

Intérêts de la CFAO : de la planification à la réalisation d'une restauration prothétique implanto-portée unitaire

Elif Tasci

▶ **To cite this version:**

Elif Tasci. Intérêts de la CFAO : de la planification à la réalisation d'une restauration prothétique implanto-portée unitaire. Sciences du Vivant [q-bio]. 2018. hal-01932113

HAL Id: hal-01932113
https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01932113

Submitted on 23 Nov 2018

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.

AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-thesesexercice-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4
Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10
http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php
http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm

ACADÉMIE DE NANCY-METZ

UNIVERSITÉ DE LORRAINE

FACULTÉ D'ODONTOLOGIE

ANNÉE 2018 N° 10137

THÈSE

Pour le

DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Par

Elif TASCI

Née le 17/02/1992 à LURE (Haute-Saône)

Intérêts de la CFAO : de la planification à la réalisation d'une restauration prothétique implanto-portée unitaire

Présentée et soutenue publiquement le 12 janvier 2018

Examinateurs de la thèse :

Pr. P. AMBROSINI	Professeur des Universités	Président
Dr. J. SCHOUVER	Maître de Conférences	Directeur de thèse
Dr. F. KANNENGIESSER	Assistant Hospitalo-Universitaire	Co-directeur
Dr. P. CORNE	Maître de Conférences Associée	Juge

Par délibération en date du 11 décembre 1972,
la Faculté de Chirurgie Dentaire a arrêté que
les opinions émises dans les dissertations
qui lui seront présentées
doivent être considérées comme propres à
leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner
aucune approbation ni improbation.

UNIVERSITÉ DE LORRAINE | FACULTÉ D'ODONTOLOGIE DE LORRAINE

Président : Professeur Pierre MUTZENHARDT ***Doyen : Professeur Jean-Marc MARTRETTE***

Vice-Doyens : Dr Céline CLEMENT – Dr Rémy BALTHAZARD – Dr Anne-Sophie VAILLANT

Membres Honoraires : Dr L. BABEL – Pr. S. DURIVAUX – Pr A. FONTAINE – Pr G. JACQUART – Pr D. ROZENCWEIG - Pr ARTIS - Pr M. VIVIER

Doyens Honoraires : Pr J. VADOT, Pr J.P. LOUIS

Professeur émérite : Pr M-P FILLEUL

Département Odontologie pédiatrique **Sous-section 56-01**	Mme	**DROZ Dominique**	Maître de Conférences *
	Mme	JAGER Stéphanie	Maître de Conférences *
	M.	PREVOST Jacques	Maître de Conférences
	Mme	HERNANDEZ Magali	Maître de Conférences Associée *
	M.	LEFAURE Quentin	Assistant
	M.	MERCIER Thomas	Assistant *
	Mme	DARSAT Claire	Assistante*
Département Orthopédie dento-faciale **Sous-section 56-01**	M.	**EGLOFF Benoît**	Maître de Conférences *
	Mme	GREGOIRE Johanne	Assistante
	Mme	LAWTON Mathilde	Assistante
Département Prévention, épidémiologie, économie de la santé, odontologie légale **Sous-section 56-02**	Mme	**CLÉMENT Céline**	Maître de Conférences *
	M.	BAUDET Alexandre	Assistant *
	Mme	NASREDDINE Greyce	Assistante
Département Parodontologie **Sous-section 57-01**	M.	**AMBROSINI Pascal**	Professeur des Universités *
	Mme	BISSON Catherine	Maître de Conférences *
	M.	JOSEPH David	Maître de Conférences *
	M.	PENAUD Jacques	Maître de Conférences
	M.	LACH Patrick	Assistant
	Mme	MAYER-COUPIN Florence	Assistante
	Mme	PAOLI Nathalie	Enseignante univ. – Praticien attachée*
Département Chirurgie orale **Sous-section 57-01**	Mme	**GUILLET-THIBAULT Julie**	Maître de Conférences *
	M.	BRAVETTI Pierre	Maître de Conférences
	Mme	PHULPIN Bérengère	Maître de Conférences *
	M.	CLERC Sébastien	Assistant*
	M.	HASNAOUI Nasr	Assistant
	Mme	KICHENBRAND Charlène	Assistante *
Département Biologie orale **Sous-section 57-01**	M.	**YASUKAWA Kazutoyo**	Maître de Conférences *
	M.	MARTRETTE Jean-Marc	Professeur des Universités *
	Mme	EGLOFF-JURAS Claire	Assistante*
Département Dentisterie restauratrice, endodontie **Sous-section 58-01**	M.	**MORTIER Éric**	Maître de Conférences *
	M.	AMORY Christophe	Maître de Conférences
	M.	BALTHAZARD Rémy	Maître de Conférences *
	M.	ENGELS-DEUTSCH Marc	Maître de Conférences
	M.	VINCENT Marin	Maître de Conférences*
	Mme	GEBHARD Cécile	Assistante
	M.	GEVREY Alexis	Assistant
	M.	GIESS Renaud	Assistant *
Département Prothèses **Sous-section 58-01**	M.	**DE MARCH Pascal**	Maître de Conférences
	M.	SCHOUVER Jacques	Maître de Conférences
	Mme	VAILLANT Anne-Sophie	Maître de Conférences *
	Mme	CORNE Pascale	Maître de Conférences Associée *
	M.	CIESLAK Steve	Assistant
	M.	GILLET Marc	Assistant
	M.	HIRTZ Pierre	Assistant *
	M.	KANNENGIESSER François	Assistant
	Mme	MOEHREL Bethsabée	Assistante*
	M.	VUILLAUME Florian	Assistant
Département Fonction-dysfonction, imagerie, biomatériaux **Sous-section 58-01**	Mme	**STRAZIELLE Catherine**	Professeur des Universités *
	Mme	MOBY (STUTZMANN) Vanessa	Maître de Conférences *
	M.	SALOMON Jean-Pierre	Maître de Conférences
	Mme	KARKABA Alaa	Assistante Associée

Souligné : ***responsable de département*** * temps plein

Mis à jour le 17/11/2017

À NOTRE PRESIDENT DE THÈSE

Monsieur le Professeur Pascal AMBROSINI

Docteur en Chirurgie Dentaire
Docteur de l'Université Henri Poincaré, Nancy-I
Vice doyen au budget et aux affaires hospitalières
Habilité à diriger les recherches
Professeur des Universités – Praticien Hospitalier
Responsable de la sous-section : Parodontologie

Nous vous remercions pour l'honneur que vous nous faites
de présider aujourd'hui notre jury de thèse.
Nous vous exprimons notre reconnaissance pour la qualité
de votre enseignement tout au long de nos années d'études.
Trouvez ici l'expression de notre sincère gratitude et de notre profond respect.



À NOTRE JUGE ET DIRECTEUR DE THÈSE

Monsieur le Docteur Jacques SCHOUVER

Docteur en chirurgie dentaire
Docteur en Sciences Odontologiques
Maître de Conférences des Universités
Responsable de la sous-section : Prothèse

Vous nous avez honorez en acceptant de diriger cette thèse,
nous vous en remercions.
Nous avons toujours pu compter sur
votre disponibilité et vos précieux conseils.
Nous vous remercions également pour la qualité
de votre enseignement au cours de nos études.
Veuillez trouver ici le témoignage de notre profond respect.

À NOTRE JUGE ET CO-DIRECTEUR DE THÈSE

Monsieur le Docteur François KANNENGIESSER

Docteur en chirurgie dentaire
Docteur de l'Université Henri Poincaré, Nancy-I
Assistant Hospitalo-Universitaire
Sous-section : Prothèse

Nous vous remercions de l'honneur que vous nous avez fait
en acceptant de diriger ce travail.
Nous vous sommes infiniment reconnaissant pour votre écoute,
votre disponibilité, vos encouragements et vos précieux conseils pendant la direction
de ce travail, mais également au cours de nos années d'étude.
Soyez assuré de notre respectueuse gratitude.

À NOTRE JUGE,

Madame le Docteur Pascale CORNE

Docteur en chirurgie dentaire
Docteur de l'Université Henri Poincaré, Nancy-I
Maître de Conférences Associé des Universités, Praticien Hospitalier
Sous-section : Prothèse

Vous nous faites l'honneur de juger cette thèse et nous vous remercions de l'attention que vous avez porté à notre travail.
Nous avons eu la chance de bénéficier de la qualité et la richesse de vos enseignements tout au long de nos études.
Veuillez trouver ici l'expression de notre sincère reconnaissance et gratitude.

À mes parents, qui nous apportent leur soutien sans faille à chaque instant. Merci pour tout l'amour que vous nous portez. Je vous aime.

À mon frère Yakub, le véritable pilier de ma vie. Grâce à toi, j'ai vite compris l'importance des études. J'ai beaucoup de chance d'avoir un frère comme toi même si je ne le dis pas assez. Merci pour tout.

À ma sœur Özlem, ma sœur de cœur, ma jumelle. Nous voilà Docteur, le temps passe tellement vite. Merci pour ton soutien et ta présence permanente.
Très grosse pensée à la petite princesse de la famille, Ela.

À ma sœur Songül, la petite dernière de la famille et futur docteur.

À ma belle-sœur Mehtap, une vraie grande sœur. Et mes trois princesses Esra, Deniz, Ceylin, vous êtes mes rayons de soleil.

À Rachid, mon essentiel. Merci pour ton amour, ta présence et ton soutien permanent. Tu sais tout.

À MPL, sans qui ces années d'étude n'auraient pas été les mêmes. Nous avons passé ensemble de superbes années. J'en garderai des souvenirs magnifiques. J'espère qu'on se retrouvera un nouveau Ken's sur Besançon et reprendre nos « vieilles bonnes habitudes » autour d'un café.

À Mélanie, même si la distance est présente, tu resteras toujours dans mon cœur avec tous les superbes souvenirs de nos années d'études.

À Hatice, Hasibe, Halime, Nergis, Fiona. Vous êtes des personnes en or. À bientôt pour de nouvelles aventures qui je l'espère seront encore meilleures que les précédentes.

À Mumu, ma cousine chérie. Et à nos trajets Lure-Nancy mouvementés.

À Bastien, Paul, Raphaël, Johan. Nous avons partagés de bons moments pendant nos études. Je vous dis à bientôt pour de nouvelles soirées.

À Yahya, Amel, Lina, Yala. Merci pour votre bonne humeur et votre présence. Je vous souhaite le meilleur.

À Maud et Guillaume, pour votre gentillesse et bonne humeur.

À toutes ces personnes qui contribuent de près ou de loin à mon bonheur.
Merci.

Sommaire

Liste des figures
Liste des tableaux
Liste des abréviations

1. Introduction

2. Planification prothétique et implantaire

    2.1. Planification prothétique
    2.2. Planification implantaire
    2.3. Le guide chirurgical
    2.4. Chirurgie : pose de l'implant à l'aide du guide chirurgical à appui dentaire

3. Réalisation prothétique fixée implanto-portée

    3.1. Empreinte optique de la position implantaire
    3.2. La phase de temporisation
    3.3. La prothèse d'usage supra-implantaire

4. Conclusion

Références bibliographiques

Tables des matières

Liste des figures

Figures 1 : projet prothétique numérique : 1a : modèle virtuel de travail ; 1b : mise en occlusion des arcades ; 1c : conception de la céroplastie diagnostique virtuelle (source : Alejandro et coll., 2015) 20
Figures 2 : prise en main de la caméra : 2a : Cerec® Omnicam se tient comme un stylo ; 2b : la caméra LAVA C.O.S se tient comme une queue de billard (source : Cazier et Moussaly, 2013) 24
Figures 3: conception du projet prothétique numérique : 3a : mise en occlusion des modèles virtuels ; 3b : conception du *wax-up*, vue vestibulaire ; 3c : *wax-up* virtuel, vue occlusale (source : Patel et Caponigro, 2016) 26
Figures 4 : validation numérique du projet prothétique virtuel : 4a : photographies de la patiente de face et à 45° à droite et à gauche ; 4b : superposition du projet prothétique à la photographie de face (2D) ; 4c : visualisation du *wax-up* numérique sur le patient virtuel en 3D (source : Lin et coll., 2017) 27
Figure 5 : Scanner de laboratoire inEosX5 de Sirona (source : Sirona Dental, 2017) 29
Figure 6 : numérisation d'une empreinte à l'aide d'un scanner optique (source : CNIFPD et UNPPD, 2009) 30
Figure 7 : comparaison de la planification prothétique conventionnelle et numérique 31
Figure 8 : logiciel Galileos Implant® : différentes coupes issues des données d'imagerie (source : Patel et Caponigro, 2016) 33
Figure 9 : logiciel Galileos Implant® : sélection des points de correspondance. Les points de référence sur la même dent s'affichent avec la même couleur sur les deux fenêtres (source : Patel et Caponigro, 2016) 34
Figures 10 : logiciel Galileos Implant® : vérification de la superposition du projet prothétique (en orange) sur les bases osseuses (en jaune) (source : Patel et Caponigro, 2016) 35
Figure 11 : marquage du nerf alvéolaire inférieur point par point sur le logiciel de planification implantaire (source : Sirona, 2015) 37
Figures 12 : logiciel Galileos Implant : contrôle de la position de l'implant sur les différentes coupes d'imagerie (source : Patel et Caponigro, 2016) 38
Figure 13 : guide à appui osseux (source : Goutman, 2013) 39
Figure 14 : guide à appui muqueux (source : Goutman, 2013) 40
Figure 15 : guide à appui dentaire (source : Brothier et coll., 2017) 40
Figure 16 : vue occlusale du guide avec fenêtres d'inspection latérale (source : Bindl, 2015) 41
Figure 17 : logiciel Galileos Implant : sélection et programmation des douilles (source : Patel et Caponigro, 2016) 41
Figure 18 : visualisation de la douille sur le modèle virtuel (source : Patel et Caponigro, 2016) 41
Figures 19 : 19a : positionnement d'une douille de 5 mm ; 19b : positionnement d'une douille de 2,8 mm de diamètre (source : Pascual et Vaysse, 2015) 42
Figure 20 : positionnement de la douille en hauteur (source : Pascual et Vaysse, 2015) 42
Figures 21 : les différents types de guide en fonction de la chirurgie : 21a : guide à manchon pilote ; 21b : guide manchon dans manchon ; 21c : guide à trousse spécifique (source : Manhès et Fougerais, 2015) 44

Figure 22 : photopolymérisation d'une sphère par stéréolithographie (source : Dupagne, 2017) 45
Figure 23 : principe du procédé SLS (source : Goutman, 2013) 46
Figures 24 : 24a : imprimante 3D FormOne+ de Formlabs ; 24b : guide chirurgical en fin d'impression ; 24c : retrait des tiges de support après l'impression ; 24d : guide chirurgical terminé avec douille en place (source : Brothier, 2017) 47
Figure 25 : modèle virtuel (à gauche) et conception 3D du guide chirurgical (à droite) (source : Bindl, 2015) 48
Figure 26 : vue linguale du guide chirurgical (source : Bindl, 2015) 48
Figure 27 : unité d'usinage MC XL® (source : Sirona, 2017) 49
Figure 28 : programmation du guide chirurgical dans son bloc à usiner (source : Bindl, 2015) 49
Figure 29 : sortie d'usinage du guide chirurgical dans son bloc de résine (source : Bindl, 2015) 49
Figure 30 : guide chirurgical « SMOP » (source : Kurt, 2014) 51
Figures 31 : pose implantaire à l'aide du guide chirurgical à appui dentaire : 31a : positionnement du guide chirurgical en bouche ; 31b : forage à travers le guide ; 31c : mise en place de l'implant à travers le guide (source : Sers, 2009) 52
Figure 32 : pilier de scannage, vis de fixation, corps de référence : système complet de transfert numérique (source : Goyet et coll., 2015) 55
Figures 33 : mise en place du pilier de scannage et du corps de référence en bouche : 33a : vue occlusale du transfert d'empreinte numérique ; 33b : vue vestibulaire du transfert d'empreinte numérique (source : Goyet et coll., 2015) 56
Figures 34 : vue occlusale (a) et vue vestibulaire (b) du transfert d'empreinte sur le modèle virtuel (source : Tran et coll., 2015) 56
Figures 35 : empreinte avec un système de transfert numérique personnalisé (transfert d'empreinte différent de celui décrit précedemment) : 35a : situation initiale des tissus mous ; 35b : transfert personnalisé à la résine acrylique ; 35c : transfert personnalisé en bouche prêt à être numérisé (source : Joda et coll., 2014) 57
Figure 36 : pilier de cicatrisation Encode® en deux parties : pilier et vis de fixation (source : Goyet et coll., 2015) 58
Figures 37 : pilier Encode® : 37a : en bouche ; 37b : empreinte optique du pilier Encode® (source : Goyet et coll., 2015) 58
Figures 38 : 38a : implant + interface Esthetibase + profil designer *iPhysio*® ; 38b : différentes formes et hauteurs du Profile Designer *iPhysio*® (source : Morello, 2016) 59
Figures 39 : 39a : empreinte optique du pilier iphysio ; 39b : radiographie du pilier iphysio sur l'implant (source : Morello, 2016) 60
Figure 40 : prothèse transitoire transvissée (couronne usinée collée sur une embase en titane) (source : Ivoclar Vivadent Telio® CAD A16, 2017) 64
Figure 41 : embase en titane et sa vis (source : Mahl et coll., 2014) 65
Figure 42 : système TiBase® de Sirona avec de gauche à droite : le capuchon de scannage, le pilier TiBase® et la vis (source : Mahl et coll., 2014) 65
Figure 43 : TiBase® en bouche avec son capuchon de scannage (source : Mahl et coll., 2014) 66
Figure 44 : blocs de PMMA pré-percés Telio® CAD (source : Tran et coll., 2015) ... 67
Figures 45 : conception de la couronne transitoire : 45a : maître modèle virtuel, vue vestibulaire ; 45b : ajustage de la couronne transitoire ; 45c : suppression de tout contact occlusal (source : Tran et coll., 2015) 67

