La zone d'intérêt du guide est, ensuite, sélectionnée.

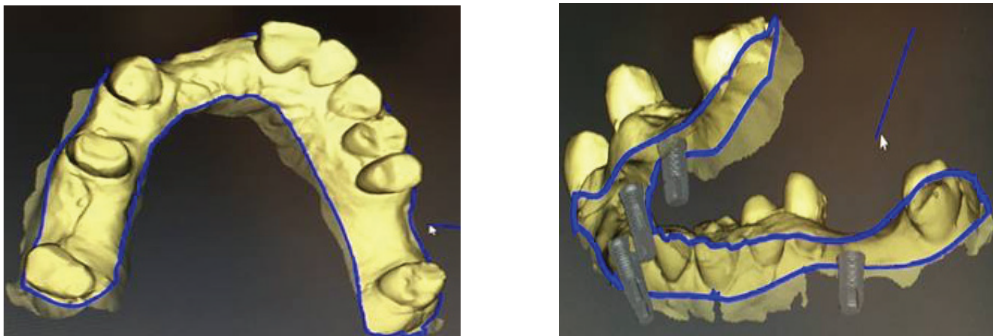


Figure 68 : De gauche à droite : Sélection de la zone d'intérêts du guide vue de dessous, sélection de la zone d'intérêts du guide vue occlusale. (Dr Dinahet Bertrand)

La largeur et l'épaisseur de résines des orifices des canons de forages sont définies. Après configuration des différents paramètres, le guide chirurgical est modélisé, puis stéréolithographié.

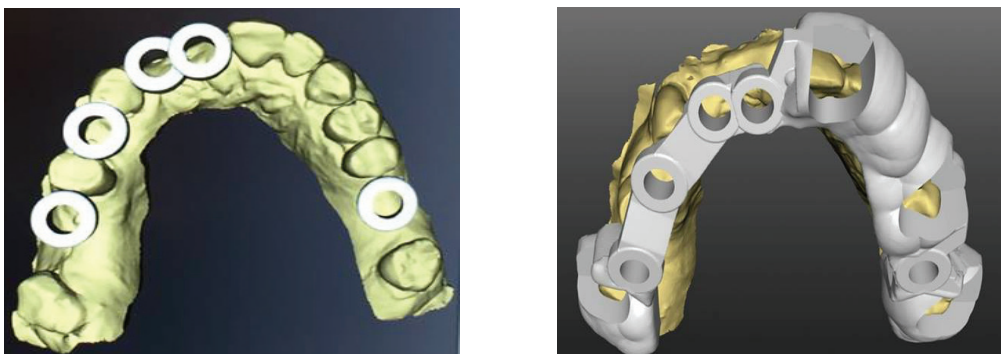


Figure 69 : De gauche à droite : Sélection de la largeur et épaisseur des orifices des canons de forages, modélisation du guide chirurgical. (Dr Dinahet Bertrand)

2.2.2.6 Phase chirurgicale

Les implants sont posés à l'aide du guide chirurgical. Les étapes de chirurgies ne seront pas détaillées dans ce cas clinique.



Figure 70 : Guide chirurgical stéréolithographié avec sa clé de forage. (Dr Dinahet Bertrand)



Figure 71 : De gauche à droite : photo du guide chirurgical en bouche, photo de la fin de la chirurgie. (Dr Dinahet Bertrand)

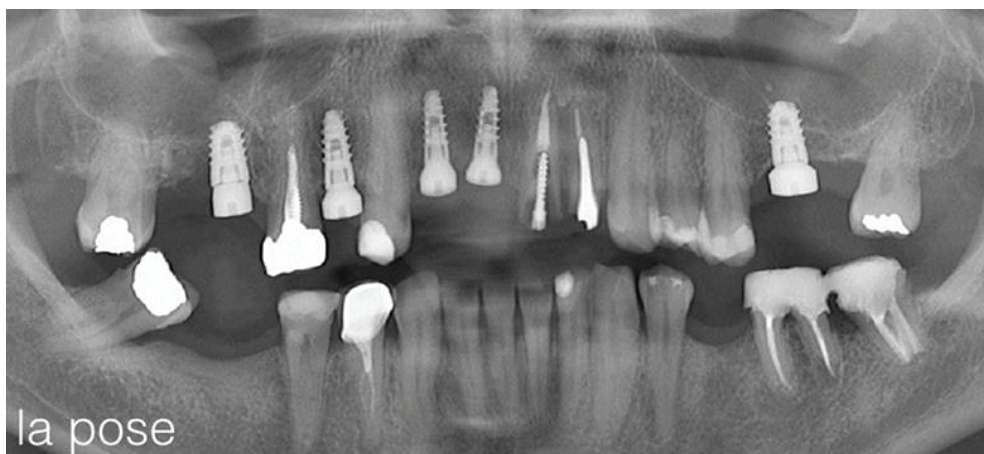


Figure 72 : Radiographie panoramique après la chirurgie implantaire (Dr Dinahet Bertrand)

2.2.3 Cas n° 3 : Implantation et mise en charge immédiate sur pilier implantaire anatomique personnalisé.

2.2.3.1 Présentation du cas (Sirona®)

Cas d'un implant sur 36 avec une mise en charge immédiate sur un pilier anatomique personnalisé. La phase implantaire ne sera pas détaillée dans cette partie.

2.2.3.2 Pose de l'implant, empreinte optique et modélisation

Après la pose de l'implant, le Ti base est vissé et le site implantaire suturé. Le scan body est inséré afin de réaliser l'empreinte optique à l'aide de l'Omnica®.

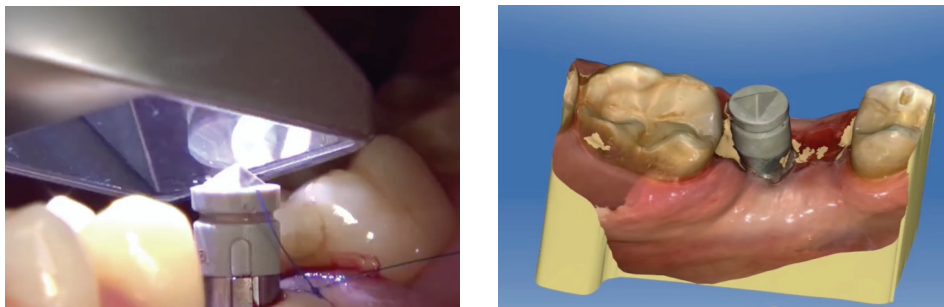


Figure 73 : De gauche à droite : étape d'impression optique avec la camera Omnicam®, modèle numérique issu de l'impression optique (Sirona®) <http://www.sirona.com/en/products/digital-dentistry/implantology-with-cerec/>

Le logiciel construit une couronne implantaire ainsi que son pilier homothétique dont le volume dépend des volumes nécessaires à la réalisation d'une couronne en céramique. Le praticien choisit entre une couronne monobloc transvissée ou un pilier anatomique et une couronne scellée. Ce cas décrit la technique de prothèses implantaires scellées.