Figures 46 : couronne transitoire dans son bloc d'usinage : 46a : vue vestibulaire ; 46b : vue palatine (source : Tran et coll., 2015) 68
Figures 47 : fin de l'usinage de la prothèse transitoire en PMMA : 47a : aspect de la couronne transitoire à la fin de l'usinage ; 47b : partie cervicale de la couronne transitoire (source : Tran et coll., 2015) 68
Figures 48 : préparation pour collage sur embase en titane : 48a : protection du puits de vis et du profil d'émergence, 48b : sablage à l'oxyde d'aluminium, 48c : application du primer (source : Ivoclar Vivadent Telio® CAD A16., 2017). 69
Figures 49 : préparation de la couronne transitoire : 49a : marquage de la couronne transitoire au feutre ; 49b : application d'un agent de couplage (SR connect - Ivoclar Vivadent) dans l'intrados de la couronne (source : Tran et coll., 2015) .. 70
Figures 50 : collage de l'embase et de la couronne transitoire : 50a : élimination des excès de colle à l'aide d'une microbrosse ; 50b : maintien de l'ensemble avec une pince à ressort (source : Tran et coll., 2015) 70
Figure 51 : polissage du joint de collage (source : Tran et coll., 2015)..... 71
Figures 52 : prothèse transitoire en bouche : 52a : vue occlusale ; 52b : vue vestibulaire (source : Tran et coll., 2015)..... 71
Figure 53 : absence du point de contact mésial (source : Popelut et Finelle., 2017) 73
Figure 54 : mise en place de l'implant guidé suivant les repères du guide chirurgical (source : Popelut et Finelle, 2017)..... 73
Figure 55 : modélisation au laboratoire de la couronne transitoire (source : Cannas et coll., 2014) 74
Figure 56 : mise en évidence de la géométrie de l'anatomie dentaire au niveau gingival (source : Daas et coll., 2015)..... 75
Figure 57 : section d'une couronne sur un pilier anatomique : réduction homothétique de la restauration et soutien homogène des épaisseurs de matériau (source : Daas et coll., 2015)..... 76
Figure 58 : design du pilier anatomique (source : Daas et coll., 2015)..... 76
Figure 59 : zone rouge matérialisant les zones de compression de la muqueuse péri-implantaire (source : Daas et coll., 2015) 76
Figure 60 : conception de la couronne et du pilier implantaire (source : Mahl et coll., 2014)..... 81
Figure 61 : blocs de zircone pré percés (Sirona Dental Systems, 2016)..... 82
Figure 62 : usineuse MCXL ; usinage à sec de la zircone (source : Casas, 2017) ... 82
Figure 63 : four de sintérisation Dentsply Sirona SpeedFire (source : Casas, 2017) 83
Figures 64 : 64a : pilier individualisé et couronne transitoire usinée ; 64b : pilier en zircone vissé en bouche, les limites supra-gingivales en postérieur permettent de maitriser les excès de ciment ; 64c : résultat clinique final après scellement de la couronne transitoire (source : Mahl et coll., 2014)..... 84
Figure 65 : flux de production du pilier implantaire en zircone et de la couronne transitoire : empreinte optique, design de la couronne et du pilier, usinage, sintérisation de la zircone, pilier individualisé et couronne transitoire (source : Mahl et coll., 2014). 84
Figure 66 : les étapes de collage de l'embase en titane et de la mésostructure en e.max : 66a : mordançage à l'acide fluorhydrique de la mésostructure ; 66b : application d'un silane ; 66c : application du composite de collage sur l'embase en titane ; 66d: assemblage de l'embase et la mésostructure ; 66e : maintien pendant la durée de la polymérisation à l'aide d'une pince à ressort ; 66f : polissage minutieux du joint de collage (source : Ivoclar Vivadent, IPS e.max® CAD Abutment Solutions, 2013)..... 86

Figure 67 : conception du pilier par ATLANTIS (source : Rouach et Lamaison, 2014) 88
Figures 68 : 68a : pilier ATLANTIS™ en titane vissé définitivement en bouche ; 68b : mise en place de la couronne transitoire scellée provisoirement (source : Rouach et lamaison, 2014).....88
Figure 69 : le pilier SSA est composé : d'une embase en titane (Variobas, Straumann), d'une vis et de pièce usinée (source : Popelut et Finelle., 2017)...89
Figures 70 : 70a : pose de l'implant comme planifié, comblement osseux et mise en place d'un transfert d'empreinte boule ; 70b : empreinte numérique : reconnaissance du transfert boule par le logiciel de conception et conception du pilier SSA ; 70c : mise en bouche du pilier SSA et radiographie de contrôle (source : Popelut et Finelle., 2017).....90
Figures 71 : conception virtuelle du pilier SSA au laboratoire : 71a : tracé de la ligne cervicale ; 71b : vue occlusale du pilier ; 71c : travail du profil d'émergence (source : Popelut et Finelle., 2017).....91
Figure 72 : Schéma récapitulatif des différentes techniques de temporisation.....93
Figure 73 : profil d'émergence optimal après dépose de la prothèse transitoire transvissée (embase en titane et couronne monobloc en PMMA) (source : Tran et coll., 2015) 94
Figure 74 : dépose du pilier SSA à long terme avec modelage des tissus mous. Dans ce cas, une empreinte du masque gingival sera nécessaire (source : Popelut et Finelle., 2017) 94
Figure 75 : couronne e.max collée sur une embase en titane (source : Ivoclar Vivadent, IPS e.max® CAD Abutment Solutions, 2013).....99
Figure 76 : bloc de matériau IPS e.max® CAD A2 LT pré-percé (source : Mahl et coll., 2014) 100
Figure 77 : blocs S et L IPS e.max® CAD (source : Drogou, 2017) 100
Figure 78 : articulateur virtuel Cerec listant les différents déterminants de l'occlusion à renseigner (source : Sirona, logiciel Cerec 4.3., 2017).....101
Figure 79 : le système ModJaw (source : ModJaw, 2017).....101
Figure 80 : conception de la prothèse d'usage sur le logiciel de CAO (source : Drogou, 2017).....102
Figure 81 : l'embase en titane doit être essayé dans le bloc IPS e.max CAD choisi avant usinage (source : Drogou, 2017) 102
Figure 82 : E-max® usinée et embase en titane correspondante (source : Mahl et coll., 2014) 102
Figure 83 : maquillage de la céramique : 83a : application de la glasure à l'aide d'un pinceau (IPS e.max® CAD *Crystall./Glaze*) ; 83b : application de *shade* au niveau du collet ; 83c : application de *stain* blanc au niveau des cuspides (source : Ivoclar Vivadent. IPS e.max® CAD abutment solutions, 2013).....104
Figure 84 : aspect final de la couronne après maquillage et glaçage (source : Ivoclar Vivadent. IPS e.max® CAD abutment solutions, 2013).....104
Figure 85 : joint de collage polis afin d'obtenir un poli miroir (source : Drogou, 2017) 105
Figures 86 : coloration de la zircone : 86a : couronne avant coloration ; 86b : couronne après coloration ; 86c : couronne après maquillage et glaçage (source : Zirkonzahn World Wide. La zircone « Prettau ». Technique de mise en œuvre et de coloration de la zircone « Prettau », 2017).....106

Figures 87 : protocole *iPhysio*® : 87a : modélisation de la prothèse d'usage ; 87b : couronne collée sur pilier titane Esthibase ; 87c : vue occlusale finale (source : Morello, 2016) 107
Figures 88 : technique du *cut back* : 88a : couronne anatomique et couronne avec *cut back* ; 88b : restauration dans le four avant cristallisation ; 88c : restauration dans le four après cuisson ; 88d : nettoyage de la couronne sous un jet de vapeur ; 88e : application de la couche de connexion ; 88f : aspect de la couronne après cuisson de la couche de connexion ; 88g : réalisation de la stratification avec les masses Impulse ; 88h : réalisation de la stratification avec les masses Incisal ; 88i : aspect de la couronne après cuisson des masses de stratification ; 88j : aspect de la couronne après cuisson de glaçage (source : Ivoclar Vivadent, IPS e.max CAD laboratoire, 2009) 109
Figure 89 : réduction homothétique de la face occlusale de la couronne (source : Drogou, 2017) 110
Figure 90 : aspect de la face vestibulaire et palatine de la couronne e.max stratifiée collée sur l'embase (source : Drogou, 2017) 110
Figure 91 : mise en place de la restauration en bouche (source : Drogou, 2017) ... 110
Figures 92 : 92a : réduction homothétique de la face vestibulaire de la couronne sur le logiciel de conception ; 92b : couronne réduite après usinage ; 92c : collage de la couronne en zircone stratifiée sur l'embase en titane ; 92d : résultat final après pose en bouche (source : Josset, 2014) 111
Figure 93 : implant + pilier implantaire + couronne d'usage scellée (source : De March et coll., 2013) 111
Figure 94 : récapitulatif matériaux 115

Liste des tableaux

Tableau 1 : comparaison de quelques systèmes d'empreinte optique (d'après : Cazier et Moussaly, 2013) 25
Tableau 2 : les différents matériaux disponibles en CFAO pour les restaurations supra-implantaires (d'après : Nasr et coll., 2015) 98

Liste des abréviations

2D : Deux Dimensions
3D : Trois Dimensions
AWS : *Active Wavefront Sampling*
CAO : Conception Assistée par Ordinateur
CBCT : *Cone Beam Computed Tomography*
CFAO : Conception et Fabrication Assistée par Ordinateur
COS : *Chairside Oral Scanner*
DICOM : *Digital Imaging and Communications in Medicine*
DSD : *Digital Smile Design*
FAO : Fabrication Assistée par Ordinateur
FDM : *Fused Deposition Modeling*
HIP : *Hot Isostatic Pressing*
nm : nanomètre
OIM : Occlusion d'Intercuspidie Maximale
PICN : *Polymer Infiltrated Ceramic Network*
PMMA : Polyméthacrylate de Méthyle
SA : *Scan Abutments*
SLA : Stéréolithographie
SLS : *Selective Laser Sintering*
SMOP : *Swissmeda Operationsplannung*
SSA : *Socket Sealing Abutment*
STL : *Standard Triangulation Language*
TVFC : Tomographie Volumique à Faisceau Conique
VAD : *Virtual Abutment Design*
YTZP : *Yttrium Tetragonale Zircone Polycristalline*

I. INTRODUCTION

L'implantologie moderne a connu ses débuts dans les années 1980. Au fil du temps, cette discipline s'est imposée comme une solution thérapeutique de choix dans la réhabilitation de l'édentement unitaire. Parallèlement, le numérique en odontologie a permis une révolution qui ne cesse de se développer. C'est **François Duret**, qui en 1973, propose d'appliquer la conception et fabrication assistée par ordinateur (CFAO) à la dentisterie en rédigeant une thèse sur l'empreinte optique. Les domaines d'application de la CFAO sont en pleine expansion et s'appliquent maintenant à l'implantologie.

Les technologies numériques prennent une place de plus en plus importante dans le travail quotidien du chirurgien dentiste et du prothésiste.
L'implantologie profite de l'apport de la CFAO tout au long des étapes de la réhabilitation implanto-prothétique unitaire. En effet, la CFAO s'avère utile depuis la **planification prothétique** et **implantaire**, jusqu'à la conception de la prothèse d'usage. L'**intérêt de la CFAO** est d'autant plus pertinent dans les cas de réhabilitation antérieure, où l'exigence clinique est très élevée.
La **numérisation** a ouvert de nouvelles perspectives dans le domaine de la planification prothétique et implantaire. C'est pourquoi, nous aborderons dans ce travail la conception du **projet prothétique** de façon entièrement numérique à partir d'une empreinte optique ou du scannage d'une empreinte conventionnelle. Puis, nous étudierons l'intérêt de la **superposition** des données d'imagerie et du projet prothétique lors de la phase de planification implantaire. Le transfert des informations de cette planification virtuelle dans l'environnement réel sera possible par l'intermédiaire d'un **guide chirurgical** fabriqué par CFAO.
Une fois la pose planifiée de l'implant réalisée, nous verrons les différentes façons d'aborder la **mise en esthétique immédiate** implantaire grâce à la CFAO. Puis, nous finirons par la réalisation de la **réhabilitation implanto-prothétique unitaire d'usage** après la période d'ostéointégration implantaire dans les cas de mise en esthétique différée.

II. PLANIFICATION PROTHETIQUE et IMPLANTAIRE

Avant toute thérapeutique implantaire, il est important de recueillir les informations nécessaires afin d'évaluer si le patient peut recevoir une réhabilitation implantaire, sur le plan **psychologique, clinique** et **financier**. La première consultation implantaire permet de poser les bases du plan de traitement implanto-prothétique.
Dans le cadre de ce travail, le patient peut bénéficier d'une thérapeutique implanto-prothétique unitaire.

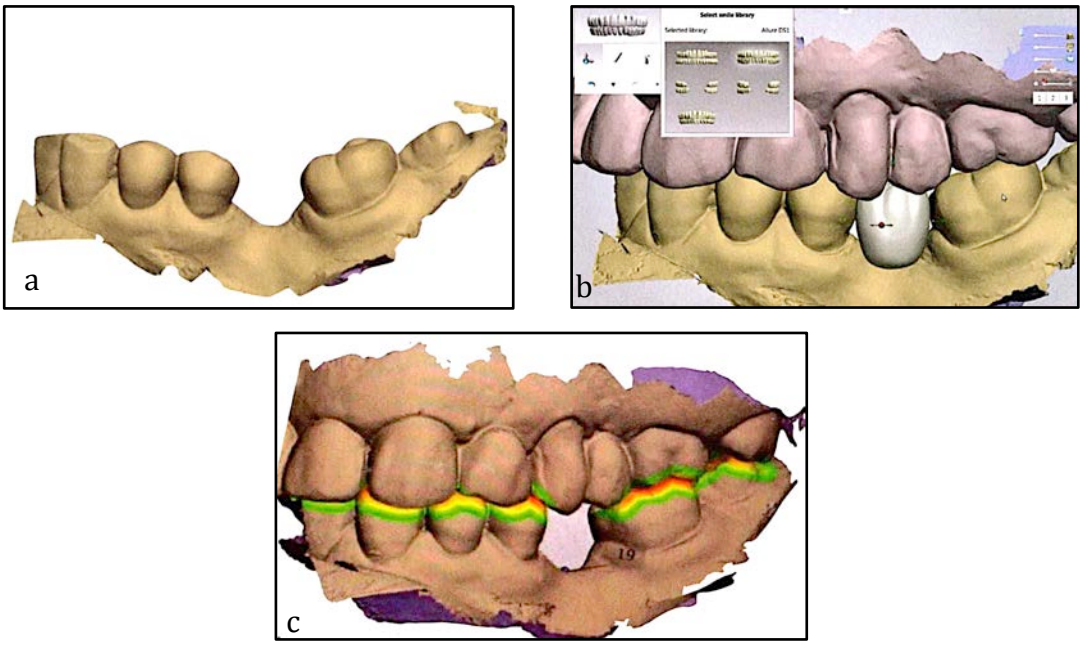
1. Planification prothétique

La planification prothétique est une étape essentielle du plan de traitement et doit être réalisée avant la planification implantaire, car l'implantologie est **guidée par l'objectif prothétique**.
En effet, le projet prothétique sert de guide tout au long de la thérapeutique implantaire, de la planification à la réhabilitation prothétique finale.
L'**objectif** du projet prothétique est de préfigurer la prothèse finale en fonction des critères esthétiques et fonctionnels. Il permet notamment d'analyser la faisabilité du traitement compte tenu de la situation clinique et plus précisément du rapport entre les pièces implanto-prothétiques et les structures anatomiques. Il est le véritable **fil conducteur** du traitement implanto-prothétique.

Ce projet prothétique, réalisé habituellement de manière conventionnelle, peut aujourd'hui être planifié numériquement, grâce à la **CFAO**.

1.1. Projet prothétique numérique

La réalisation du projet prothétique de façon numérique implique la création d'un **modèle de travail virtuel 3D** sur lequel une céroplastie diagnostique virtuelle (*wax-up*) de la dent manquante va être conçue. Le modèle numérique de l'arcade antagoniste va également être créé afin de pouvoir mettre les arcades en occlusion pour la conception du *wax-up*. La création et la mise en occlusion des modèles tridimensionnels ainsi que de la céroplastie diagnostique sont réalisées sur un logiciel de conception assistée par ordinateur (CAO).



Figures 1 : projet prothétique numérique : 1a : modèle virtuel de travail ; 1b : mise en occlusion des arcades ; 1c : conception de la céroplastie diagnostique virtuelle (source : Alejandro et coll., 2015)

Ce projet peut être réalisé directement par le praticien au **cabinet dentaire** (CFAO directe) ou par le prothésiste au **laboratoire de prothèse** (CFAO semi-directe).

1.1.1. Projet prothétique conçu au cabinet dentaire

Au cabinet, le praticien va prendre en charge le patient et réaliser dans une même séance, une **empreinte optique** des arcades dentaires et de l'occlusion afin de concevoir le projet prothétique. La validation de ce projet va pouvoir se faire directement avec le patient. Il va être très facile et rapide de le retoucher ou de le reprendre et cela toujours dans la même séance.

- Empreinte optique intra-orale

C'est dans sa thèse de la CFAO dentaire que François Duret décrit pour la première fois l'empreinte optique en 1973. Depuis ce jour, le fonctionnement des caméras de numérisation n'a cessé d'évoluer, et de nouveaux systèmes ont vu le jour.

L'empreinte optique permet d'obtenir une image tridimensionnelle des volumes bucco-dentaires grâce à un **système optique couplé à un ordinateur** (Cazier et Moussally, 2013). C'est à partir de cette empreinte qu'un logiciel spécifique va élaborer un maître modèle virtuel sur lequel va être réalisé la conception assistée par ordinateur (CAO).

Le principal objectif de la numérisation intra-buccale est de **simplifier** le traitement clinique et d'apporter plus de **précision**. Elle nécessite la maitrise de nouveaux gestes cliniques avec un nouveau matériel.

Les différents systèmes d'empreinte optique ne fonctionnement pas tous sur le même principe, cependant elles permettent toutes d'obtenir des empreintes optiques de qualité. Ces empreintes optiques numérisées deviennent le modèle numérique 3D de travail et de prospection.

Il existe sur le marché actuel quatre types de technologies :

- **les méthodes d'interférométrie** (Bluecam ou Omnicam de CEREC)
- **l'imagerie confocale parallèle** (iTero®)
- **la focalisation/défocalisation non colinéaire ou *Active Wavefront Sampling* (AWS) (**Lava™ *Chairside Oral Scanner* (C.O.S)).
- **la stéréophotogrammétrie ou acquisition vidéo 3D *in-motion*** (Condor Scan)

L'empreinte numérique permet de s'affranchir de toutes les étapes source d'erreurs liées à l'empreinte conventionnelle mais comprend également des inexactitudes. De plus, elle nécessite une **maitrise** et une **connaissance** du matériel, en tenant compte des nombreux **avantages** et des **limites** de cette technique. Le protocole d'acquisition doit être suivi avec rigueur et selon les différentes recommandations des fabricants afin d'obtenir une empreinte avec le moins d'imprécisions possible.

- Les avantages de l’empreinte optique intra-orale

L’empreinte optique possède de **nombreux avantages** par rapport à l’empreinte conventionnelle. Ces avantages sont détaillés ci-dessous :

- L’amélioration du **confort** du patient, notamment pour les patients ayant un fort réflexe nauséeux ou une ouverture buccale limitée (Yuzbasioglu et coll., 2014). De plus, le patient est moins stressé, il peut suivre le déroulement de l’empreinte sur l’écran d’ordinateur. Le volume des têtes de caméra est cependant très inégal d’une marque à l’autre.

- Il n’y a pas de compression ou de sensibilité dues à la pression exercée par le porte-empreinte et le matériau à empreinte.
  Une diminution du nombre de matériau et du matériel utilisé est constatée De plus, le transfert des données au laboratoire de prothèse est plus simple et plus rapide, il n’y a plus de nécessité de transport de l’empreinte.

- La réduction du temps de travail au fauteuil. Pour un praticien expérimenté, l’empreinte peut durer de **2 à 5 minutes** (Soenen et coll., 2015).

- Il n’y a pas de problème de stockage des modèles de travail, ils sont archivables en quantité et inaltérables sans délai de conservation, ni risque de contamination infectieuse.

- La **précision** de l’empreinte est améliorée. En effet, la précision de l’empreinte optique dépasse celle de l’empreinte conventionnelle pour des édentements de faible étendue (Chochlidakis, 2016). Il n’y a pas de variation dimensionnelle de l’empreinte dans le temps et donc pas de risque de déformation de cette dernière. Il y aura donc une diminution des imprécisions tout au long de la chaine prothétique.

- Il est possible de corriger l’empreinte par une nouvelle acquisition à partir de l’empreinte numérique déjà enregistrée (Soenen et coll., 2015).

A côté de ses nombreux avantages, l'empreinte optique possède néanmoins des limites.

- Les limites de l'empreinte optique intra-orale

Les **limites** de cette technique sont citées ci-dessous :

- Les caméras n'enregistrent que les **structures visibles** (les techniques de déflexion gingivale classiques peuvent être mises en place avant l'acquisition numérique). Le scannage des faces proximales est une étape délicate et peut être source d'imprécisions.

- Les surfaces enregistrées doivent être **exempts de fluides oraux** (salive, sang) pour ne pas compromettre la qualité de l'empreinte. La cavité buccale est un environnement humide, ainsi pour éviter la formation de buée sur la caméra lors de l'acquisition, les systèmes numériques ont recours à différents moyens. Par exemple, un support chauffant pour le Cerec® ou un système de ventilation qui permet de garder les zones sèches pour la caméra iTero® (Cazier et Moussaly, 2013).

- Elle nécessite un **apprentissage** plus ou moins long.

- L'unité de scannage est encombrante. Il faut parfois repenser la salle de soin pour l'accueillir.

- Le **poids** et la **taille** du dispositif sont des éléments importants à prendre en compte. Si le poids est important, c'est un facteur de fatigue et peut être la cause du flou cinétique lors de la prise de l'empreinte. Si le poids est trop faible, cela peut être un inconvénient pour la stabilité de la caméra (Cazier et Moussaly, 2013). La taille et la forme de l'embout intra-buccal doivent permettre une facilité d'accès aux zones postérieures, et être confortable pour le patient. La prise en main de la caméra est différente selon les modèles


a


b

Figures 2 : prise en main de la caméra : 2a : Cerec® Omnicam se tient comme un stylo ; 2b : la caméra LAVA C.O.S se tient comme une queue de billard (source : Cazier et Moussaly, 2013)

- L'optique de la caméra doit être **propre** avant utilisation, la caméra et l'objectif de la caméra doivent être **désinfectés** avec une lingette désinfectante. Il existe également des housses de protection à usage unique ou des embouts en plastique stérilisables (Cazier et Moussaly, 2013). Ces dispositifs ne doivent pas interagir avec l'objectif de la caméra sous peine de nuire à la qualité de l'empreinte.

- Certains systèmes nécessitent l'application d'une couche de **poudre** mate sur les surfaces à enregistrer afin d'uniformiser les différentes surfaces présentes en bouche et éviter que les surfaces soient brillantes. Il existe aujourd'hui de plus en plus de système sans poudrage (due au développement des caméras avec un rayonnement émis de plus en plus performant), mais cela nécessite un séchage minutieux des surfaces avant l'acquisition de l'empreinte.

- La précision d'empreinte étendue (arcade complète) demeure encore problématique (distorsion, fidélité dimensionnelle inexacte…)

Tableau 1 : comparaison de quelques systèmes d'empreinte optique (d'après : Cazier et Moussaly, 2013)

Marque	**SIRONA**	**3SHAPE**	**ALIGN**	**3M ESPE**	**Biotech Dental**
Modèle	Bluecam	Trios	iTero	Lava C.O.S	Condor Scan
Technologie	Triangulation	Microscopie confocale parallèle	Imagerie parallèle confocale	Active Wavefront Sampling	Stéréophoto-grammétrie
Poudrage	oui	non	non	Oui, léger	non
Maître modèle	Monochrome ocre	Couleur	Monochrome ocre	Monochrome blanc	Couleur
Poids de la caméra	270 g	738 g	600 g + 300 g (cordon+caméra)	390 g	110 g
Prise en main de la caméra	Stylo/turbine	Pistolet	Mixer	Queue de billard	Stylo
Hygiène	Lingette désinfectante	Embout plastique stérilisable	Embout à usage unique	Housse à usage unique	Lingette désinfectante
Dispositif antibuée	Chauffage externe	Chauffage externe	Flux d'air	Chauffage interne	NC
Exemples en image					

NC : non communiqué

Lorsque la prise de l'empreinte optique est terminée, le maître modèle est affiché sur l'écran de l'unité d'acquisition. La cire diagnostique va être conçue sur ce modèle virtuel.

- Confection des cires diagnostiques virtuelles

La céroplastie diagnostique virtuelle (***wax-up*** numérique) est réalisable directement au cabinet par le praticien, qui peut configurer la dent en fonction des objectifs fonctionnels et esthétiques.

Après l'acquisition numérique des arcades dentaires, les modèles virtuels créés peuvent être exploités et mis **en occlusion** au sein du logiciel de CAO. Les contacts occlusaux et la mise en occlusion des arcades donnent de meilleurs résultats lorsqu'ils sont réalisés numériquement d'après l'étude de Gjelvold et coll. réalisées en 2016 (Gjelvold et coll., 2016).

Il existe différentes façons de concevoir le *wax-up* numérique. Le logiciel Cerec, par exemple, propose **3 modes de reconstruction** : biogénérique individuel, copie biogénérique et référence biogénérique (Ender, 2011).

Le mode **biogénérique individuel** permet de concevoir la dent à partir de l'analyse morphologique des dents antagonistes. Le mode **copie biogénérique** permet de transférer sur le site édenté la copie de la dent saisie avant extraction par exemple. Enfin, le mode **référence biogénérique** génère une restauration à partir d'une dent de référence (copie d'une dent controlatérale).

Des modifications peuvent être réalisées sur le *wax-up* numérique grâce aux différentes fonctions du logiciel pour intégrer au mieux la future prothèse dans son environnement selon les impératifs cliniques : fonctionnels et esthétiques.

Le logiciel de CAO offre une liberté totale de conception de la prothèse.

Dans cet exemple, l'empreinte optique est réalisée par le système CEREC Omnicam (Sirona) et intégrée dans le logiciel CEREC 4.4. (Patel et Caponigro, 2016). C'est un cas de réhabilitation antérieure.



Figures 3: conception du projet prothétique numérique : 3a : mise en occlusion des modèles virtuels ; 3b : conception du *wax-up*, vue vestibulaire ; 3c : *wax-up* virtuel, vue occlusale (source : Patel et Caponigro, 2016)

Le projet prothétique numérique peut être **essayé** et **validé** en bouche de façon virtuelle grâce aux *Smile Designers,* en intégrant des photos du patient avec le projet prothétique numérique. Par exemple, le ***Digital Smile Design*** (DSD) est un concept inventé par Coachman Christian dans les années 2000 (Gaillard, 2016). Le patient peut visualiser le projet sur l'écran d'ordinateur et le valider de cette manière. La communication entre les différents acteurs du plan de traitement est améliorée.



Figures 4 : validation numérique du projet prothétique virtuel : 4a : photographies de la patiente de face et à 45° à droite et à gauche ; 4b : superposition du projet prothétique à la photographie de face (2D) ; 4c : visualisation du *wax-up* numérique sur le patient virtuel en 3D (source : Lin et coll., 2017)

Le **rôle du praticien** dans cette étape est très important, car il va apporter tous les éléments nécessaires à la compréhension du projet et ainsi pouvoir répondre directement aux interrogations du patient. Il est tout à fait possible, à ce stade, d'apporter des modifications au projet en accord avec le patient.

Le travail au sein du cabinet devient plus diversifié mais nécessite un réarrangement de l'espace de travail pour accueillir le nouveau matériel. Ce dispositif renvoie une **image moderne** du cabinet, à travers une prise en charge qui l'est tout autant.

Le projet prothétique numérique réalisé en CFAO **directe** peut être entrepris en **une seule séance** au cabinet, de la prise d'empreinte à la conception de la cire diagnostique jusqu'à la validation du projet avec le patient. Cette réalisation permet un **gain de temps** et de **précision** sur l'ensemble du traitement ainsi qu'une amélioration du **confort** aussi bien du praticien que du patient. La **communication** avec le patient est facilitée car le patient visualise tout de suite le résultat final du traitement.

1.1.2. Projet prothétique conçu au laboratoire de prothèse

Le projet prothétique peut également être conçu par le prothésiste au laboratoire de prothèse.

Le prothésiste peut obtenir le modèle virtuel de deux façons différentes.

La première solution consiste à **scanner** directement les empreintes d'études ou les modèles physiques issus de ces empreintes à l'aide d'un scanner de laboratoire. C'est la méthode **indirecte**. Cela implique l'envoie d'une empreinte conventionnelle au laboratoire. Cette méthode indirecte n'élimine pas les risques d'erreur liés à la prise de l'empreinte de manière conventionnelle, à la coulée du modèle, au transport de l'empreinte. Cette empreinte conventionnelle va subir de nombreuses manipulations dont chacune peuvent être une source de modification du modèle final. Ces modifications vont se répercuter sur le modèle virtuel.

Cette méthode consiste à numériser les modèles en plâtre, avec ou sans *wax-up*, à l'aide d'un scanner tridimensionnel. C'est une **numérisation extra-orale**. La chaîne numérique est utilisée au laboratoire et n'affecte pas les habitudes du praticien.

Le modèle en plâtre est défini selon des points répartis dans l'espace. Le scanner extra-oral va relever ces différents points et définir leurs positions spatiales (en x, y et z) et les repositionner sur l'écran. Le modèle virtuel va être ainsi créé (Perelmuter et coll., 2009).



Figure 5 : Scanner de laboratoire inEosX5 de Sirona (source : Sirona Dental, 2017)

La **précision** dimensionnelle et de surface des scanners de laboratoire est reconnue.

Une étude présentée au congrès de *l'Association Of General Dentistry* en 2016 compare six scanners numériques intra-oraux et un scanner de laboratoire. La numérisation est effectuée sur des modèles physiques. Les résultats de cette étude montrent que le scanner de laboratoire possède la plus grande précision de scannage lorsqu'il s'agit de numériser une arcade complète. La limite de cette étude réside dans le fait qu'il n'y a pas d'inclusion de paramètres cliniques lors de la prise de l'empreinte (température, humidité, salive, mouvements du patient) (Fryml et coll., 2016).

Différentes alternatives commencent à voir le jour, comme la **numérisation directe des empreintes.** Même si elle a une indication encore limitée, elle permet de s'affranchir des étapes de coulée de l'empreinte avec un matériau de réplique. La condition à respecter est l'utilisation d'un matériau « numérisable » lors de l'empreinte (Landwerlin, 2014). La numérisation est complexe pour un scanner extra-oral car la source de lumière ne permet pas d'illuminer et de voir de façon efficace les cavités profondes. De plus, les erreurs liées à la prise d'empreinte physique ne sont pas éliminées.

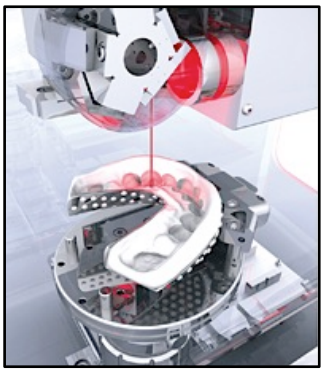


Figure 6 : numérisation d'une empreinte à l'aide d'un scanner optique (source : CNIFPD et UNPPD, 2009)

La deuxième solution nécessite une prise d'empreinte optique au cabinet. Les données issues de cette empreinte sont envoyées au prothésiste sous forme de fichier STL (*standard triangulation language*). C'est la méthode de **CFAO semi-directe**.

Après avoir obtenu le modèle de travail virtuel, la conception du projet s'effectue de la même façon que décrite précédemment sur le logiciel de CAO. Puis, le fichier STL du projet est transféré au cabinet afin de le valider avec le patient.

La **communication** avec le laboratoire de prothèse a évoluée, les échanges sont plus interactifs, les modifications sont apportées rapidement et les délais sont moins longs.

Le projet prothétique conçu au laboratoire de façon **indirecte** peut être une solution pour le praticien qui n'a pas le souhait de changer ses habitudes au cabinet, ni de faire un investissement dans un système d'empreinte optique. Cependant, les modifications subies par l'empreinte jusqu'à l'obtention du modèle physique vont se répercuter sur le modèle virtuel. Ce dernier peut être une source d'imprécision pour la suite du projet.

En revanche, la réalisation du projet prothétique de façon **semi-directe** ne sera pas concernée par ce risque de modification de l'empreinte. Mais cela implique une prise d'empreinte optique en suivant toutes les recommandations du fabricant, afin d'obtenir une empreinte précise.

Une fois le maître model obtenu, la conception de la cire diagnostique se fait de la même manière qu'au cabinet sur le logiciel de CAO, si elle n'a pas déjà été conçue physiquement sur l'empreinte scannée.

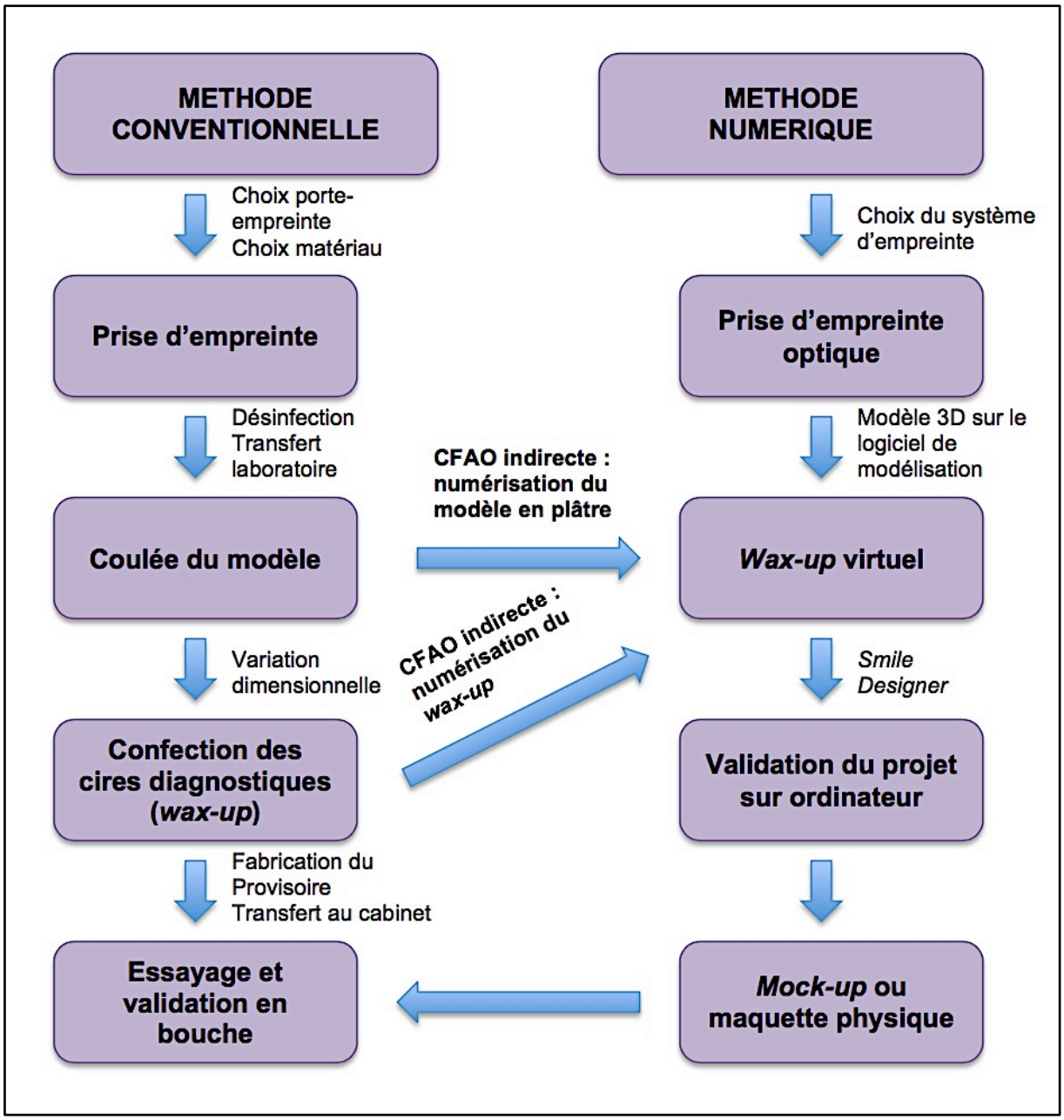


Figure 7 : comparaison de la planification prothétique conventionnelle et numérique

Une fois le projet prothétique numérique validé par le praticien et le patient, la planification implantaire peut débuter.