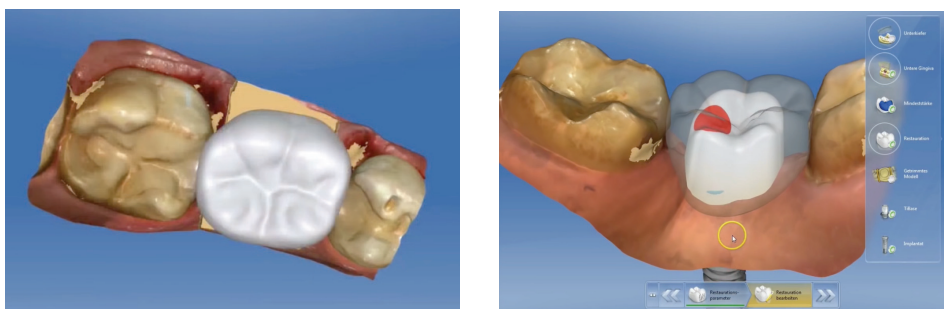


Figure 74 : De gauche à droite : modélisation de la couronne vue occlusale, modélisation du pilier implantaire homothétique à la couronne (Sirona®)

2.2.3.3 Usinage et assemblage des pièces prothétiques

2.2.3.3.1 Le pilier anatomiques implantaire

Dans un premier temps, le pilier anatomique est usiné à l'aide d'un bloc perforé en Emax CAD®. Le pilier usiné est maquillé et glacé, puis assemblé au Ti base à l'aide de la colle Multilink Abutment® de chez Ivoclar Vivadent®. Puis le pilier sera posé en bouche avec un couple de serrage de 35 N/Cm à l'aide de la clé dynamométrique.

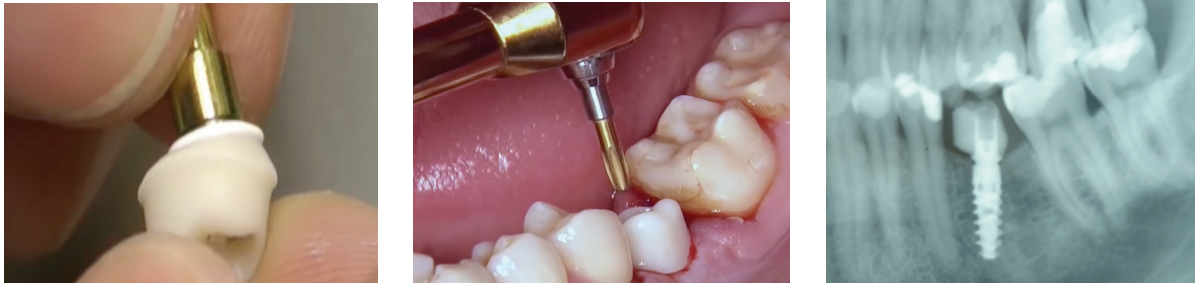


Figure 75 : De gauche à droite : collage du Ti base et du faux moignon implantaire, pose du faux moignon implantaire en bouche, rétro alvéolaire de l'implant et de son pilier implantaire (Sirona®)

2.2.3.3.2 La couronne provisoire

La couronne est automatiquement adaptée à son pilier sur le logiciel, il n'est pas nécessaire de refaire une empreinte optique. Les points de contacts proximaux et occlusaux sont ajustés de sorte à n'avoir aucun contact sur l'implant durant la phase de cicatrisation. La couronne sera usinée avec un bloc résine Telio®. Celle ci est scellée avec un ciment provisoire.

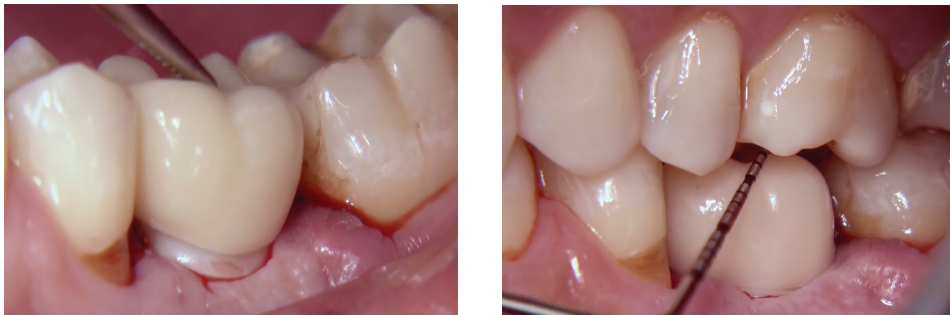


Figure 76 : De gauche à droite : pose de la couronne provisoire en vue vestibulaire, vérification des points de contacts sur le provisoire. (Sirona®)

2.2.3.3.3 La couronne définitive

Après quatre mois d'ostéo-intégration, on réalise la couronne définitive. Le logiciel a sauvegardé le faux moignon implantaire, la couronne pourra être usinée directement à partir de l'empreinte initiale en ajoutant cette fois-ci des contacts occlusaux. La coiffe sera usinée en Emax CAD®. Elle sera collée après maquillage et glaçage.

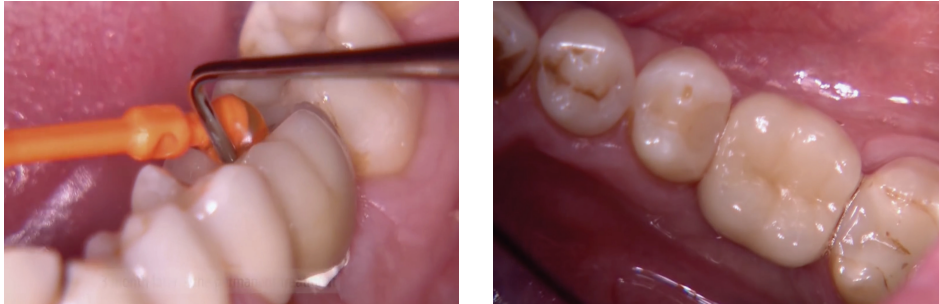


Figure 77 : De gauche à droite : collage de la couronne sur son pilier implantaire, couronne collée en vue occlusale. (Sirona®)

2.2.4 Cas cliniques n°4 : prothèses implantaires plurales scellées sur pilier implantaire

2.2.4.1 Présentation du cas (Dr Le Corre Yann)

Cas de couronnes solidarisées scellées sur faux moignon implantaire sur 36 et 37.

2.2.4.2 Empreinte optique

Protocole de prises d'empreintes optiques avec la camera Bluecam® :

- Poudrage des surfaces implantaires, gingivales et dentaires ;
- Enregistrement du masque gingival ;
- Pose des Ti Bases, repoudrage sur les Tibase et enregistrement de la position des implants et des dents adjacentes ;
- Enregistrement des dents antagonistes ;
- Enregistrement de l'occlusion.

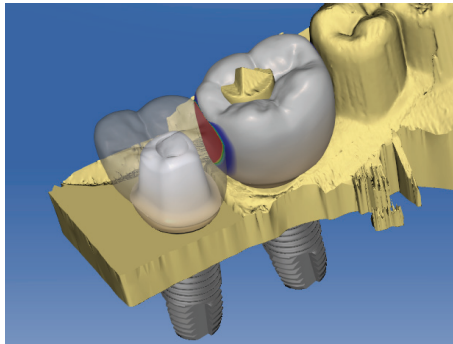


Figure 78 : Modèle numérique issu de l'impression optique avec la camera Bluecam®. (Dr Le Corre Yann)

2.2.4.3 Modélisation prothétique

La réalisation de prothèses plurales implantaire avec le système CEREC® impose la réalisation de couronnes implantaire scellées. En effet il n'existe pas encore de systèmes pour réaliser des prothèses plurales transvissées avec le système CEREC®.

Le logiciel modélise les futures restaurations prothétiques et propose un pilier anatomique implantaire homothétique à la future couronne.

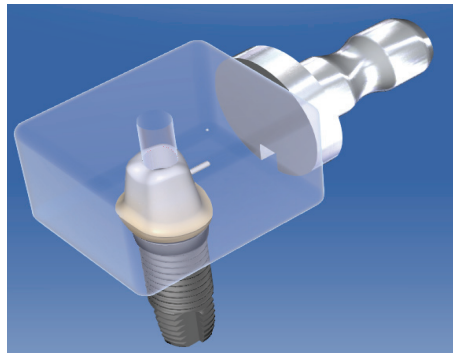


Figure 79 : Modélisation des couronnes et des piliers implantaire (Dr Le Corre Yann)

2.2.4.4 Usinages des piliers implantaire

Les piliers anatomique modélisés seront usinés en Emax CAD® avec un bloc percé. L'usinage terminé les piliers seront cristallisés et glacés.

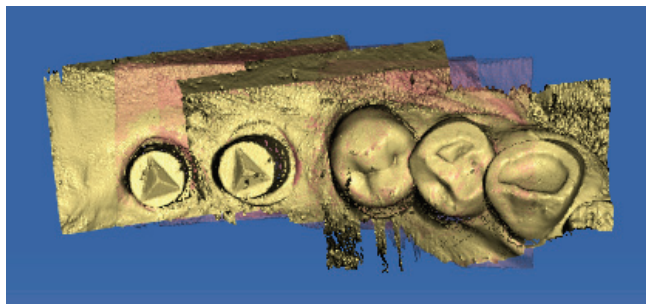


Figure 80 : Programmation du pilier implantaire dans son bloc (Dr Le Corre Yann)

2.2.4.5 Pose des piliers en bouche et empreinte optique

Les piliers sont vissés en bouche à 35 N/Cm.

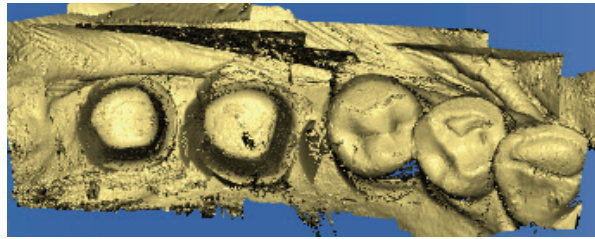


Figure 81 : Pose des piliers implantaires en bouche (Dr Le Corre Yann)

Actuellement, le logiciel ne permet pas de réaliser la modélisation des faux moignons et des couronnes en un temps dans les cas de prothèses plurales. Il est nécessaire de réaliser une deuxième empreinte des piliers en bouche.

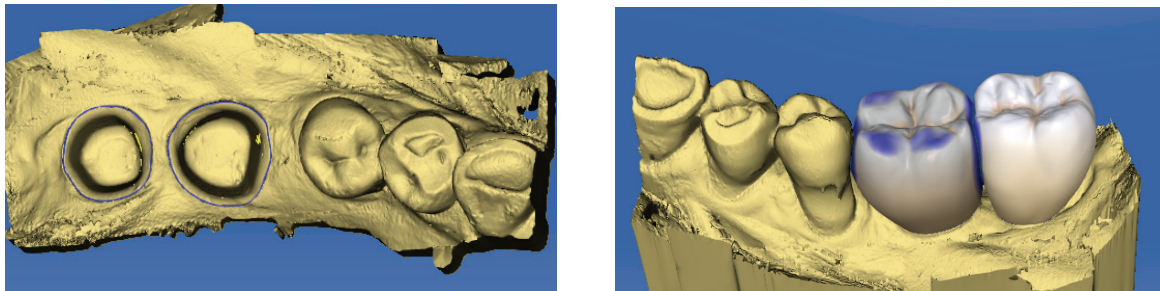


Figure 82 : Modèle numérique des piliers implantaires issu de l'impression optique avec la camera Bluecam® (Dr Le Corre Yann)

2.2.4.6 Modélisation des couronnes

Tout d'abord il est nécessaire de définir les limites des faux moignons implantaires puis de déterminer l'axe d'insertion des couronnes (toutes les zones en jaunes sont des zones de contres dépouilles, il faut jouer avec le logiciel pour trouver le meilleur axe d'insertion sans contres dépouilles). Ensuite le logiciel modélise les coiffes. Un ajustement de l'occlusion et des points de contact sera nécessaire avant de les usiner.



Figure 83 : De gauche à droite : définition des limites des piliers implantaires, modélisation des couronnes 36 et 37. (Dr Le Corre Yann)

2.2.4.7 Usinages des couronnes

Les couronnes sont usinées en Emax CAD® à l'aide d'un bloc en Emax B32®.

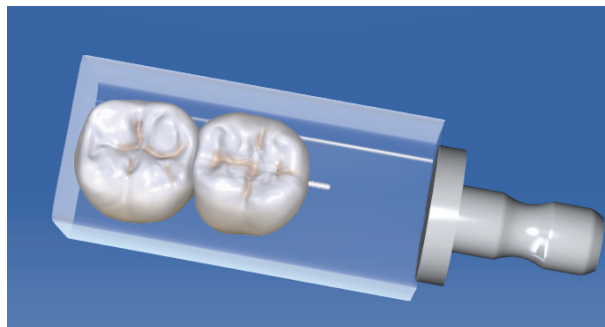


Figure 84 : programmation des couronnes dans le bloc (Dr Le Corre Yann)

2.2.4.8 Pose des prothèses en bouche

Les coiffes sont collées sur les piliers prothétiques à l'aide de la colle Multilink automix® de chez Ivoclar Vivadent®.

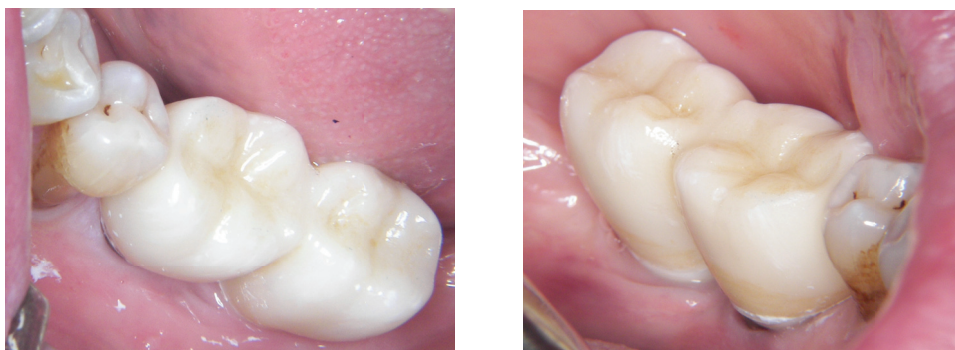


Figure 85 : De gauche à droite : pose des couronnes en vue vestibulaire, pose des couronnes en vue linguale. (Dr Le Corre Yann)

2.2.1 Cas cliniques n°4 bis : prothèse implantaire plurale scellée sur pilier implantaire (Dr Yann Le Corre)

Cas de prothèses implantaires scellées sur faux moignon implantaire sur 15, 16 et 17. Après quatre mois de cicatrisation, les piliers de cicatrisations sont déposés afin de réaliser la phase prothétique. Ce cas étant similaire au précédent, les différentes étapes de prothèses ne seront pas développées dans cette partie.