2. Planification implantaire

La planification implantaire a comme objectif le **positionnement virtuel** de l'implant au niveau du site à implanter, en fonction du projet prothétique validé précédemment et le volume osseux disponible. **Lors de cette étape la longueur, le diamètre et la position idéale de l'implant sont définis**.

Habituellement, le projet prothétique est transposé sur le logiciel de planification grâce à un guide radiologique, préfigurant le projet prothétique (matérialisation de la maquette prospective par exemple), porté par le patient lors de l'examen radiologique.

Une option récente a fait son apparition afin de simplifier les protocoles implantaires. Elle consiste à **superposer** les données de l'imagerie au format **DICOM** (*Digital Imaging and Communications in Medicine*) et les données de l'empreinte optique intra-buccale au format **STL**. Cela permet de ne plus avoir recourt à un guide radiologique, tout en permettant la continuité du flux digital.

Une fois la planification implantaire en accord avec le projet prothétique, le passage du projet virtuel au projet réel se fait par le guide chirurgical.

2.1. Corrélation de la planification implantaire et prothétique

2.1.1. Superposition des données d'imagerie et de CAO

- Imagerie pré-implantaire

L'examen radiologique tridimensionnel est une étape clé de la planification implantaire. Il existe aujourd'hui deux moyens pour obtenir une imagerie tridimensionnelle en implantologie : la **tomodensitométrie** (scanner à rayon X) et **la tomographie volumique à faisceau conique (**TVFC). L'acronyme CBCT (*Cone Beam Computed Tomography*) est couramment employé pour la tomographie volumique à faisceau conique (Vallaeys et Hodez, 2014).

Le **CBCT** est aujourd'hui considéré comme la technique de référence en imagerie sectionnelle pour la planification implantaire. Cette technique s'inscrit dans un souci de radioprotection car elle est moins irradiante que le scanner à rayon X. Aujourd'hui, la plupart des appareils panoramiques proposent une fonction « 3D » à champs réduit, qui semble devenir la norme. Le choix du champ d'acquisition est important et doit être adapté en fonction des indications. Les petits champs (4x4, 6x6 et 8x8) sont utilisés pour la chirurgie buccale et l'implantologie. Plus le champ est petit, plus la taille des voxels est faible, plus la qualité de l'image est importante (Cavézian et Pasquet, 2012).

L'imagerie sectionnelle en implantologie apporte une aide considérable pour l'étape de planification.

Elle permet d'avoir des **mesures précises** du site implantaire dans les trois sens de l'espace, une **analyse anatomique** et améliore la **prédictibilité du succès** du traitement implantaire. Elle permet également de localiser de façon exacte les éléments anatomiques à éviter lors de la chirurgie et également d'anticiper les variations anatomiques propres à chaque patient.

Les données issues de l'imagerie médicale sont sous le format DICOM. C'est une **norme standard** qui permet la gestion des données de l'imagerie informatiquement mais facilite aussi leurs transferts entre les différentes machines (Cavézian et Pasquet, 2012).

- Intérêt et mise en œuvre de la superposition des données

La réalisation d'une céroplastie diagnostique digitale sur le modèle virtuel va être permise grâce aux logiciels de CAO. Ce modèle virtuel avec *wax-up* est au format STL et va pouvoir être exporté sur le logiciel de planification implantaire sélectionné. Les données d'imagerie issue du *cone beam* au format DICOM vont être lues également dans le même logiciel de simulation implantaire.

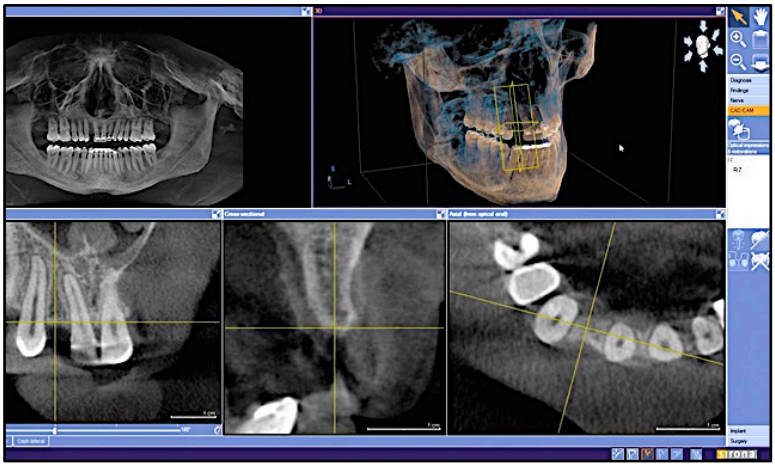


Figure 8 : logiciel Galileos Implant® : différentes coupes issues des données d'imagerie (source : Patel et Caponigro, 2016)

Pour **aligner** le rendu osseux généré par le fichier DICOM et le modèle virtuel STL, il faut sélectionner manuellement deux à trois **points de correspondance** sur l'image radiologique et le modèle STL. Plus il y aura de points sélectionnés, meilleure sera la précision (Hauschild et Rousset, 2013).

Il est préférable de sélectionner des repères dentaires facilement identifiables par le logiciel comme les sillons, les cuspides des dents. Dans le cas d'un édentement unitaire, les repères dentaires sont facilement identifiables, la superposition est réalisée de manière fiable.

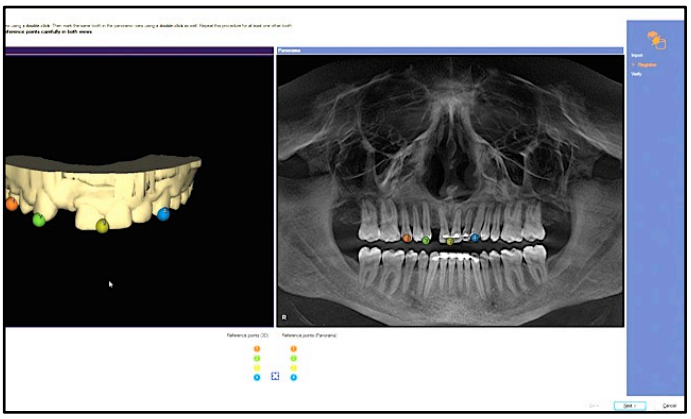


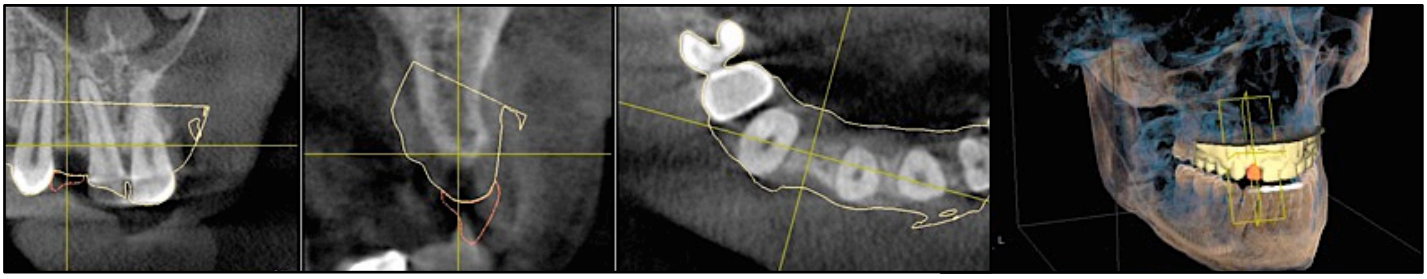
Figure 9 : logiciel Galileos Implant® : sélection des points de correspondance. Les points de référence sur la même dent s'affichent avec la même couleur sur les deux fenêtres (source : Patel et Caponigro, 2016)

Le fichier STL est un format **ouvert**. Le format ouvert permet d'exporter et importer les fichiers d'un système numérique à un autre. Le fichier peut donc être exploité par les différents systèmes ouverts de CFAO. Il peut être envoyé à tous les prothésistes sans forcément qu'ils aient de licence du système *software*. Le praticien peut choisir librement son flux de travail numérique et avec quel laboratoire de prothèse il souhaite travailler. Le choix du laboratoire se fera indépendamment de la marque du système d'empreinte optique et du logiciel de CAO. Cependant, des problèmes peuvent intervenir liés aux interactions nombreuses entre les différentes interfaces des différents *softwares*, ce qui augmente le risque d'imprécisions et de distorsion sur le modèle de travail lors de l'étape de fabrication assistée par ordinateur (FAO).
Exemple de système ouvert : iTero.

Les systèmes **fermés,** comme le système Cerec ou NobelClinician, obligent le praticien à travailler avec le même fabricant pendant toutes les étapes.

C’est un cycle de travail exclusif. Les données ne peuvent pas être envoyées à n’importe quel laboratoire de prothèse ou centre de production. Ces derniers doivent avoir les licences correspondantes pour pouvoir exploiter les données.
Le format du fichier numérique est propre au système fermé, et ne peut donc pas être lu, comme le fichier standard STL, par tous les systèmes numériques. Ce qui garantit une certaine qualité du modèle virtuel de travail tout au long de la chaine numérique.
Une alternative existe, et consiste à utiliser ces fichiers cryptés par d’autres systèmes numériques définis grâce à des licences payantes.

Une fois la superposition des données terminée, une vérification sur les différentes coupes peut s’effectuer. Si une incohérence est constatée, la superposition devra être reconduite en sélectionnant plus de points de correspondance.



Figures 10 : logiciel Galileos Implant® : vérification de la superposition du projet prothétique (en orange) sur les bases osseuses (en jaune) (source : Patel et Caponigro, 2016)

L’intérêt est de visualiser sur le logiciel de planification les **contours gingivaux** et **prothétiques** de la dent à remplacer, et ceci **sans passer par un guide radiologique** réalisé au laboratoire qui peut induire des erreurs si le cahier des charges de ce dernier n’est pas respecté.

De la prise de l’empreinte optique, avec réalisation de *wax-up* virtuel à la planification implantaire, tout est numérique. L’intérêt de cette étape est de respecter une **continuité du flux digital**. Toutes les étapes peuvent être réalisées par le praticien au cabinet, sans passer par le laboratoire de prothèse. Cela demande un temps d’adaptation et de formation mais permet un gain de précision et de temps précieux pour la suite du projet.

- Les logiciels disponibles

Il est mis à disposition des praticiens un certain nombre de logiciels permettant d'effectuer cette étape du traitement. Ils permettent une visualisation tridimensionnelle de toutes les structures anatomiques et une visualisation sans distorsion de l'os. Ils génèrent une image 3D de la mâchoire du patient grâce aux données DICOM.

C'est grâce à ces logiciels que la planification implantaire peut avoir lieu. Ils anticipent le positionnement de l'implant en fonction des possibilités osseuses et du projet prothétique, en repérant les obstacles anatomiques et en effectuant des mesures dans le sens vertical et horizontal.

Ils permettent également la production d'un guide chirurgical sur mesure en accord avec le positionnement exact des implants.

A ce jour, plusieurs logiciels sont capables de faire converger les données DICOM avec les fichiers STL : Galileos implant®, CoDiagnostix™, Romexis®, Nobel clinician®, Implant studio®., Simplant® Pro 15.0 avec option Optical Scan/Dual Scan (Schneider et coll., 2015).

Après la conception du projet prothétique, l'acquisition radiologique et la superposition des données d'imagerie et du projet prothétique, tous les éléments sont réunis pour débuter la planification chirurgicale de l'implant.

2.2. Planification de la pose de l'implant

La position et la longueur de l'implant sont définies en fonction du volume osseux, de la densité osseuse, de la hauteur gingivale, de la distance dent-implant, de l'axe et du type de la future prothèse et des obstacles anatomiques. Le choix du **type** d'implant, du **diamètre** de l'implant, de l'**axe** implantaire sont déterminés à ce stade.

Les **zones anatomiques à risque** peuvent être matérialisées. Il est possible notamment d'obtenir aisément le tracé du contenu canalaire, à partir de tous les plans.

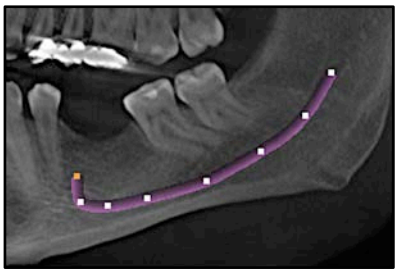


Figure 11 : marquage du nerf alvéolaire inférieur point par point sur le logiciel de planification implantaire (source : Sirona, 2015)

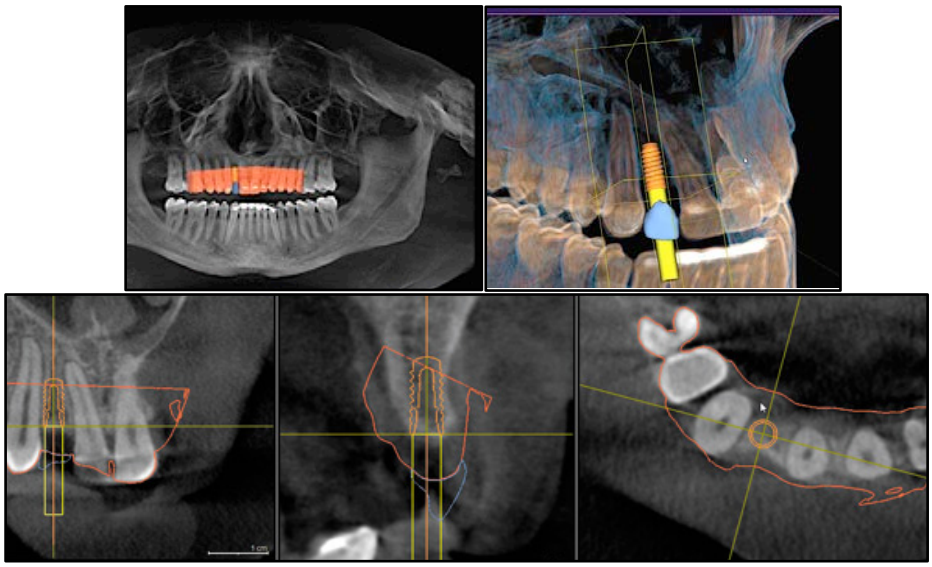
L'**axe implantaire** doit être choisi en fonction de l'axe prothétique de la future dent et des possibilités osseuses. La nature de la future prothèse peut influencer ce choix : prothèse scellée ou transvissée. Le puit de vis doit être en lingual en cas de prothèse transvissée et cela doit être défini pendant la planification.

La planification implantaire se fait de façon traditionnelle, il n'y aucun apport de la CFAO à ce stade.

2.3. Validation du projet implanto-prothétique assistée par ordinateur

A la fin de la simulation implantaire, la position de l'implant est contrôlée dans le sens vertical et horizontal, sur les différentes coupes, pour voir si son positionnement est en accord avec le volume osseux disponible, les éléments anatomiques et le projet prothétique.

Le positionnement de l'implant répond aux exigences prothétiques esthétiques et fonctionnelles tout en préservant les différents éléments anatomiques.



Figures 12 : logiciel Galileos Implant : contrôle de la position de l'implant sur les différentes coupes d'imagerie (source : Patel et Caponigro, 2016)

Dans le cadre de ce travail, le projet prothétique et implantaire sont en accord avec le volume osseux disponible et les possibilités anatomiques. Dans le cas contraire, la réalisation d'un nouveau projet serait aisément envisageable grâce à la CFAO.

Après **validation du projet** implanto-prothétique, le logiciel confectionne le guide chirurgical numériquement à partir de la planification 3D. Puis, les données sont soit transmises dans un centre d'usinage pour la fabrication du guide chirurgical, soit ce dernier est conçu au cabinet dentaire.

Grâce aux avancées de l'**imagerie** et de l'**informatique** (CFAO), il est maintenant possible de **coupler** le projet prothétique (modèle numérique) avec l'imagerie tridimensionnelle au sein du logiciel de planification implantaire et ce sans avoir recours à un guide radiologique. Cela permet de **simplifier** le protocole clinique et d'éviter les erreurs de positionnement du guide radiologique lors de l'acquisition radiologique.

3. Le guide chirurgical

C’est la **dernière étape** de la planification implantaire. Ce guide permet un transfert fiable et précis des données de la planification implantaire virtuelle au niveau du site implantaire.

3.1. Les différents types de guides chirurgicaux

Les guides chirurgicaux sont de trois types : à appui dentaire, muqueux ou osseux.

- Le **guide à appui osseux** est directement au contact de l’os édenté du patient. Il est nécessaire pour cela d’effectuer un lambeau large afin de placer le guide sans interférences sur l’os. Ce guide va être stabilisé en bouche à l’aide de vis d’ostéosynthèse. Il est indiqué pour des édentements complets.