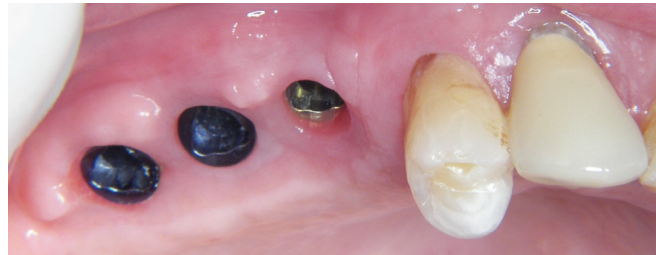


Figure 86 : Photo des implants après dépose des piliers de cicatrisations (Dr Le Corre Yann)

Les piliers sont usinés en Emax CAD® et sont vissés à 35N/Cm.



Figure 87 : Photo des piliers implantaires (Dr Le Corre Yann)

Les couronnes sont usinées en Emax CAD® et sont collées sur les piliers implantaires à l'aide de la colle Multilink Automix® de chez Ivoclar Vivadent®.



Figure 88 : Photo des couronnes collées sur leurs piliers implantaires (Dr Le Corre Yann)

3 Discussion, avantages et limites du système CEREC® dans la thérapie implantaire

3.1 Avantages

3.1.1 Phase implantaire

3.1.1.1 Planification implantaire

La fonction wax up numérique du CEREC® permet au praticien dans les cas simples de réaliser la planification implantaire virtuelle avec le patient en un rdv. Cet outil propose au praticien de s'affranchir de la réalisation de moulages d'études et de montages directeurs avec un certain délai des laboratoires de prothèses et par la suite de créer ses propres guides chirurgicaux.

3.1.1.2 Temporisation

Le système CEREC® offre la possibilité de réaliser des provisoires implantaires vissés directement après la chirurgie (18) et de concevoir des bridges collés provisoires (38). L'apport de la CFAO direct dans la mise en esthétique immédiate est une autre façon de concevoir la prothèse provisoire (27).

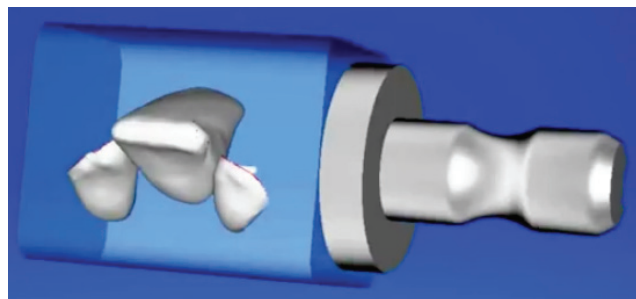


Figure 89 : Programmation du bridge collé dans son bloc (Stas, 2008)

3.1.2 Phase prothétique

3.1.2.1 Empreinte optique :

Les patients rapportent que les systèmes d'empreintes numériques sont plus confortables que les systèmes conventionnels. Le temps d'empreinte dans certaines indications est inférieur aux systèmes conventionnels (32). Le temps d'acquisition diffère selon l'expérience et les habitudes du praticien.

3.1.2.2 Conception virtuelle de la prothèse :

Le logiciel propose de reproduire exactement la forme d'une dent à partir d'un wax up, d'un provisoire, d'une ancienne couronne prothétique ou d'une dent avant extraction (bio copie). Cet outil est intéressant lorsque l'esthétique, la fonction d'une dent sont conservables ou bien que le patient souhaite conserver la même forme de dent.

La forme de la dent controlatérale peut être utilisée pour reproduire une morphologie coronaire semblable grâce à un effet miroir. Cela est intéressant pour les incisives afin de conserver une symétrie.

3.1.2.3 Gestion de l'occlusion et des points de contacts

Le praticien peut adapter l'occlusion et les points de contacts lors de la modélisation, pour ce faire il existe un jeu de couleur selon l'intensité du contact : bleu clair -> bleu foncé -> vert -> jaune -> rouge. Le bleu clair étant le plus faible contact et le rouge une sur occlusion.

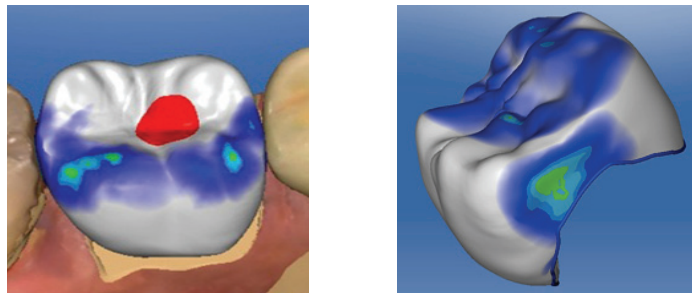


Figure 90 : De gauche à droite : gestion des points d'occlusion, gestion des points de contact (collection personnelle)

Le logiciel propose un articulatoire numérique afin d'adapter l'anatomie des pentes cuspidiennes aux mouvements de la mâchoire.

3.1.2.4 Conception de la prothèse en une séance

Le gros avantage du système CEREC® est la réalisation de la prothèse dans la séance que ce soit sur dent naturel ou implant.

La conception d'une couronne transvissée sur implant nécessite environ 1h / 1h30 :

- Mise en place du Ti base et scan body : 5 min ;
- Empreinte optique : 5 – 10 min ;
- Conception prothétique (modélisation et usinage : 20 min) ;
- Essayage en bouche et ajustage : 10 min ;
- Maquillage et cuisson : 20 min ;
- Pose de la prothèse : 10 min.

La conception d'une couronne scellée requiert entre 20 et 30 min supplémentaire afin de réaliser un pilier anatomique implantaire.

Dans le cas d'une couronne unitaire, le pilier anatomique et la couronne peuvent être usinés à partir de la même empreinte.

Dans le cas d'une prothèse plurale il faudra dans un premier temps usiner les piliers anatomiques et refaire une empreinte avec ceci posés en bouche.

3.1.2.5 Gestion fracture prothétique

En cas de fracture d'une prothèse sur implant réaliser au CEREC®, la pièce prothétique pourra être facilement usiné et mise en bouche en conservant les empreintes déjà acquises.

3.1.2.6 Précision de l'adaptation interne et marginale des coiffes scellé sur implant

Selon une étude, le gap interne et marginal des coiffes scellées implantaires réalisées par CAD/CAM était cliniquement acceptable. L'ajustement marginal de ces restaurations serait de meilleure qualité que les procédés de fabrications conventionnels (28).

3.1.2.7 Comparaison des différents matériaux de restaurations implantaires

La zircone est devenue le matériau de référence pour la réalisation de couronnes implantaires grâce à sa très haute résistance à la fracture. Depuis l'arrivée des technologies de CFAO dans les cabinet dentaire, les matériaux céramiques ont évolués et certaines études ont montrés que les couronnes monolithiques en di-silicate de lithium conçu par CFAO serait applicables pour les restaurations coronaire postérieur sur implant du fait que leur résistance est supérieur aux force masticatoire (22).

Cependant, il existe peu de recul clinique de ces matériaux et il serait intéressant d'avoir une vision à long terme de ces restaurations afin d'établir une comparaison de ces matériaux et de définir leurs indications.

3.2 Inconvénients et Limites

3.2.1 Planification implantaire

Dans les cas d'édentement étendu avec absence de calage dentaire et de repère anatomique dentaire, il sera impossible de réaliser un wax up numérique. Il faudra passer par des guides radiologiques.