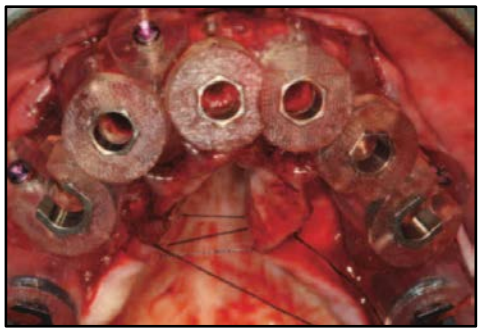


Figure 13 : guide à appui osseux (source : Goutman, 2013)

- Le **guide à appui muqueux** est directement au contact de la muqueuse partiellement ou complètement édentée. Il est mis en place par simple pression manuelle ou à l’aide d’une clé en silicone réalisée préalablement au laboratoire de prothèse, que le patient mord. La stabilisation du guide est effectuée à l’aide de clavettes osseuses ou de vis d’ostéosynthèse (Goutman, 2013). La muqueuse étant une surface dépressible (1 à 2 mm), des variations du positionnement implantaire par rapport à la planification virtuelle peuvent être observées, en fonction de la pression exercée sur la muqueuse lors de la mise en place du guide.



Figure 14 : guide à appui muqueux (source : Goutman, 2013)

- Le **guide à appui dentaire** prend appui sur les dents résiduelles. Sa mise en place ne nécessite pas de vis d'ostéosynthèse car il tient par simple friction grâce aux appuis dentaires. Il est indiqué pour des patients partiellement édentés. Le guide doit se positionner correctement en bouche et être stable. Il doit être affiné sous les douilles pour permettre le passage de l'irrigation et un dégagement mésial doit être prévu pour ne pas gêner le placement des poignées de perçage lors de la phase chirurgicale (Pascual et Vaysse, 2015).



Figure 15 : guide à appui dentaire (source : Brothier et coll., 2017)

Des petites fenêtres d'inspection sont crées sur les faces vestibulaires et occlusales des dents adjacentes pour le contrôle de l'insertion du guide lors de la chirurgie.



Figure 16 : vue occlusale du guide avec fenêtres d'inspection latérale (source : Bindl, 2015)

Dans le cas d'un **édentement unitaire**, le guide utilisé sera celui **à appui dentaire**. Il devra s'adapter parfaitement aux structures dentaires résiduelles qui sont des éléments rigides et indéformables.

3.2. Les différentes façons de guider les forets implantaires à travers le guide chirurgical

3.2.1. Positionnement des douilles

Chaque guide est composé de canons de guidage métallique pour permettre le passage des forets lors de la chirurgie. Avant la finalisation de la planification, il faut choisir la position des **douilles de guidage** pour l'implant.

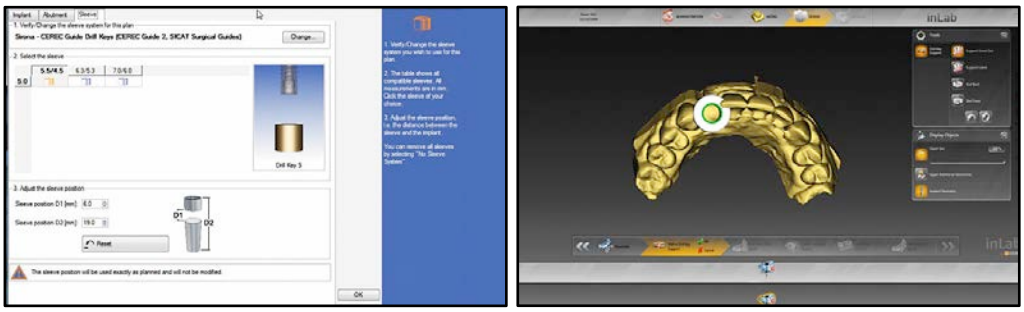


Figure 17 : logiciel Galileos Implant : sélection et programmation des douilles (source : Patel et Caponigro, 2016)

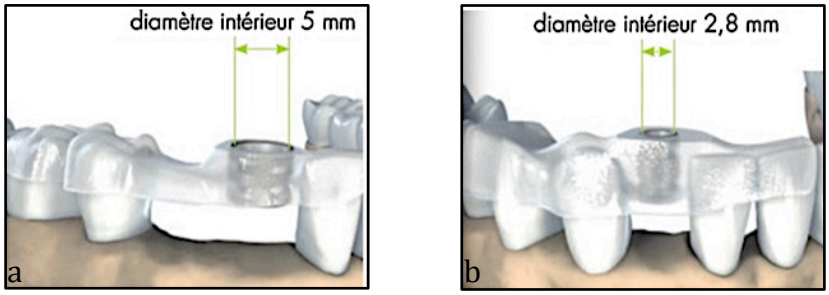
Figure 18 : visualisation de la douille sur le modèle virtuel (source : Patel et Caponigro, 2016)

En fonction de la chirurgie, avec ou sans lambeau, la position de la douille sera différente.

Elle sera soit près de la crête osseuse dans le cas d'une chirurgie avec lambeau, soit légèrement au-dessus de la muqueuse lors d'une chirurgie sans lambeau (Pascual et Vaysse, 2015).

Des douilles de **5 mm** de diamètre sont principalement positionnées en fonction de la position de l'implant, du type et de la longueur de l'implant. Lorsque l'espace prothétique est inférieur à 5 mm, des douilles de **2,8 mm** seront choisies (Pascual et Vaysse, 2015).

Un logement au niveau du guide est préparé pour accueillir ces douilles. Le logement doit être 0,2 mm plus large que le diamètre de la douille pour faciliter l'insertion des instruments. Puis, la douille est insérée dans le logement par simple friction (Brothier et coll., 2017).



Figures 19 : 19a : positionnement d'une douille de 5 mm ; 19b : positionnement d'une douille de 2,8 mm de diamètre (source : Pascual et Vaysse, 2015)

La **hauteur** de la douille est définie en fonction de l'émergence de l'implant (supra-osseuse, infra-osseuse) mais également en fonction de la longueur de l'implant et du secteur ; en postérieur par exemple, la douille est plus basse pour permettre l'accès des instruments.

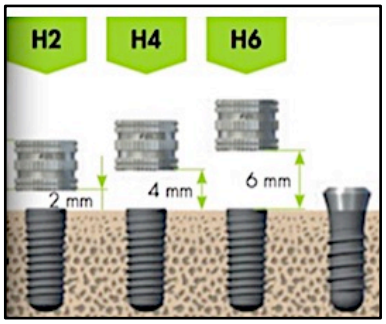


Figure 20 : positionnement de la douille en hauteur (source : Pascual et Vaysse, 2015)

3.2.2. Les trois types de guides en fonction de la séquence de forage

Il existe différentes façons de guider les forets implantaires à travers le guide chirurgical.
Le guide sera soit un **guide à manchon pilote**, soit un **guide manchon dans manchon** soit un **guide à trousse spécifique** (Manhès et Fougerais, 2015) :

- Le **guide à manchon pilote** permet de guider seulement le foret initial de la trousse implantaire (foret pilote) de 2 mm. Les autres forets de la séquence de forage ainsi que l'implant seront placés sans le guide, à main levée. Il sera utilisé lorsque l'espace prothétique sera inférieur à 5 mm (douille de 2,8 mm). Ce guide apporte une aide au positionnement de l'implant et ne nécessite pas d'équipement spécifique (comme une trousse de chirurgie guidée ou des clefs de positionnement). Cependant, son intérêt en chirurgie guidée est discutable car un risque élevé de déviation persiste lors du passage des autres forets sans le guide.
  Dans ce cas, le guide sert seulement de guide de forage.

- Le **guide manchon dans manchon** permet de passer les différents forets implantaires de la séquence de forage à travers le guide sans avoir recours à une trousse de chirurgie guidée spécifique.
  Le guide est composé d'une large douille dans laquelle des douilles internes de différents diamètres vont se positionner. Les douilles internes vont correspondre aux diamètres des forets de la séquence de forage. De plus, l'implant va pouvoir être placé à travers le guide chirurgical.

- Le **guide à trousse spécifique** est un guide de chirurgie guidée complet. Ce guide nécessite un équipement spécifique, les systèmes implantaires classiques ne peuvent pas être utilisés. Les poignées de perçage permettent de réduire le diamètre initial de la douille au diamètre du foret utilisé. L'implant peut être guidé à travers ce guide. Exemple : système Nobel Clinician.



Figures 21 : les différents types de guide en fonction de la chirurgie : 21a : guide à manchon pilote ; 21b : guide manchon dans manchon ; 21c : guide à trousse spécifique (source : Manhès et Fougerais, 2015)

Le guide chirurgical est réalisable dans un **centre spécialisé** après envoi des données de la planification (fichier STL) par informatique **au laboratoire** ou directement au **cabinet dentaire** par impression 3D (méthode additive) ou par usinage (méthode soustractive).

3.3. Procédé de fabrication des guides chirurgicaux par CFAO

3.3.1. Méthode additive

Les techniques additives, appelées « impression 3D », sont en pleine expansion.
Elles existent depuis plusieurs années dans l'industrie et commencent à se développer de plus en plus en odontologie.

Cette technologie est retrouvée dans les procédés tels que :

- la stéréolithographie (SLA)
- le *Fused Deposition Modeling* (FDM)
- le frittage sélectif par laser (Brothier et coll., 2017).

- La stéréolithographie

C'est une technique de **prototypage rapide**, exploitée par l'industrie depuis les années 1980 (Davarpanah et coll., 2011). C'est la technique la plus **fréquemment** utilisée en chirurgie implantaire guidée pour la fabrication des guides chirurgicaux.

C’est grâce aux avancées des résines photopolymérisables que cette technologie additive a été développée (Dupagne et coll., 2017). L’objet est réalisé à partir d’un modèle numérique par ajout de matière à l’aide d’un laser ultraviolet.
La machine est composée :

- d’une **cuve** contenant une résine liquide photopolymérisable,
- d’une **source lumineuse** au dessus de cette cuve
- d’un **support mobile** immergé dans le bac à résine.

La source lumineuse va photopolymériser une couche de résine, puis le support va descendre dans le bac. La profondeur de la descente correspond à l’épaisseur de la couche polymérisée. Ensuite, la source lumineuse va polymériser la couche suivante mais également polymériser les deux premières couches entre elles (Dupagne et coll., 2017). Puis, répétition du même procédé jusqu’à obtention du modèle 3D. À la fin du processus, le support remonte et l’objet émerge du bac.

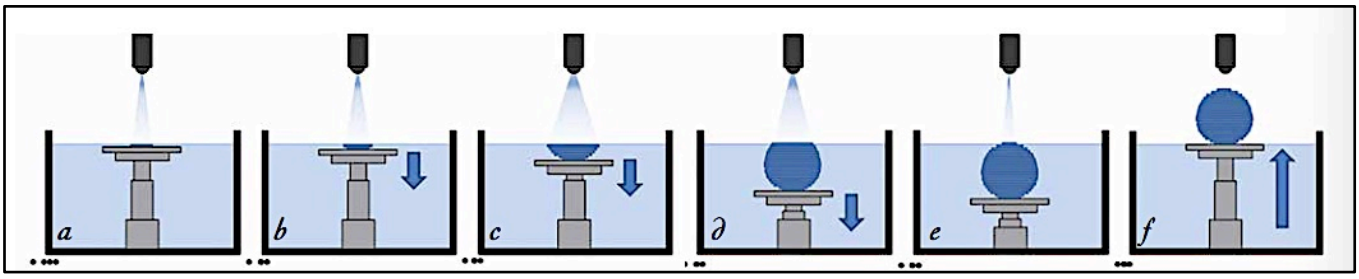


Figure 22 : photopolymérisation d’une sphère par stéréolithographie (source : Dupagne, 2017)

Le modèle final se rapprochera du fichier STL initial si les couches photopolymérisées sont fines, mais cela impliquera une augmentation du temps de fabrication (Dupagne et coll., 2017). Lors de l’impression du guide, des tiges de support verticales sont ajoutées sur le modèle pour éviter la bascule et la casse du guide. Ces supports sont retirés après l’impression.
Une des limites de cette technique est le retrait de polymérisation important des résines acrylate. Pour palier cela, de la résine époxy est ajoutée au mélange, mais cela diminue la résistance mécanique du polymère (Dupagne et coll., 2017).
C’est une technologie simple d’utilisation et d’entretien avec un très bon niveau de précision.

- FDM (*Fused Deposition Modeling)*

C’est la technologie la plus retrouvée pour les imprimantes 3D. Le principal inconvénient est l’état de surface imparfait avec un aspect granuleux de l’objet fabriqué qui va nécessiter un travail de finition (Brothier et coll., 2017).

- Frittage sélectif par laser (procédé SLS : *Selective Laser Sintering)*

C’est une technique de prototypage rapide par frittage laser sélectif sans phase liquide (Goutman, 2013). L’objet 3D est créé couche par couche à partir de poudre qui sont frittées ou fusionnées grâce à l’énergie d’un laser (CO_2 ou infrarouge).
Elle permet une large application avec l’utilisation d’une grande variété de matériau.
Cette technologie peut être notamment utilisée pour l’impression des éléments métalliques.

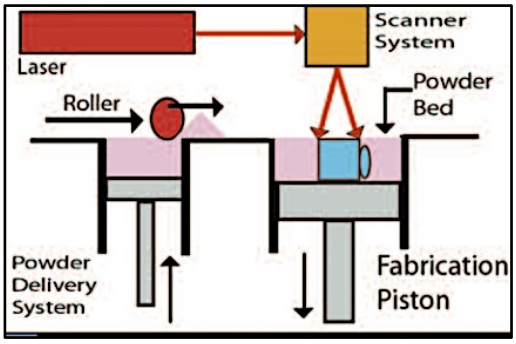
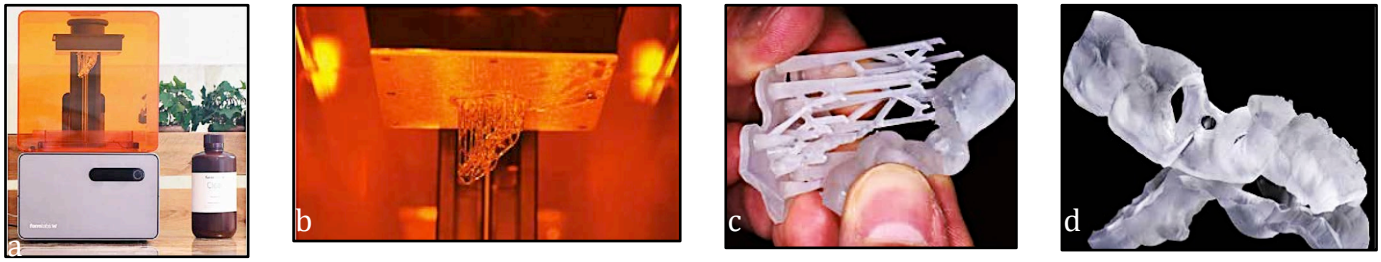


Figure 23 : principe du procédé SLS (source : Goutman, 2013)

- Illustration de la fabrication d'un guide chirurgical par impression 3D au cabinet dentaire.



Figures 24 : 24a : imprimante 3D FormOne+ de Formlabs ; 24b : guide chirurgical en fin d'impression ; 24c : retrait des tiges de support après l'impression ; 24d : guide chirurgical terminé avec douille en place (source : Brothier, 2017)

Le guide doit être **désinfecté** avant utilisation. Pour cela, il est plongé dans un bain d'alcool isopropylique à plus de 90° pendant 20 minutes pour le dégraisser. Puis, dans une solution de dichloroisocyanurate de sodium (Brothier, 2017). Ensuite, il est mis **sous sachet** jusqu'à la chirurgie. Lors de la chirurgie, il est trempé dans de la Bétadine® avant utilisation. Le guide ne peut passer dans l'autoclave car la résine ne supporte pas les hautes températures.

La méthode additive utilise la quantité de matière nécessaire à la fabrication des guides. Il n'y a **pas de perte de matière** contrairement à la méthode soustractive, où une perte de 70% de matière est constatée (Brothier, 2017). **La fabrication additive permet d'obtenir des objets avec des formes plus complexes qu'avec l'usinage** (méthode soustractive).

3.3.2. Méthode soustractive

Le guide chirurgical peut également être réalisé par soustraction. Ces techniques soustractives existent depuis maintenant trente ans en odontologie.
L'usinage du guide au cabinet dentaire se fait à l'aide d'une machine outils (fraiseuse 4 ou 5 axes), à partir d'un bloc de matière (le plus souvent un bloc de polyméthacrylate de méthyle PMMA) (Bindl, 2015). Elle est limitée à un édentement unitaire ou de faible étendue car la taille des blocs de PMMA disponibles sur le marché est réduite afin de passer dans la machine outils.
L'usinage est réalisé par des fraises en tungstène spécifique.

- Conception du guide chirurgical usiné au cabinet dentaire par CFAO avec le système CEREC® (Sirona).

La planification implantaire avec la position de l'implant et la position des douilles est exportée sur le logiciel de FAO (dans ce cas le logiciel CEREC®). La modélisation du guide va être réalisée sur ce logiciel.
Le modèle de la situation initial apparaît sur l'écran, c'est sur ce modèle que le programme du logiciel va générer automatiquement le projet du futur guide chirurgical.



Figure 25 : modèle virtuel (à gauche) et conception 3D du guide chirurgical (à droite) (source : Bindl, 2015)



Figure 26 : vue linguale du guide chirurgical (source : Bindl, 2015)

Grâce au logiciel de conception, les dimensions peuvent être ajustées précisément en épaisseur et par rapport au degré de friction nécessaire pour une bonne insertion buccale.
Le guide est usiné avec l'unité d'usinage MCXL® sur un bloc de PMMA (Cerec guide bloc maxi Sirona®) (Bindl, 2015). Le temps d'usinage est estimé à une heure.
Les douilles sont insérées à la fin de l'usinage par simple **friction**, ce qui nécessite une adaptation parfaite des douilles avec leurs emplacements.