3.2.2 Phase prothétique

3.2.2.1 Empreinte optique et précision

Il existe une multitude de fabricants qui proposent des systèmes d'empreintes numériques avec des enregistrements différents et des précisions différentes. Certains enregistrements nécessitent un poudrage préalable. Ce poudrage permet de créer une surface uniformément réfléchissante. Les poudres généralement utilisées sont constituées de dioxyde de titane (8).

Selon Ender et al, il existe des différences significatives de précision entre la méthode dite conventionnelle avec empreinte physique et une méthode numérique dans le cadre d'enregistrement d'arcade complète. Le tableau ci dessous nous montre que le matériau le plus précis est le vinylsiloxanether connu sous le nom de silicone avec une moyenne de 17,7 μ m. Le système numérique le plus précis est la camera Trios® de 3Shape® avec une moyenne de 42,9 μ m. Les systèmes d'empreintes conventionnels restent plus précis dans le cadre d'enregistrement d'arcade complète. L'utilisation de l'alginat (hydrocolloïde irréversible) reste un des matériaux le moins précis, mais suffisamment précis pour l'étude de moulage ou la réalisation de prothèse amovible (14).

Dans le cadre de restaurations partielles fixes les études ont montré que les systèmes d'empreinte numérique sont de précisions équivalentes aux systèmes conventionnels et permettent la réalisation de restaurations de qualités équivalente (35). Les systèmes d'empreintes numériques intra-oraux se développent très rapidement.

La précision des systèmes âgés (LAVA®, CEREC Bluecam®, ITERO®) est plus faible par rapport aux systèmes plus récents (CEREC Omnicam®, TRIOS®, TRIOS COLOR®).

La précision des empreintes complètes d'arcade s'approche ou dépasse celle de certains matériaux d'empreinte classique (polyéther et alginate) (14).

Characteristic	Mean (SD)	Median	95% Confidence		Minimum	Maximum
			Interval			
VSE	17.7 (5.1)	17.5	14.6, 20.2		10.0	28.0
VSES	18.3 (8.8)	18.0	16.1, 20.5		19.0	23.0
VSES-dig	36.7 (3.8)	35.5	34.0, 39.4		32.0	42.5
POE	34.9 (8.8)	35.0	29.6, 40.2		19.0	54.0
ALG	162.2 (71.3)	146.5	122.7, 201.7		84.0	337.1
CER	56.4 (15.4)	53.5	47.9, 64.9		35.7	86.4
OC	48.6 (11.6)	45.5	42.2, 55.0		34.3	72.0
LAV	82.8 (39.3)	76.5	61.0, 104.6		37.0	170.5
T-Def	59.7 (29.4)	52.4	43.4, 76.0		24.9	120.1
ITE	68.1 (18.9)	65.9	57.6, 78.6		39.2	103.9
TRI	47.5 (21.4)	41.9	35.7, 59.4		25.5	89.3
TRC	42.9 (20.4)	41.1	31.6, 54.2		25.2	105.7

Figure 91 : Tableau comparatif de la précision des empreintes conventionnelles et optiques (μm) (Ender et al., s. d.)

Dans le cadre implantaire, la précision de l'empreinte est capitale afin d'enregistrer la position exacte de l'implant. Les matériaux tels que le poly vinyl siloxane et le polyether sont les plus précis et ont fait leurs preuves de fiabilité (13). Les systèmes numériques doivent apporter la même fiabilité et précision afin de répondre aux exigences des empreintes implantaires. Selon une étude, l'empreinte numérique est de précision équivalente à l'empreinte conventionnelle (31). Cela montre le potentiel des systèmes d'empreintes numériques intra-orales comme une alternative équivalente ou mieux aux méthodes traditionnelles.

3.2.2.2 Difficultés d'empreintes des piliers implantaires sous gingivaux

Il est plus difficile de réaliser une bonne empreinte optique précise des piliers implantaires sous gingivaux car la gencive a tendance à s'affaisser sur le pilier.

3.2.2.3 Conception prothétique

Il est possible aujourd'hui de réaliser uniquement des éléments prothétiques unitaires transvissés grâce aux blocs percés. La réalisation de prothèses plurales sur implants nécessite de réaliser au préalable des piliers anatomiques implantaires et de venir sceller la prothèse dessus. En revanche, il est impossible de réaliser des empreintes pour des prothèses complètes fixes ou amovibles sur implants avec le système CEREC® de Sirona®.

Conclusion :

Les évolutions technologiques de ce dernier quart de siècle ont bouleversé la pratique de l'odontologie. La pratique de l'implantologie a elle aussi subi des avancés majeurs. Etant donnée son haut taux de succès, elle est vite devenue une pratique de plus en plus courante et fait maintenant partie de l'arsenal thérapeutique de l'omnipraticien. Les biomatériaux ont eux aussi évolué afin de répondre aux exigences de résultats de nos patients mais aussi afin d'optimiser l'aspect esthétiques et biologiques des restaurations prothétiques. C'est à partir de ces besoins que la conception et fabrication assistées par ordinateur (CFAO) sont nées.

La CFAO joue un rôle important dans la phase chirurgicale. Elle permet de planifier une chirurgie implantaire à partir d'un projet prothétique conçu virtuellement, de concevoir un guide chirurgical de précision dans le but de placer l'implant selon la prothèse qu'il va supporter et non selon le volume osseux disponible. Le praticien a le choix de déléguer la conception de son guide auprès d'un laboratoire qualifié ou de le concevoir au sein même de son cabinet (CEREC Guide 2).

La CFAO permet de s'affranchir d'empreintes implantaires physiques ou conventionnelles grâce à l'empreinte optique pour une précision équivalente. Le praticien a le choix de déléguer la conception prothétique auprès d'un laboratoire en envoyant les données par internet ou de la concevoir au sein de son de son cabinet.

L'utilisation de la CFAO en implantologie est un véritable atout technologique que tout praticien devrait utiliser. Le recours à un technicien de laboratoire reste toujours indispensable afin d'offrir a nos patients les meilleurs prothèses possible. L'avenir est très prometteur.

Bibliographie :

1. **Alfred, S., & Bonnaud, P.** Pratique clinique des greffes osseuses et implants. *Edition Masson*, 2012.
2. **Awada, A., & Nathanson, D.** Mechanical properties of resin-ceramic CAD/CAM restorative materials. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 114(4), 587- 593, 2015.
3. **Baudoin, C.-A., & Bennani, V.** *Un projet prothétique en implantologie.* Quintessence internationale, 2003.
4. **Bindl, A.** Clinical application of fully digital Cerec surgical guides made in-house. *International Journal of Computerized Dentistry*, 18(2), 163- 175, 2015.
5. **Borghetti, A., & Monnet-Corti, V.** *Chirurgie plastique parodontale.* Rueil-Malmaison, France: Editions CdP, 2008.
6. **Cavezian, R., & Pasquet, G.** Radiologie: Imagerie sectionnelle et radioprotection, interet de la technique« cone beam » New Tom 3G. *INFORMATION DENTAIRE*, 88(4), 131, 2006.
7. **Cavézian, R., & Pasquet, G.** Imagerie Cone Beam et implants. *Revue de Stomatologie et de Chirurgie Maxillo-faciale*, 113(4), 245- 258, 2012.
8. **Cook, K. T., & Fasbinder, D. J.** Accuracy of CAD/CAM crown fit with infrared and LED cameras. *International Journal of Computerized Dentistry*, 15(4), 315–326, 2012.
9. **Davarpanah, K., Demurashvili, G., Daas, M., Rajzbaum, P., Capelle-Ouadah, N., Szmukler-Moncler, S., & Davarpanah, M.** Implantologie assistée par ordinateur. *Revue de Stomatologie et de Chirurgie Maxillo-faciale*, 113(4), 259–275, 2012.
10. **Davarpanah, M., & Demurashvili, S. S.-M., Philippe Rajzbaum, Keyvan Davarpanah, Georgy.** *Manuel d'implantologie clinique. 3e édition - Editions CdP: Concepts, intégration des protocoles et esquisses de nouveaux paradigmes.* Initiatives Sante, 2015.
11. **de Calmès, B.** *A propos d'un cas de planification implantaire avec Galiléos et Cerec*, 2011.
12. **Dreiseidler, T., Neugebauer, J., Ritter, L., Lingohr, T., Rothamel, D., Mischkowski, R. A., & Zöller, J. E.** Accuracy of a newly developed integrated system for dental implant planning. *Clinical Oral Implants Research*, 20(11), 1191- 1199, 2009.
13. **Ebadian, B., Rismanchian, M., Dastgheib, B., & Bajoghli, F.** Effect of different impression materials and techniques on the dimensional accuracy of implant definitive casts. *Dental Research Journal*, 12(2), 136–143, 2015.
14. **Ender, A., & Mehl, A.** In-vitro evaluation of the accuracy of conventional and digital methods of obtaining full-arch dental impressions. *Quintessence International (Berlin, Germany: 1985)*, 46(1), 9–17, 2015.
15. **Fuster-Torres, M. A., Albalat-Estela, S., Alcañiz-Raya, M., & Peñarrocha-Diago, M.** CAD / CAM dental systems in implant dentistry: update. *Medicina Oral, Patología Oral Y Cirugía Bucal*, 14(3), E141- 145, 2009.

16. **Giordano, R.** Materials for chairside CAD/CAM-produced restorations. *Journal of the American Dental Association* (1939), 137 Suppl, 14S–21S, 2006
17. **Gouët, E., Azria, D., Amzalag, J., & Amzalag, A.** *Codes de la réussite en implantologie orale*. Paris, France: Éd. Med'com, 2012.
18. **Gougaloff, R., & Stalley, F. C.** Immediate placement and provisionalization of a dental implant utilizing the CEREC 3 CAD/CAM Protocol: a clinical case report. *Journal of the California Dental Association*, 38(3), 170- 173, 176- 177, 2010.
19. **Gupta, J., & Ali, S. P.** Cone beam computed tomography in oral implants. *National Journal of Maxillofacial Surgery*, 4(1), 2- 6, 2013.
20. **Ivoclar Vivadent. (s.d.)**. Brochure IPS e.max CAD. Consulté à l'adresse <http://www.ivoclarvivadent.fr/fr/tout-ceramique/systeme-ips-emax-prothesistes-dentaires/ips-emax-cad/>
21. **Khoury, F., & Tarnow, D. P.** *Greffe osseuse en implantologie*. (P. Keller, Trad.). Paris, France, 2010.
22. **Kim, J. H., Lee, S.-J., Park, J. S., & Ryu, J. J.** Fracture load of monolithic CAD/CAM lithium disilicate ceramic crowns and veneered zirconia crowns as a posterior implant restoration. *Implant Dentistry*, 22(1), 66- 70, 2013.
23. **Laborde, G. Iacris Ph, Margosian P, Laurent M.** *Les systèmes céramo-céramique. Réalités cliniques*, 15(1), 89–104, 2004.
24. **Lanis, A., & Álvarez, D. C. O.** The Combination of Digital Surface Scanners and Cone Beam Computed Tomography Technology for Guided Implant Surgery Using 3Shape Implant Studio Software: A Case History Report. *The International journal of prosthodontics*, 28(2), 169–178, 2014.
25. **Mahl, D., Glenz, F., & Marinello, C. P.** Prise d'empreinte numérique d'implants. *swiss dental journal* vol 124, 2014.
26. **Missika, P., Benhamou-Lavner, A., Kleinfinger-Goutmann, I., & Bert, M.** *Accéder à l'implantologie*. Rueil-Malmaison, France: Éd. CdP, 2003.
27. **Moussally Christian.** Apport de la CFAO directe dans la mise en esthétique immédiate en implantologie : un nouveau concept numérique. 26(4), 313–321, 2015.
28. **Nejatidanesh, F., Shakibamehr, A. H., & Savabi, O.** Comparison of Marginal and Internal Adaptation of CAD/CAM and Conventional Cement Retained Implant-Supported Single Crowns. *Implant Dentistry*, 25(1), 103- 108, 2016.
29. **Nguyen, J.-F., Migonney, V., Ruse, N. D., & Sadoun, M.** Properties of experimental urethane dimethacrylate-based dental resin composite blocks obtained via thermo-polymerization under high pressure. *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials*, 29(5), 535–541, 2013
30. **Nikzad, S., Azari, A., & Ghassemzadeh, A.** Modified Flapless Dental Implant Surgery for Planning Treatment in a Maxilla Including Sinus Lift Augmentation Through Use of Virtual Surgical Planning and a 3-Dimensional Model. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 68(9), 2291- 2298, 2010.
31. **Papaspyridakos, P., Gallucci, G. O., Chen, C.-J., Hanssen, S., Naert, I., & Vandenberghe, B.** Digital versus conventional implant impressions for edentulous patients: accuracy outcomes. *Clinical Oral Implants Research*, 27(4), 465–472, 2016.

32. **Patzelt, S. B. M., Lamprinos, C., Stampf, S., & Att, W.** The time efficiency of intraoral scanners: an in vitro comparative study. *Journal of the American Dental Association (1939)*, 145(6), 542–551, 2014.
33. **Reiz, S. D., Neugebauer, J., Karapetian, V.-E., & Ritter, L.** Cerec meets Galileos--integrated implantology for completely virtual implant planning. *International Journal of Computerized Dentistry*, 17(2), 145- 157, 2014.
34. **Rugani, P., Kirnbauer, B., Arnetzl, G. V., & Jakse, N.** Cone beam computerized tomography: basics for digital planning in oral surgery and implantology. *International Journal of Computerized Dentistry*, 12(2), 131- 145, 2009.
35. **Seelbach, P., Brueckel, C., & Wöstmann, B.** Accuracy of digital and conventional impression techniques and workflow. *Clinical Oral Investigations*, 17(7), 1759- 1764, 2012.
36. **Spinelli D, DE Vico G, Schiavetti R, Bonino M, Pozzi A, Bollero P, Barlattani A.** Immediate loading of four implants (BTLock(®)) in the maxilla and provisional restoration with guide-surgery (SimPlant, Materialise(®)): case report. *ORAL Implantol* 3: 10–19, 2010.
37. **Spinelli, D., Ottria, L., DE Vico, G., Bollero, R., Barlattani, A., & Bollero, P.** Full rehabilitation with nobel clinician(®) and procera implant bridge(®): case report. *ORAL & Implantology*, 6(2), 25- 36, 2013.
38. **Stas, Y.** Cantilevered restorations using CAD/CAM Cerec chairside technology: a case report. *International Journal of Computerized Dentistry*, 11(2), 131- 138, 2008.
39. **Turbush, S. K., & Turkyilmaz, I.** Accuracy of three different types of stereolithographic surgical guide in implant placement: an in vitro study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 108(3), 181- 188, 2012.
40. **Van Assche, N., Van Steenberghe, D., Guerrero, M. E., Hirsch, E., Schutyser, F., Quirynen, M., & Jacobs, R.** Accuracy of implant placement based on pre-surgical planning of three-dimensional cone-beam images: a pilot study. *Journal of Clinical Periodontology*, 34(9), 816- 821, 2007.