Cela est permis grâce à l'usinage où les paramètres précis ont été renseignés. Les conditions de désinfections et de conservation sont identiques à celles citées précédemment.





Figure 27 : unité d'usinage MC XL® (source : Sirona, 2017)

Figure 28 : programmation du guide chirurgical dans son bloc à usiner (source : Bindl, 2015)

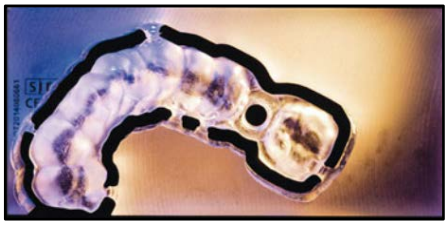


Figure 29 : sortie d'usinage du guide chirurgical dans son bloc de résine (source : Bindl, 2015)

Si le cabinet n'est pas équipé, il est tout à fait possible d'envoyer les données de planification prothétique et implantaire au laboratoire de prothèse ou dans un centre spécialisé pour la conception du guide chirurgical dans le cadre de la **CFAO semi-directe** (c'est le mieux notamment pour les guides chirurgicaux *full-guided* ostéo-retenus).

Une étude en 2013 compare la précision des guides chirurgicaux à appui dentaire conçus en transformant le guide radiologique (méthode conventionnelle) et des guides chirurgicaux à appui dentaire réalisés en CFAO par rapport à la planification implantaire. La position des implants planifiés et placés est comparée.

Cette étude montre que les guides chirurgicaux à appui dentaire réalisés en CFAO sont plus précis que les guides chirurgicaux à appui dentaire conventionnels (Farley et coll., 2013).
Cependant, il existe des différences entre l'implant planifié et placé même en utilisant des guides chirurgicaux à appui dentaire en CFAO, qui peut être le résultat d'un défaut de précision de l'ensemble de la chaine numérique.
Les différences observées sont le cumul de toutes les erreurs provenant de chaque étape du protocole (déformations liés à l'empreinte conventionnelle ou optique, distorsions lors de l'acquisition du CBCT, erreurs lors de la fabrication du guide, le degré de liberté du forêt par rapport au diamètre interne de la douille) (Goutman, 2013).

3.4. Avantages/inconvénients du guide chirurgical

3.4.1. Avantages

Le guide chirurgical est réalisé de manière **totalement numérique**. De sa conception à son impression ou usinage, il n'y a pas d'intervention physique. Elle est la copie exacte de ce qui a été conçu informatiquement, ce qui permet d'appréhender la chirurgie avec plus de **sérénité** et de **sécurité**. Son utilisation **simplifie** la pose de l'implant et apporte de la précision. L'implant est positionné selon la planification réalisée et validée. Le stress et l'anxiété pré-opératoire du patient et du praticien sont réduits.

Il peut être conçu au cabinet dentaire, mais se limite à des guides simples à appui dentaire de faible étendue, ce qui nous intéresse ici. Cette limite est principalement liée à la machine outils et à la taille des blocs surtout pour la méthode soustractive.
La production au cabinet est rapide (environ 1 heure) et permet de programmer la chirurgie implantaire dans des délais plus court.

3.4.2. Inconvénients

Le guide a un volume important qui est encombrant en bouche. Le praticien doit apprendre à travailler avec un volume restreint en bouche. L'accès peut être difficile surtout en postérieur.

La visibilité du site opératoire est réduite, le praticien travaille « à l'aveugle ». Ce qui implique un positionnement correct et stable du guide durant toute l'intervention, ce point est garant du succès du résultat final. S'il n'est pas stable (empreinte inexacte, usinage mal réalisé, douille mal placée), son intérêt est moindre. Idéalement, il faudrait l'essayer avant le jour de la chirurgie.
L'irrigation du site opératoire est diminuée, ce qui peut avoir des conséquences plus ou moins graves en cas d'échauffement de l'os sous jacent.
Le coût de l'intervention est plus élevé, du fait de l'utilisation d'un guide. De plus, tous les guides ne se valent pas.
La mise en place des douilles par simple friction peut être problématique et source d'imprecision. Cette étape nécessite une grande attention.

Pour palier ces inconvénients, un guide chirurgical à appui dentaire a été conçue par Swissmeda, appelée « **SMOP** » (abréviation de *Swissmeda et Operationsplannung*) (Kurt, 2014). Le grand avantage de ce guide est le refroidissement du site implantaire, une meilleure visisibilité et un encombrement moins important. De plus, il n'y a pas de nécessité d'utilisation de douille métallique.



Figure 30 : guide chirurgical « SMOP » (source : Kurt, 2014)

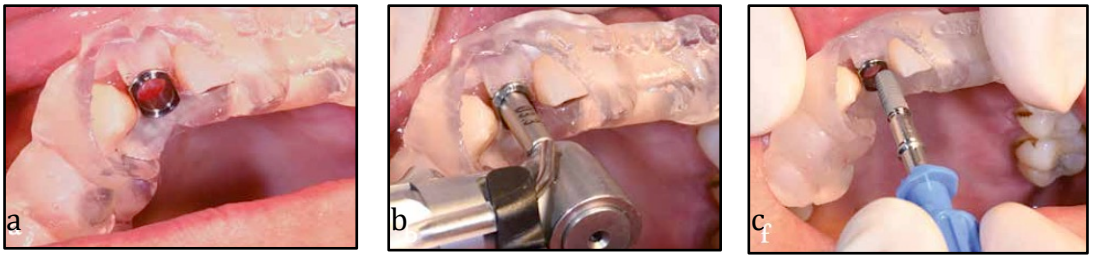
Une fois le guide chirurgical réalisé, la pose implantaire guidée peut débuter.

La fabrication du guide chirurgical est la **dernière étape** de la planification implantaire. Son but est de **transférer** la planification implantaire virtuelle à la réalité clinique. Ce guide peut être réalisé soit directement **au cabinet** soit **au laboratoire de prothèse**. La précision des guides chirurgicaux à appui dentaire réalisés par CFAO est reconnue.

4. Chirurgie : pose de l'implant à l'aide du guide chirurgical à appui dentaire

C'est lors de la planification implantaire que le logiciel détermine un protocole chirurgical avec les séquences de forage : longueur des forets, hauteur des poignées, repère sur le porte implant à aligner sur la douille (Pascual et Vaysse, 2015).

Le guide est positionné grâce aux appuis dentaires. Sa position doit être fixe pendant toute la durée de l'intervention, c'est un élément capital pour le succès de la thérapeutique. Une pression modérée doit être appliquée sur le guide en raison de la déformation du ligament alvéolo-dentaire des dents adjacentes.



Figures 31 : pose implantaire à l'aide du guide chirurgical à appui dentaire : 31a : positionnement du guide chirurgical en bouche ; 31b : forage à travers le guide ; 31c : mise en place de l'implant à travers le guide (source : Sers, 2009)

La chirurgie guidée requiert une **grande expérience** du praticien sur le plan informatique et sur le plan chirurgical. Cet acte est contrôlé du premier forage jusqu'à la mise en place de l'implant, grâce au guide de chirurgie complètement guidée.

La CFAO apporte un **contrôle** et un **confort** dans toutes des étapes du traitement implantaire, de la planification prothétique et implantaire à la fabrication du guide chirurgical jusqu'à la mise en place guidée de l'implant. Les procédures sont **simplifiées** et la durée du traitement moins longue. Mais cette technique nécessite une **formation**.

La procédure entièrement numérique est plus prévisible et offre une capacité de survie de l'implant améliorée (Pozzi et coll., 2016). La chirurgie implantaire guidée et assistée par ordinateur en flux numérique continu améliore la précision de la position de l'implant (Pascual et Vaysse, 2015). Cette position est en accord avec les objectifs prothétiques.

La chirurgie guidée permet, lorsque cela est réalisable, une intervention **mini-invasive**. Cela est possible notamment parce que le volume osseux sous-jacent est bien visible lors de la planification sur le logiciel.

La chirurgie guidée permet de réaliser une **prothèse transitoire** par CFAO au laboratoire de prothèse avant la chirurgie qui peut être immédiatement mise en place après la chirurgie. Aujourd'hui, il est également possible de réaliser la prothèse transitoire en CFAO directe juste après la pose implantaire.

III. REALISATION PROTHETIQUE FIXEE IMPLANTO-PORTEE UNITAIRE

L'implant ayant été posé, il est désormais possible de passer à l'étape de la restauration prothétique supra-implantaire.
Dans un premier temps, une **mise en esthétique immédiate** à l'aide d'une prothèse transitoire va permettre un modelage des tissus mous péri-implantaires ainsi qu'une réhabilitation esthétique des secteurs antérieurs. Le modelage des tissus mous va également être possible sans passer par une mise en esthétique immédiate (grâce à un pilier de cicatrisation SSA, à un pilier *iPhysio*…). Puis, après un délai d'ostéointégration implantaire, la **prothèse d'usage** va pouvoir être réalisée.

Pour débuter cette nouvelle étape, une empreinte optique de la position implantaire va être réalisée.

1. Empreinte optique de la position implantaire

La position implantaire doit être déterminée avec précision. Pour cela, des **transferts d'empreinte numériques** sont utilisés. Il est également possible d'enregistrer la position de ce dernier avec des **piliers de cicatrisation implantaire spécifiques** (pilier Encode® ou pilier iPhysio®). Ces piliers spécifiques sont mis en place juste après la pose de l'implant et restent en place pendant toute la durée d'ostéointégration.

1.1. Empreinte numérique de l'implant via l'utilisation d'un corps de scannage (*body scan*)

L'empreinte optique supra-implantaire permet d'enregistrer de façon précise la position de l'implant et de la transférer sur le modèle de travail virtuel, grâce à l'utilisation de **transferts numériques d'implants**. Ces derniers vont se connecter directement sur l'implant et émerger au niveau de la cavité buccale. Ces transferts connus sous le nom de *Scan Abutments* (SA) ont été mis au point en 2011 et ont été commercialisés en Europe en 2013 (Cannas et coll., 2014).
Il existe différentes formes de systèmes de transfert numérique d'implant mais ils fonctionnent tous selon le même principe. Ils sont adaptés au système implantaire et au logiciel de CFAO qui traite les empreintes (Goyet et coll., 2015).

Le transfert d'empreinte est composé de différentes parties visant une précision d'enregistrement et une reproductibilité parfaite :

- un **pilier de scannage** (*scanpost*) anti-rotationnel constitué d'une connectique spécifique au type et au diamètre de l'implant. Ce dernier est clipsé ou transvissé à l'implant.
- un **corps de référence** (*scanbody*), composé d'un système anti-rotationnel également. Il vient se clipser sur le pilier de scannage dans une seule et unique position. Sa forme géométrique, facilement détectable par le logiciel de CAO, permet lors de l'empreinte optique de déterminer avec précision la position de l'implant.
- Et **une vis de fixation** du pilier de scannage (Goyet et coll., 2015).

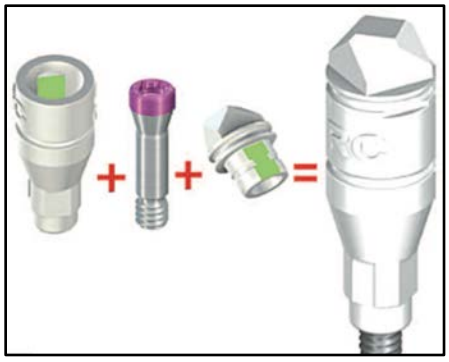
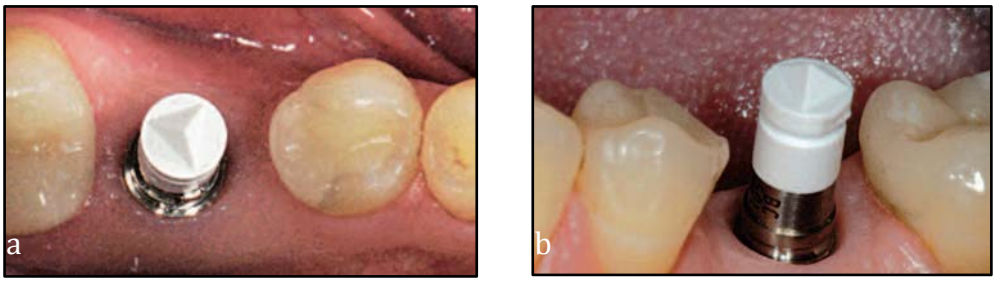


Figure 32 : pilier de scannage, vis de fixation, corps de référence : système complet de transfert numérique (source : Goyet et coll., 2015)

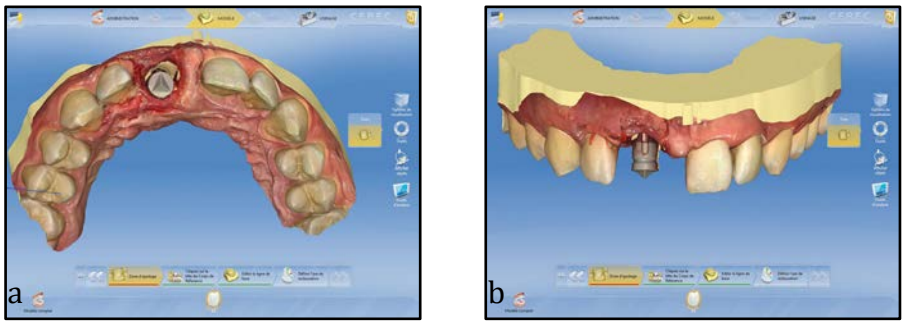
Une fois le pilier de scannage fixé en bouche, un contrôle radiographique est recommandé afin de vérifier la bonne mise en place de ce dernier. Puis, le corps de référence est clipsé dessus tout en respectant la correspondance des détrompeurs.

Il existe différents systèmes de transfert d'empreinte, parfois plus simple que celui décrit précédemment.



Figures 33 : mise en place du pilier de scannage et du corps de référence en bouche : 33a : vue occlusale du transfert d'empreinte numérique ; 33b : vue vestibulaire du transfert d'empreinte numérique (source : Goyet et coll., 2015)

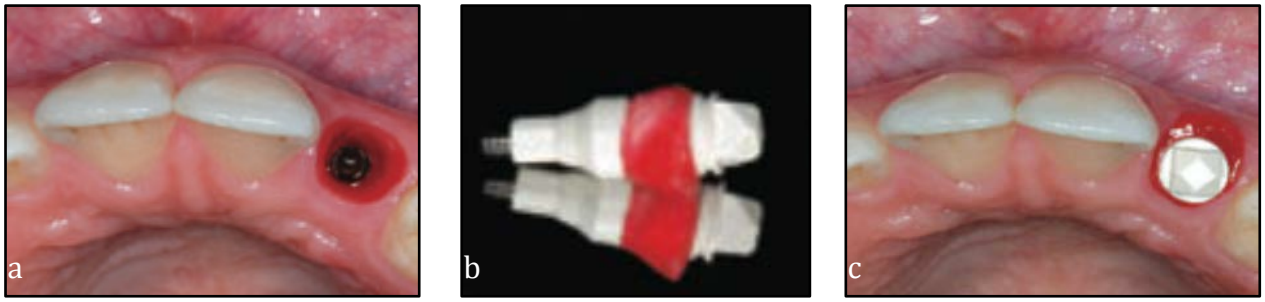
Lors de l'empreinte numérique, il suffit d'actualiser les empreintes réalisées auparavant pour le projet prothétique. Il faut pour cela découper l'empreinte au niveau de la zone concernée (zone implantaire) afin d'enregistrer le profil d'émergence et la position réelle de l'implant. Seules la position implantaire et les dents adjacentes au site implantaire vont être numérisées. Cette étape va être rapide. Puis, le logiciel de CAO va définir la position implantaire. Néanmoins, Il est tout à fait possible de faire une nouvelle acquisition numérique sans passer par l'actualisation de l'empreinte optique.



Figures 34 : vue occlusale (a) et vue vestibulaire (b) du transfert d'empreinte sur le modèle virtuel (source : Tran et coll., 2015)

Il est également possible d'enregistrer le **masque gingival** avec une nouvelle empreinte optique afin de renseigner avec précision le profil d'émergence comme un transfert personnalisé pourrait le faire. Cela permet d'apporter plus de précision concernant cette zone ainsi qu'un meilleur soutien des tissus mous par la restauration.

Il est néanmoins possible d'utiliser un **transfert personnalisé** pour un enregistrement des tissus mous plus prédictible. Ce dernier permet de soutenir efficacement les tissus mous lors de l'empreinte optique tout en empêchant leur affaissement (Joda et coll., 2014). Il n'est donc plus nécessaire avec ce type de transfert d'effectuer une seconde empreinte numérique. Cependant, cette méthode implique une personnalisation du corps de scannage, à la résine acrylique par exemple au cabinet, avant l'étape de numérisation.



Figures 35 : empreinte avec un système de transfert numérique personnalisé (transfert d'empreinte différent de celui décrit précédemment) : 35a : situation initiale des tissus mous ; 35b : transfert personnalisé à la résine acrylique ; 35c : transfert personnalisé en bouche prêt à être numérisé (source : Joda et coll., 2014).