Table des figures :

Figure 1 : De gauche à droite : greffe osseuse autogène, pose de l'implant sur le site greffé après cicatrisation. (Dr Russe Phillipe).....	7
Figure 2 : De gauche à droite : photo de l'analyse de la hauteur prothétique utilisable sur articulateur, photo du montage directeur, photo de la prothèse provisoire transvissé sur implant issu du projet prothétique. (Collection personnelle).....	7
Figure 3 : Modélisation 3D d' un projet prothétique avec le système CEREC® .(de Calmès, 2011)	8
Figure 4 : De gauche à droite : coupe coronale d'un sinus présentant une inflammation chronique de sa muqueuse, coupe coronale d'un sinus sain. (Collection personnelle)	10
Figure 5 : Coupe panoramique montrant le trajet du nerf alvéolaire inférieur en violet en fonction de la position des implants. (Collection personnelle)	10
Figure 6 : De gauche à droite : coupe 3D montrant le foramen mentonnier, coupe coronale montrant l'émergence du nerf mentonnier. (Collection personnelle)	11
Figure 7 : Représentation schématique de l'anatomie vasculaire du plancher buccal. (Gabriele Rosano et al, 2008)	11
Figure 8 : Classification de la densité osseuse décrite par Lekholm et Zarb en 1985. (Lekholm et Zarb, 1985)	12
Figure 9 : Guide radiologique avec repères radio opaques (Spinelli et al., 2013).....	17
Figure 10 : Modélisation 3D du couplage du scanner et du projet prothétique (Spinelli et al., 2013)	17
Figure 11 : Coupe panoramique de la planification implantaire (Spinelli et al., 2013)..	17
Figure 12 : a) modélisation 3D du projet prothétique de la 35 vu vestibulaire ; b) modélisation 3D du projet prothétique de la 35 en occlusion ; c) modélisation 3D du projet prothétique de la 35 vu occlusale ; d) modélisation 3D du projet prothétique de la 35 vu vestibulaire (Lanis & Álvarez, 2014)	19
Figure 13 : De haut en bas et de gauche à droite : coupe coronale du scanner, vue 3D du scanner avec un marquage en jaune du trajet du nerf alvéolaire, coupe panoramique du scanner avec un marquage en jaune du trajet du nerf alvéolaire (Lanis & Álvarez, 2014).....	20
Figure 14 : De gauche à droite : coupe panoramique avec la simulation du projet prothétique et la position de l'implant, coupe coronal avec la simulation du projet prothétique et la position de l'implant, coupe panoramique avec la simulation du projet prothétique et la position de l'implant (Lanis & Álvarez, 2014)	20
Figure 15 : a) programmation de la position du canon forage; b) programmation du diamètre du canon de forage ; c) modélisation du guide chirurgicale vue vestibulaire ; d) modélisation du guide chirurgicale vue occlusale (Lanis & Álvarez, 2014)	21
Figure 16 : Programmation de la position et de la taille du canon de guidage (Bindl, 2015)	25
Figure 17 : De gauche à droite : modèle numérique CEREC®, modèle virtuel du guide chirurgical (Bindl, 2015)	25
Figure 18 : Modèle virtuel du guide chirurgical avec ouverture latérale vue occlusale (Bindl, 2015).....	26

Figure 19 : De gauche à droite : modèle virtuel du guide chirurgical, programmation du guide chirurgical dans son bloc à usiner (Bindl, 2015).....	26
Figure 20 : Guide chirurgical usiné dans son bloc vue occlusale (Bindl, 2015).....	26
Figure 21 : Guide chirurgical en bouche avec sa clé de forage (Bindl, 2015)	26
Figure 22 : Pilier de cicatrisation BellaTek® Encode® (Mahl, Glenz, & Marinello, 2014)	28
Figure 23 : De gauche à droite : pilier de cicatrisation BellaTek® Encode®, pilier de cicatrisation BellaTek® Encode® avec poudrage, radiographie rétro alvéolaire de l'implant et de son pilier de cicatrisation (Bindl, 2015)	28
Figure 24 : Modèle virtuel obtenu à partir d'une empreinte optique sur un pilier de cicatrisation BellaTek® Encode® (Bindl, 2015)	29
Figure 25 : De gauche à droite : scan body , Ti base , vis de Ti bases de chez Sirona® (Bindl, 2015).....	29
Figure 26 : De gauche à droite : Ti base vissé sur l'implant en vue occlusale, Ti base vissé sur l'implant en vue occlusale, Scan body fixé sur le Ti base(Bindl, 2015)	30
Figure 27 : De gauche à droite : Poudrage des surfaces à enregistrer avant l'empreinte, modèle numérique issu de l'impression optique (Bindl, 2015)	30
Figure 28 : De gauche à droite : Bloc Ivoclar Vivadent® IPS e.max ZirCAD , bloc Sirona® : Incoris TZI (http://www.sirona.com/en/products/digital-dentistry/cad-cam-materials/?tab=255)	32
Figure 29 : Bloc Ivoclar Vivadent IPS E.max CAD® (http://www.ivoclarvivadent.fr/fr/systeme-ips-emax-cabinet-dentaire/ips-emax-cad/ips-emax-cad-abutment-solutions).....	34
Figure 30 : Bloc Vita SUPRINITY IS® (VITA, 2013).....	34
Figure 31 : Bloc Vita Enamic (https://www.vita-zahnfabrik.com/fr/VITA-ENAMIC-IS-37411,27568.html)	36
Figure 32 : Bloc Vita® CAD Temp : Acrylate de polymère réticulé et micro chargé sans métacrylate de méthyle (https://www.dentalcadcam.de/en/blocks-for-cerec-inlab/vita-zahnfabrik/vita-cad-temp-is.html).....	37
Figure 33 : Bloc Telio® CAD d'Ivoclar Vivadent® : Polymère réticulé PMMA (http://www.ivoclarvivadent.fr/fr/telio-cad-abutment-solutions).....	37
Figure 34 : De gauche à droite : caméra Bluecam® camera Omnicam® (http://www.sirona.fr/fr/produits/dentisterie-numerique/restaurations-avec-cerec/?tab=3995)	38
Figure 35 : Tableau comparatif des cameras Omnicam® et Bluecam® (http://www.sirona.fr/fr/produits/dentisterie-numerique/restaurations-avec-cerec/?tab=3995)	40
Figure 36 : De gauche à droite : CEREC MC®, CEREC MC XL pack Premium® et CEREC MC X® (http://www.sirona.fr/fr/produits/dentisterie-numerique/restaurations-avec-cerec/?tab=3997)	41
Figure 37 : Photo initiale du cas montrant l'absence de la 36 (Dr Miller Rick)	42
Figure 38 : Sélection de la zone d'intérêt de la future prothèse (Dr Miller Rick).....	43
Figure 39 : De gauche à droite : wax up numérique de la 36 vue occlusale, wax up numérique vue linguale (Dr Miller Rick).....	43
Figure 40 : Capture d'écran des différentes coupes radiographiques issues du cône beam dans le logiciel Galileos® (Dr Miller Rick).....	44
Figure 41 : Capture d'écran de l'étape d'importation des données prothétiques vers le cone beam (Dr Miller Rick).....	44