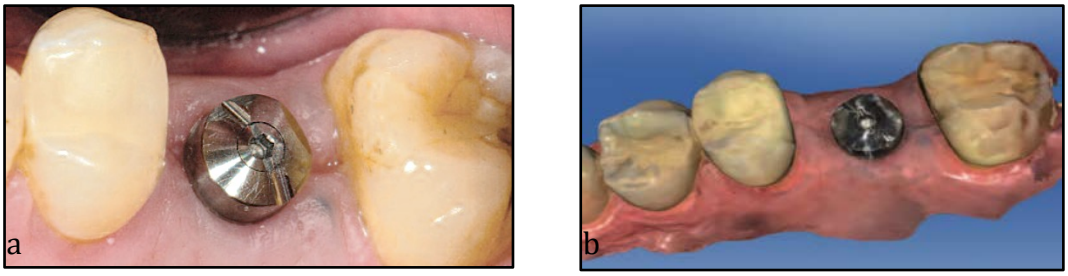
1.2. Empreinte numérique de l'implant via l'utilisation d'un pilier de cicatrisation spécifique

1.2.1. Pilier de cicatrisation Encode®

En 2004, la société Biomet 3i^{TM} invente le concept ***BellaTek*® Encode®** (Goyet et coll., 2015). Il s'agit d'un pilier de cicatrisation transvissé sur implant qui présente des **encoches spécifiques** sur sa face occlusale et joue le rôle de transfert implantaire. Il est mis en place au moment de la chirurgie, en principe dans les secteurs postérieurs, et reste en place pendant toute la durée de l'ostéointégration. Son principal inconvénient était qu'il était exclusif aux implants 3i, cependant 3i et Zimmer Dental ont fusionné et ce système va sûrement être étendu et amélioré dans un futur proche. Il présente plusieurs avantages. Son principal avantage est d'éviter d'agresser les muqueuses péri-implantaires en limitant le nombre de vissage et dévissage du pilier de cicatrisation pour les différentes étapes prothétiques. En effet, il sera retiré seulement pour la mise en place de la prothèse d'usage.



Figure 36 : pilier de cicatrisation Encode® en deux parties : pilier et vis de fixation (source : Goyet et coll., 2015)



Figures 37 : pilier Encode® : 37a : en bouche ; 37b : empreinte optique du pilier Encode® (source : Goyet et coll., 2015)

Lors de **visages/dévissages répétés** des éléments supra-implantaires, il a été constaté des perturbations au niveau du joint implant-pilier. Une destruction de l'espace biologique ainsi qu'une colonisation par les germes au niveau de cette zone peuvent être dû à ces gestes répétés. Cela peut conduire à la **résorption de l'os** alvéolaire péri-implantaire (Leize-Zal et coll., 2016). Le vissage/dévissage en lui-même s'il est répété peut également avoir un impact sur les **connectiques implant/pilier**, et plus particulièrement sur le pas de vis (Leize-Zal et coll., 2016).

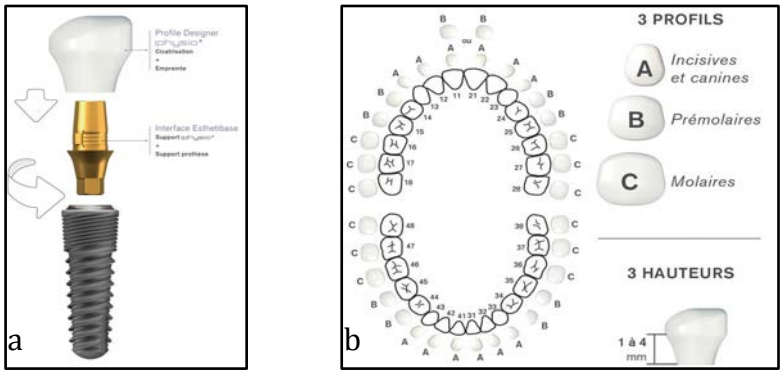
L'étude de *Rodriguez et coll.*, en 2013 a montré que la répétition de la pose et la dépose des pièces prothétiques supra-implantaires entrainait une perte osseuse et un récession gingivale. Par contre, lors du passage de la vis de cicatrisation directement à la prothèse d'usage, aucun changement de la barrière muqueuse péri-implantaire n'a été constaté.
Le système *BellaTek*® Encode® va donc permettre de limiter le vissage/dévissage pour ne pas léser les tissus gingivaux tout en s'affranchissant de l'utilisation d'un transfert d'empreinte.

Avec le système Encode®, il n'est pas nécessaire d'enregistrer le masque gingival séparément avec une autre empreinte car celui-ci est **codé** avec le pilier. Par contre, cela implique un profil d'émergence obligatoirement circulaire dû à la forme du pilier. D'où l'importance de tout de suite choisir le bon pilier de cicatrisation Encode®.
Cependant, les piliers de cicatrisation de forme circulaire ont des limites. De part leurs formes rondes, ils définissent un contour gingival circulaire parfois non conforme à la réalité clinique. De ce fait, la conception du profil d'émergence est hypothétique (Goyet et coll., 2015). De plus, lors de l'insertion de la prothèse d'usage, celle-ci peut être douloureuse et comprimer la gencive péri-implantaire.

Ce pilier de cicatrisation permet donc d'améliorer le **confort** du patient lors de la prise d'empreinte et **simplifie** le geste opératoire tout en présentant des inconvénients non négligeables.

1.2.2. Pilier de cicatrisation *iPhysio*®

Le protocole *iPhysio*® est un concept breveté proposé par ETK® et LYRA®.
La première version, lancée en 2015, nécessitait une **interface Esthetibase** et un **pilier *iPhysio*®** (Morello, 2016). L'interface Esthetibase (similaire à l'embase en titane) est en contact avec l'implant. Il existe de nombreuses interfaces permettant de s'adapter à la plupart des implants sur le marché. Le pilier *iPhysio*® va venir se clipser sur l'interface. Ce dernier est disponible en 3 formes et 3 hauteurs en fonction de la dent à remplacer.



Figures 38 : 38a : implant + interface Esthetibase + profil designer *iPhysio*® ; 38b : différentes formes et hauteurs du Profile Designer *iPhysio*® (source : Morello, 2016).

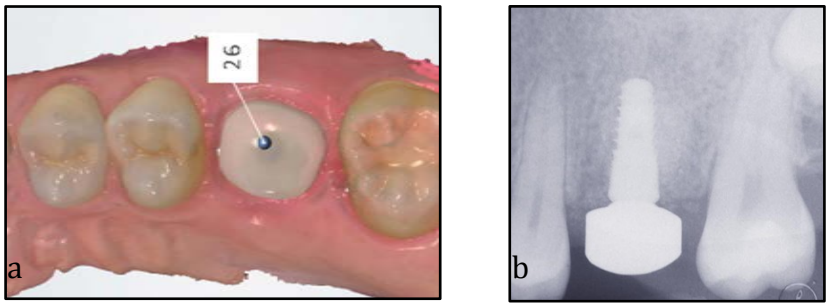
Une deuxième version commercialisée récemment, en 2017, s'apparente à un **pilier de cicatrisation monobloc** (interface Esthetibase et pilier *iPhysio*® tout en un) en titane nitruré qui va être transvissé sur l'implant. Il est disponible également sous 3 formes anatomiques et 3 hauteurs différentes en fonction de la dent à remplacer. Cette option récente permet de « clipser » une dent transitoire pour le pilier.

Le pilier de cicatrisation *iPhysio*® permet de sculpter un vrai profil d'émergence **non circulaire**, contrairement au pilier de cicatrisation Encode®. De plus, il permet de guider la cicatrisation des tissus mous.

Il est mis en place directement après la chirurgie implantaire et reste en place pendant toute la durée de l'ostéointégration. Puis, ce pilier sert de transfert numérique d'implant pour l'empreinte numérique. Il permet de localiser l'implant et de transmettre le profil d'émergence exact sur le modèle virtuel. L'avantage de cette approche réside dans le fait qu'il n'y ait pas besoin de retirer la pièce avant l'empreinte, limitant ainsi le vissage/dévissage des éléments supra-implantaire (Morello, 2016). Ce protocole apporte un confort pour le patient et un gain de temps pour le praticien ainsi qu'un moindre traumatisme des tissus mous et des connectiques.

Comme le pilier Encode®, ce pilier est codé sur sa surface occlusale, ce qui va permettre au logiciel de déterminer la position implantaire.

Il sera plutôt réservé aux secteurs postérieurs.



Figures 39 : 39a : empreinte optique du pilier iphysio ; 39b : radiographie du pilier iphysio sur l'implant (source : Morello, 2016)

Ce protocole permet une **simplification** du geste opératoire tout en limitant le vissage/dévissage des éléments supra-implantaires. Il s'apparente au pilier Encode®, mais présente un avantage non négligeable par rapport à ce dernier : l'obtention d'un profil d'émergence **non circulaire**.

2. La phase de temporisation

Après la pose de l'implant de façon guidée, la temporisation du site implantaire peut se faire de différentes façons. La première consiste en une **mise en esthétique immédiate** avec réalisation d'une prothèse transitoire. La deuxième possibilité permet seulement une cicatrisation des tissus mous **sans mise en esthétique immédiate**.

Il existe donc plusieurs méthodes pour obtenir la temporisation du site implantaire :

- Mise en esthétique immédiate :
    - l'embase en titane collée à une couronne transitoire usinée, le tout transvissé sur l'implant
    - le pilier anatomique vissé de manière définitive sur l'implant sur lequel va être scellé la couronne transitoire usinée (concept *One Abutment-One Time*)

- Sans mise en esthétique immédiate :
    - le pilier de cicatrisation anatomique transvissé (pilier SSA)
    - le protocole *iPhysio*®

2.1. Mise en esthétique immédiate de l'implant

2.1.1. Généralités sur le mise en esthétique immédiate de l'implant

Une réhabilitation provisoire immédiate peut être envisagée sur l'implant posé de façon guidée.

Jusqu'à la fin des années 1990, le seul protocole valable était la mise en place du pilier implantaire et de la prothèse d'usage au bout de 4 à 6 mois d'ostéointégration implantaire.
L'ostéointégration est défini comme une coaptation anatomique et fonctionnelle directe entre l'os vivant et la surface implantaire (Rouach et Miara, 2010). Cependant, depuis les années 2000, un protocole raccourci a vu le jour : la **mise en esthétique**. Cette dernière consiste à mettre en place une prothèse transitoire juste après la chirurgie implantaire. Elle permet ainsi de répondre à une demande esthétique du patient et de modeler les tissus mous péri-implantaires pendant la phase d'ostéointégration (Cannas et coll., 2014).

La mise en esthétique immédiate peut être réalisée après la pose de l'implant dans un site osseux édenté et cicatrisé ou être consécutive à une technique d'extraction-implantation immédiate. Pour ce dernier cas, les indications cliniques doivent être posées en amont lors de la planification implantaire.
Au niveau d'un site cicatrisé, la provisoire permet de travailler immédiatement les tissus mous après la pose de l'implant pour un meilleur résultat esthétique. Au niveau d'un site post-extractionnel, elle permet de mieux maintenir le capital osseux de l'alvéole et de préserver le volume de la gencive marginale et des papilles, ainsi que de guider le profil d'émergence (Szmukler-Moncler et Davarpanah, 2014).

Cette procédure doit être **non fonctionnelle**, c'est-à-dire que la prothèse transitoire devra être en inocclusion statique et dynamique. Une occlusion défavorable peut entrainer un échec de la cicatrisation osseuse d'où l'intérêt de bien poser les indications et de réaliser un examen clinique complet avant de débuter.

L'obtention de l'**ostéointégration** lors d'une technique de mise en esthétique immédiate repose sur une excellente stabilité primaire de l'implant et l'absence de mouvement de l'implant dans l'os durant la phase de cicatrisation. La stabilité primaire de l'implant correspond à une stabilité immédiate de l'implant juste après sa pose chirurgicale. Certains critères influencent cette stabilité comme la **qualité du forage**, de la **qualité de l'os** et de la **forme de l'implant** (Szmukler-Moncler et Davarpanah, 2014).

La mise en esthétique immédiate requiert une stabilité primaire de l'implant correspondant à un couple de serrage égal ou supérieur à **30N/cm** (Tavitian et coll., 2014).

De plus, pour éviter les mouvements de l'implant dans l'os, un **contrôle occlusal rigoureux** durant la phase de cicatrisation devra être réalisé. Il ne faudra pas soumettre les implants à des forces excessives pouvant entrainer des micromouvements (Szmukler-Moncler et Davarpanah, 2014). L'intérêt est de maintenir les micromouvements en dessous du seuil de tolérance de l'implant ; entre 30 et 150 micromètres selon les états de surface implantaire (rugueuse 150 micromètres, lisse 30 micromètres) pour obtenir une ostéointégration (Szmukler-Moncler et Davarpanah, 2014).
La mise en esthétique immédiate est un facteur de risque supplémentaire dans le traitement implantaire, cependant c'est une étape maitrisable si toutes les précautions sont prises.

La sollicitation de l'implant pendant la cicatrisation influence les conditions d'ostéointégration. Il faut savoir que la mise en esthétique immédiate ne nuit pas à l'ostéointégration implantaire si le **seuil de tolérance** aux micromouvements de l'implant est respecté. Cependant, cliniquement la limite entre les macromouvements et les micromouvements est difficile à définir.

Ce protocole a évolué grâce à **l'apport de la CFAO** en implantologie. La prothèse transitoire peut être réalisée au sein du cabinet dentaire juste après la pose de l'implant. Mais également au laboratoire de prothèse avant ou après la pose de l'implant.

La mise en esthétique immédiate bouscule **l'organisation** classique entre le praticien et le prothésiste. Le rythme des échanges et les délais de réalisation étant plus rapides, cela implique une organisation différente. La base de cette organisation repose sur une **communication** claire et précise des deux intervenants.

2.1.2. Couronne transitoire monobloc collée à une embase en titane

En CFAO et prothèse conventionnelle, c'est la réhabilitation temporaire **la plus utilisée**. Elle va pouvoir être réalisée au sein du cabinet dentaire ou au laboratoire de prothèse.

- Au cabinet dentaire (CFAO directe)

L'ensemble des étapes de réalisation de la prothèse transitoire vont être effectuées au sein du cabinet dentaire après la pose de l'implant.

Cette prothèse transitoire va être constituée de trois éléments :

- une **embase en titane préfabriquée** (TiBase®) qui va se connecter sur l'implant par vissage d'un coté et sur la couronne usinée par collage de l'autre.
- une **couronne usinée** dans un bloc de matériau pré-percé pour accueillir l'embase.
- et un **moyen de liaison** des deux éléments (composites de collage).

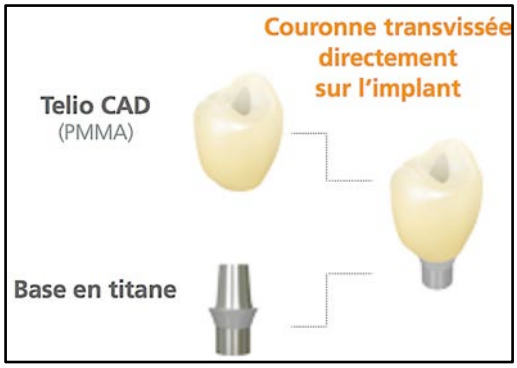


Figure 40 : prothèse transitoire transvissée (couronne usinée collée sur une embase en titane) (source : Ivoclar Vivadent Telio® CAD A16, 2017)

Cette embase en titane a sur une extrémité un **détrompeur** adapté à l'orifice du bloc pré-percé, cela permet de placer la TiBase® correctement sur la partie usinée de la couronne (Drogou, 2017). La TiBase® doit correspondre parfaitement aux côtes de la connectique implantaire concernée, d'où l'intérêt d'une bonne communication entre les fabricants d'implant et les fabricants de TiBase® s'ils sont différents.

C’est la société Sirona® qui a fabriquée en premier l’embase en titane sous l’appellation TiBase®. Aujourd’hui, il existe une variété d’embase proposée par plusieurs fabricants. Cependant, des embases en titane ne sont toujours pas disponibles pour certains systèmes implantaires (Drogou, 2017).



Figure 41 : embase en titane et sa vis (source : Mahl et coll., 2014)

La réalisation d’une prothèse transitoire par CFAO directe repose sur plusieurs étapes essentielles :

- L’enregistrement de la position implantaire

L’empreinte optique va être réalisée comme décrite dans la partie précédente à l’aide d’un corps de scannage et d’un corps de référence.
Le système Tibase® de Sirona est composé du **pilier de scannage** Tibase®, d’une **vis** et d’un **capuchon de scannage**. Le pilier Tibase® qui sert pour la numérisation sera également utilisé pour la prothèse (collage de l’embase à la couronne transitoire).



Figure 42 : système TiBase® de Sirona avec de gauche à droite : le capuchon de scannage, le pilier TiBase® et la vis (source : Mahl et coll., 2014)

L'enregistrement du **masque gingival** est indispensable pour la réalisation de la prothèse transitoire transvissée afin d'assurer un soutien optimisé (par rapport à une vis de cicatrisation classique) des tissus mous pendant leur phases de maturation. Cette gestion des tissus mous sera alors facilitée pour la réalisation de la prothèse définitive.



Figure 43 : TiBase® en bouche avec son capuchon de scannage (source : Mahl et coll., 2014)

Une fois l'empreinte validée, le transfert d'empreinte est retiré et remplacé par un pilier de cicatrisation afin de soutenir les tissus mous jusqu'à la pose de la prothèse transitoire.

- Choix du bloc de matériau

Les fabricants se sont adaptés aux évolutions et ont commencé à proposer des blocs pré-percés. Les blocs en résine **PMMA** (Telio® CAD, Ivoclar) et les **composites microchargés** (CAD Temp®, Vita) sont disponibles en plusieurs teintes et permettent de réaliser des dents provisoires. Ce sont des matériaux facilement usinables au cabinet dentaire. Ils présentent une grande résistance mécanique (PMMA : 130Mpa), une faible solubilité dans un milieu aqueux et une dureté acceptable (PMMA : 176Mpa) (Tran et coll., 2015). Ils peuvent servir pour une mise en esthétique de longue durée sans dépasser les 12 mois.