Figure 42 : Capture d'écran de l'étape d'importation des données prothétiques vers le cone beam (Dr Miller Rick).....	45
Figure 43 : Positionnement de l'implant selon les données prothétiques et le volume osseux du patient (Dr Miller Rick)	45
Figure 44 : Calibration de la position et la largeur du canon de forage (Dr Miller Rick)	46
Figure 45 : Transfert des données implantaire sur le logiciel CEREC® (Dr Miller Rick)	47
Figure 46 : Choix de l'épaisseur de résines nécessaires et la distance d'espacement entre la résine et la gencive. (Dr Miller Rick)	47
Figure 48 : Sélection de la largeur et de l'épaisseur de résine de l'orifice du canon de forage. (Dr Miller Rick).....	48
Figure 49 : Modélisation du guide chirurgicale (Dr Miller Rick).....	48
Figure 50 : Programmation du guide dans le bloc à usiner (Dr Miller Rick).....	49
Figure 51 : Mise en bouche du guide chirurgical (Dr Miller Rick)	49
Figure 52 : Forage implantaire au travers du guide chirurgical (Dr Miller Rick)	49
Figure 53 : Implant en place avec son porte implant (Dr Miller Rick).....	50
Figure 54 : Mise en place du Ti base et du scan body (Dr Rick Miller)	50
Figure 55 : Modèle prothétique numérique (Dr Rick Miller).....	51
Figure 56 : Modélisation de la couronne implantaire (Dr Rick Miller).....	51
Figure 57 : Programmation de la couronne dans son bloc (Dr Rick Miller)	52
Figure 58 : Usinage de la couronne (Dr Rick Miller).....	52
Figure 59 : Maquillage de la couronne (Dr Rick Miller)	52
Figure 60 : Assemblage de la coiffe et du Ti Base (Dr Rick Miller).....	53
Figure 61 : De gauche à droite : Couronne implantaire vissée en bouche, radio rétro alvéolaire de la couronne et de son implant (Dr Rick Miller).....	53
Figure 62 : De gauche à droite : Photo occlusale du maxillaire en situation initiale, modèle numérique du maxillaire vue occlusale (Dr Dinahet Bertrand).....	54
Figure 63 : De gauche à droite : sélection des dents à modéliser, wax up numérique (Dr Dinahet Bertrand)	54
Figure 64 : De gauche à droite : positionnement de l'implant 11 et 12 sur une coupe panoramique du cone beam, position de l'implant 11 sur une coupe coronale du cone beam, position de l'implant 12 sur une coupe coronale du cone beam (Dr Dinahet Bertrand)	55
Figure 65 : De gauche à droite : positionnement de l'implant 14 et 16 sur une coupe panoramique du cone beam, position de l'implant 14 sur une coupe coronale du cone beam, position de l'implant 16 sur une coupe coronale du cone beam (Dr Dinahet Bertrand)	55
Figure 66 : De gauche à droite : positionnement de l'implant 26 sur une coupe panoramique du cone beam, position de l'implant 26 sur une coupe coronale du cone beam. (Dr Dinahet Bertrand).....	55
Figure 67 : Coupe panoramique montrant la position des différents implants (Dr Dinahet Bertrand)	56
Figure 68 : De gauche à droite : Sélection de la zone d'intérêts du guide vue de dessous, sélection de la zone d'intérêts du guide vue occlusale. (Dr Dinahet Bertrand).....	56
Figure 69 : De gauche à droite : Sélection de la largeur et épaisseur des orifices des canons de forages, modélisation du guide chirurgical. (Dr Dinahet Bertrand)	56
Figure 70 : Guide chirurgical stéréolithographié avec sa clé de forage. (Dr Dinahet Bertrand).....	57

Figure 71 : De gauche à droite : photo du guide chirurgical en bouche, photo de la fin de la chirurgie. (Dr Dinahet Bertrand)	57
Figure 72 : Radiographie panoramique après la chirurgie implantaire (Dr Dinahet Bertrand).....	57
Figure 73 : De gauche à droite : étape d'impression optique avec la camera Omnicam®, modèle numérique issu de l'impression optique (Sirona®) http://www.sirona.com/en/products/digital-dentistry/implantology-with-cerec/	58
Figure 74 : De gauche à droite : modélisation de la couronne vue occlusale, modélisation du pilier implantaire homothétique à la couronne (Sirona®)	58
Figure 75 : De gauche à droite : collage du Ti base et du faux moignon implantaire, pose du faux moignon implantaire en bouche, rétro alvéolaire de l'implant et de son pilier implantaire (Sirona®)	59
Figure 76 : De gauche à droite : pose de la couronne provisoire en vue vestibulaire, vérification des points de contacts sur le provisoire. (Sirona®)	59
Figure 77 : De gauche à droite : collage de la couronne sur son pilier implantaire, couronne collée en vue occlusale. (Sirona®).....	60
Figure 78 : Modèle numérique issu de l'impression optique avec la camera Bluecam®. (Dr Le Corre Yann)	61
Figure 79 : Modélisation des couronnes et des piliers implantaires (Dr Le Corre Yann)	61
Figure 80 : Programmation du pilier implantaire dans son bloc (Dr Le Corre Yann).....	61
Figure 81 : Pose des piliers implantaires en bouche (Dr Le Corre Yann).....	62
Figure 82 : Modèle numérique des piliers implantaires issu de l'impression optique avec la camera Bluecam® (Dr Le Corre Yann)	62
Figure 83 : De gauche à droite : définition des limites des piliers implantaires, modélisation des couronnes 36 et 37. (Dr Le Corre Yann).....	63
Figure 84 : programmation des couronnes dans le bloc (Dr Le Corre Yann)	63
Figure 85 : De gauche à droite : pose des couronnes en vue vestibulaire, pose des couronnes en vue linguale. (Dr Le Corre Yann).....	63
Figure 86 : Photo des implants après dépose des piliers de cicatrisations (Dr Le Corre Yann)	64
Figure 87 : Photo des piliers implantaires (Dr Le Corre Yann).....	64
Figure 88 : Photo des couronnes collées sur leurs piliers implantaires (Dr Le Corre Yann)	64
Figure 89 : Programmation du bridge collé dans son bloc (Stas, 2008)	65
Figure 90 : De gauche à droite : gestion des points d'occlusion, gestion des points de contact (collection personnelle).....	66
Figure 91 : Tableau comparatif de la précision des empreintes conventionnelles et optiques (µm) (Ender et al., s. d.).....	69

SERMENT MEDICAL

En présence des Maîtres de cette Faculté, de mes chers condisciples, devant l'effigie d'HIPPOCRATE.

Je promets et je jure, d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine Dentaire.

Je donnerai mes soins à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail, je ne participerai à aucun partage clandestin d'honoraires.

Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

Je ne permettrai pas que des considérations de religion, de nation, de race, de parti ou de classe sociale viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.

Même sous la menace, je n'admettrai pas de faire usage de mes connaissances médicales contre les lois de l'humanité.

J'informerai mes patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des connaissances pour forcer les consciences.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leur père.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois déshonoré et méprisé de mes confrères si j'y manque.