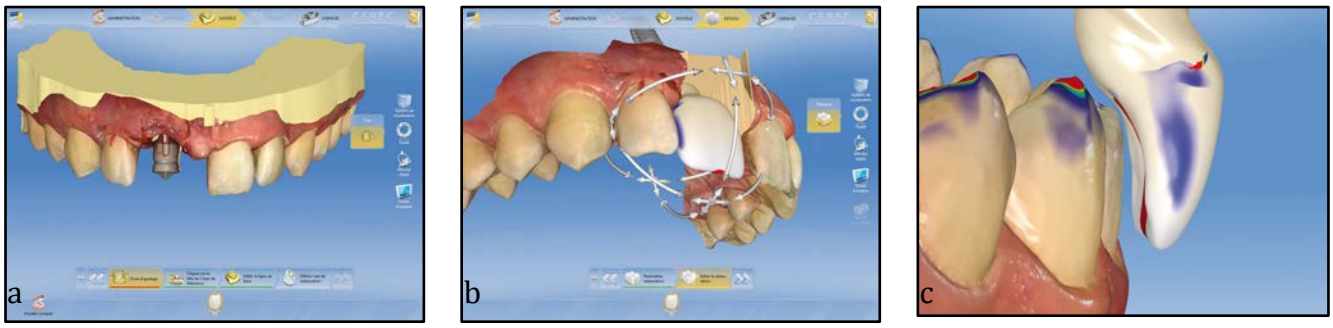
Les blocs de PMMA ont un aspect de surface biologiquement acceptable, leurs usinages et polissage sont facilités. Il est considéré comme un matériau « résilient » qui va transmettre moins de contrainte sur l'implant lors de la phase d'ostéointégration. Ce qui un avantage considérable dans le cadre de la mise en esthétique immédiate.



Figure 44 : blocs de PMMA pré-percés Telio® CAD (source : Tran et coll., 2015)

- La conception de la prothèse transitoire

Le logiciel de CAO va permettre d'importer et de superposer la **forme initiale** de la couronne déterminée lors du projet prothétique sur le modèle virtuel acquis précédemment. Cette forme peut être ajustée et corrigée en fonction de la position réelle de l'implant. Les **contacts occlusaux** sont également réglés virtuellement. Ils sont conçus de façon à ce qu'il n'y ait aucun contact occlusal sur la prothèse transitoire.



Figures 45 : conception de la couronne transitoire : 45a : maître modèle virtuel, vue vestibulaire ; 45b : ajustage de la couronne transitoire ; 45c : suppression de tout contact occlusal (source : Tran et coll., 2015)

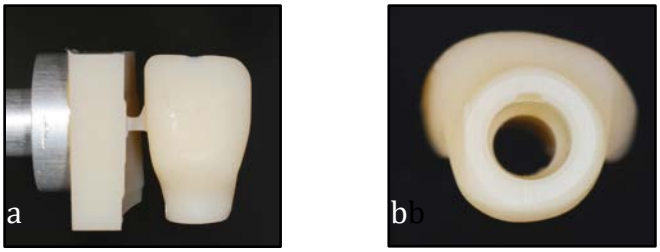
➢ L’usinage de la prothèse transitoire

Avant l’usinage du bloc de matériau, l’embase doit être essayée dans le bloc pré-percé sélectionné. Il est important de faire cet essayage car c’est à cet endroit que l’embase en titane va se connecter. Le logiciel de conception permet l’affichage d’une prévisualisation d’usinage de la provisoire sur l’écran. Le trait rouge marque l’emplacement du puits de vis.



Figures 46 : couronne transitoire dans son bloc d’usinage : 46a : vue vestibulaire ; 46b : vue palatine (source : Tran et coll., 2015)

Les instructions sont envoyées à la machine outils qui usine le bloc de matériau (PMMA). Le temps d’usinage est estimé à environ **15 minutes** (Tran et coll., 2015). A la fin de l’usinage, la base cervicale de la couronne présente un orifice qui va accueillir l’embase.



Figures 47 : fin de l’usinage de la prothèse transitoire en PMMA : 47a : aspect de la couronne transitoire à la fin de l’usinage ; 47b : partie cervicale de la couronne transitoire (source : Tran et coll., 2015)

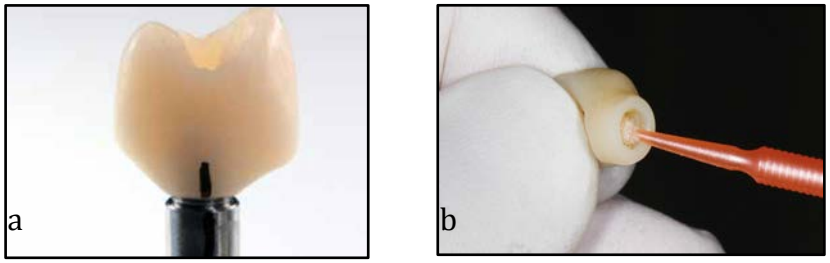
- Le collage de l’embase en titane et de la prothèse transitoire usinée

La manipulation de l’embase nécessite une grande dextérité. Afin de faciliter ces étapes de collage, cette dernière va être vissée sur un analogue d’implant ou un manche de préhension à l’aide d’une longue vis de laboratoire (Tran et coll., 2015).
Alors, le puits de vis et le profil d’émergence vont être protégés avec de la cire afin d’éviter toute fusée de colle.
La surface de l’embase va être **sablée à l’oxyde d’aluminium** à 50 microns sous une pression de 2 bars maximum, puis être nettoyée dans un bain à ultrasons ou au jet de vapeur. Ensuite, un agent de liaison (**silane**, par exemple Monobond Plus, Ivoclar Vivadent) va être appliqué sur ce dernier (Tran et coll., 2015). A partir de cette étape, l’embase ne doit plus être contaminée.



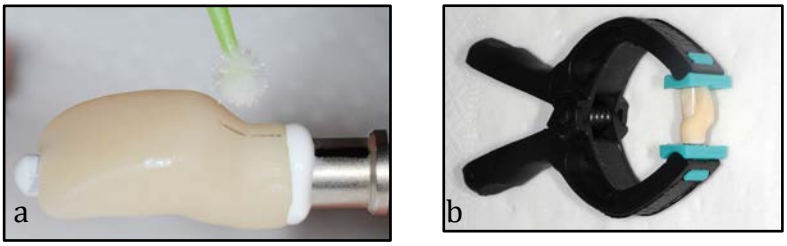
Figures 48 : préparation pour collage sur embase en titane : 48a : protection du puits de vis et du profil d’émergence, 48b : sablage à l’oxyde d’aluminium, 48c : application du primer (source : Ivoclar Vivadent Telio® CAD A16., 2017).

La préparation de la couronne transitoire en PMMA ne nécessite pas de sablage. Cette dernière va être essayée sur l’embase et le bon positionnement va être marqué à l’aide d’un feutre résistant à l’eau. Elle va ensuite être nettoyée dans un bac à ultrason puis être séchée. Puis, un **agent de couplage** (SR Connect – Ivoclar Vivadent) va être appliqué dans l’intrados de la couronne transitoire pendant 30 secondes et être photopolymérisé pendant 40 secondes.



Figures 49 : préparation de la couronne transitoire : 49a : marquage de la couronne transitoire au feutre ; 49b : application d'un agent de couplage (SR connect - Ivoclar Vivadent) dans l'intrados de la couronne (source : Tran et coll., 2015)

Ensuite, l'embase et la couronne vont être assemblées à l'aide d'un **composite de collage autopolymérisant** (Multilink® Hybrid Abutment). Elles sont maintenues sous pression à l'aide d'une pince à ressort. Une attention particulière doit être apportée à l'orientation de la marque réalisée auparavant sur la provisoire et l'embase pour un positionnement correct et précis (Tran et coll., 2015). Rapidement, les excès de colle sont éliminés à l'aide d'une microbrosse. L'assemblage est maintenu sous pression pendant toute la durée de la polymérisation (7 minutes) (Tran et coll., 2015).



Figures 50 : collage de l'embase et de la couronne transitoire : 50a : élimination des excès de colle à l'aide d'une microbrosse ; 50b : maintien de l'ensemble avec une pince à ressort (source : Tran et coll., 2015)

Après la polymérisation, un polissage minutieux des limites peut être effectué à l'aide d'un aéropolisseur à la poudre de bicarbonate fine, des cupules de silicone et une pâte à polir, par exemple (Drogou, 2017).

Le **polissage minutieux** du joint de collage est capital car il sera dans la partie transmuqueuse et que la colle est cytotoxique. De plus, nous sommes en période de transition. Le coté transvissé est un avantage en restauration implanto-portée car il n'y a pas de ciment de scellement.

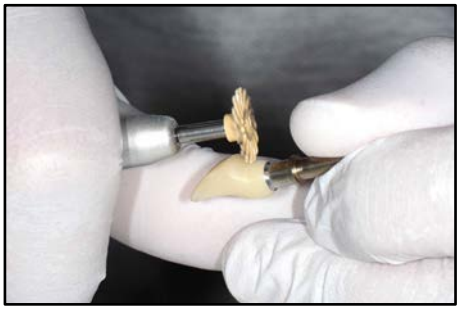
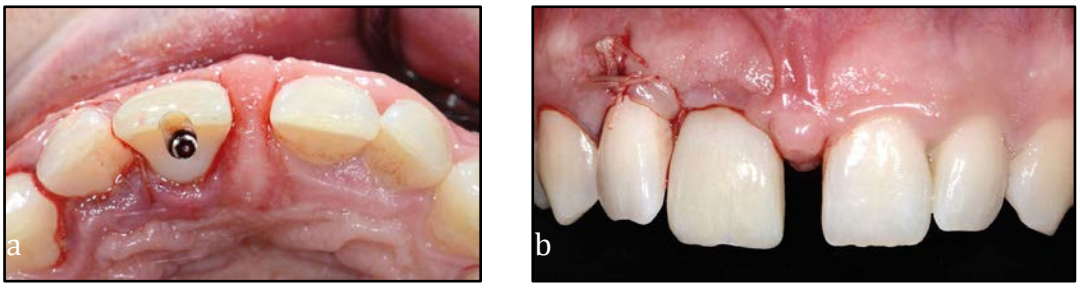


Figure 51 : polissage du joint de collage (source : Tran et coll., 2015)

- La mise en place de la prothèse transitoire en bouche

La vis de cicatrisation est retirée et la couronne transitoire est essayée en bouche. Cette dernière est vissée **au torque recommandé** non définitif. Le puits de vis est protégé avec un morceau de **polytétrafluoroéthylène** (Teflon®) et un composite photopolymérisable.



Figures 52 : prothèse transitoire en bouche : 52a : vue occlusale ; 52b : vue vestibulaire (source : Tran et coll., 2015)

L'occlusion est vérifiée, puis réglée et corrigée si nécessaire pour qu'il n'y ait **aucun contact** en statique (OIM) et dynamique (propulsion, diduction).

Si le cabinet n'est pas équipé d'usineuse, une autre alternative est possible. Elle consiste à externaliser certaines étapes du traitement.

- Au laboratoire de prothèse (CFAO semi-directe)

La provisoire peut être conçue **au laboratoire** avant la chirurgie à partir du projet prothétique et de la planification implantaire ou après la mise en place de l'implant en envoyant au prothésiste l'empreinte optique réalisée le jour de la chirurgie.

➢ Conception de la provisoire avant la pose de l'implant

La planification implantaire et prothétique sont envoyées au laboratoire de prothèse qui transmet les données de cette planification sur le logiciel de CAO. Ainsi, la position du futur implant est modélisée sur le logiciel. A partir de ces données, le prothésiste va concevoir **virtuellement** la prothèse transitoire. Ce fichier va être transféré vers une usineuse de laboratoire qui procédera à la fabrication de la couronne transitoire. La couronne usinée sera collée, au laboratoire, sur un pilier en titane type TiBase® correspondant à l'implant posé. Les étapes de collage de l'embase à la provisoire sont similaires à celles décrites précédemment. Après un polissage minutieux, la prothèse est envoyée au cabinet avant la pose de l'implant pour une mise en place immédiate à la fin de la chirurgie.

L'**ajustage** de la provisoire en bouche peut être légèrement différent par rapport à la planification, notamment au niveau des contacts occlusaux. Cela est expliqué par de possibles inexactitudes entre la situation planifiée et la situation réelle obtenue. La précision de la chirurgie guidée est bien documentée et permet de constater des écarts pouvant aller jusqu'à 1,12 mm au niveau du point d'entrée (avec un maximum de 4,5 mm) et 1,39 mm au niveau de l'apex de l'implant (avec un maximum de 7,1 mm) (Tahmaseb et coll., 2014). Si un problème d'ajustage est constaté en clinique, le point de contact peut être repris pour un meilleur soutien des papilles interdentaires. A cet égard, un protocole *chairside* basé sur une empreinte optique réalisée le jour de la pose de l'implant s'avère plus précis. La CFAO directe est « l'outil idéal ».



Figure 53 : absence du point de contact mésial (source : Popelut et Finelle., 2017)

Dans ce cas, lors de la chirurgie, la position finale de l'implant doit être optimisée en faisant correspondre les repères du porte-implant et du guide chirurgical.

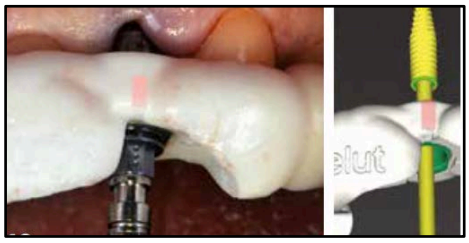


Figure 54 : mise en place de l'implant guidé suivant les repères du guide chirurgical (source : Popelut et Finelle, 2017)

Le **manque de prédictibilité** de cette méthode par rapport à la position implantaire, à la gestion des tissus mous, des points de contact et de l'occlusion, fait apparaître cette solution comme **la moins idéale** (les réglages peuvent être fastidieux en clinique). Néanmoins, cette méthode présente l'avantage d'une mise en esthétique immédiate rapide.

- Conception de la prothèse transitoire après la pose de l'implant

La conception de la provisoire peut également être réalisée au laboratoire de prothèse **après la pose de l'implant**. La prise d'empreinte implantaire numérique va être effectuée comme décrite précédemment à l'aide de transfert numérique d'implant *(Scanpost*). Le fichier au format STL de l'empreinte optique va être transféré au laboratoire de prothèse ainsi que le projet prothétique initial.
Le laboratoire va pouvoir transposer le projet prothétique sur les nouvelles données acquises grâce au logiciel de CAO. Puis, adapter le projet initial sur la position de l'implant et peaufiner le design de la prothèse transitoire comme avec la méthode de CFAO directe, tout en faisant attention à ce qu'il n'y ait aucun contact occlusal.

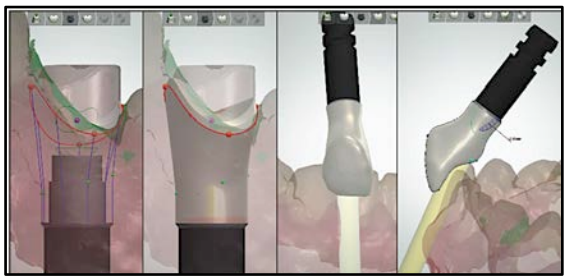


Figure 55 : modélisation au laboratoire de la couronne transitoire (source : Cannas et coll., 2014)

Une **validation** par le praticien avant usinage peut être demandée par le prothésiste sur le support informatique. Après validation, l'usinage de la provisoire peut débuter.
Le collage de l'embase et de la couronne usinée est effectué au laboratoire selon le même protocole que décrit précédemment.
La prothèse transitoire sera ensuite envoyée au cabinet dentaire dans la journée, le praticien pourra donc la mettre en bouche le jour de la chirurgie.

L'avantage de concevoir la prothèse transitoire après la pose implantaire est qu'il y a **moins d'imprécision** et de **réajustage**.
Cette méthode au laboratoire présente l'inconvénient d'un délai plus long par rapport au *chairside*.

2.1.3. Couronne transitoire usinée scellée provisoirement sur un pilier implantaire anatomique conçu par CFAO vissé définitivement

- Généralités sur le pilier implantaire anatomique

L'anatomie dentaire au niveau du col gingival n'est pas ronde. Les piliers implantaires standards ainsi que les vis de cicatrisation standardisées ne sont donc pas adaptés car ils ont une section circulaire.

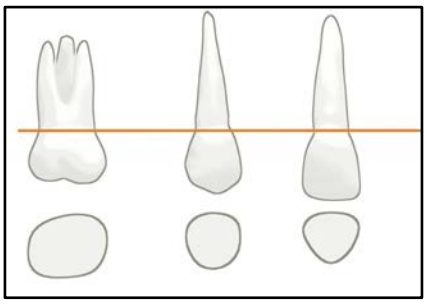


Figure 56 : mise en évidence de la géométrie de l'anatomie dentaire au niveau gingival (source : Daas et coll., 2015)

Les travaux de Matt Anderson dans les années 1990 ont abouti à la réalisation de pilier anatomique sur mesure issu du scannage d'une maquette en cire (Lachkar T, 2015). Depuis, les procédés ont évolué.

Le **pilier anatomique** conçu par CFAO est composé de deux parties : la partie coronaire et la partie transmuqueuse. Ces parties présentent des avantages différents.

La **partie coronaire** du pilier anatomique est réalisée en partant de la forme de la couronne d'usage pour garantir une homothétie de réduction parfaite et donc un soutien optimal des matériaux. Cela est garant de la résistance de l'ensemble prothétique.

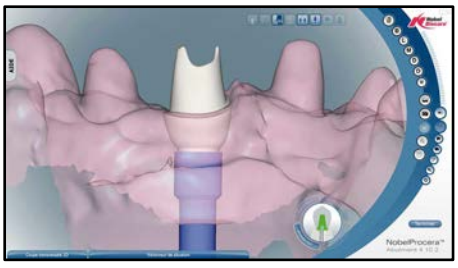
La **partie transmuqueuse** du pilier anatomique assure un profil d'émergence amélioré et un soutien des tissus mous péri-implantaires plus proche d'une dent naturelle.

Le pilier anatomique est dessiné et usiné spécifiquement pour chaque cas



Figure 57 : section d'une couronne sur un pilier anatomique : réduction homothétique de la restauration et soutien homogène des épaisseurs de matériau (source : Daas et coll., 2015)

Lors du design du pilier sur le logiciel de CAO, la limite cervicale est placée en fonction des exigences esthétiques. Il est possible de voir les zones de pression sur la gencive, qui sont matérialisées par la couleur rouge dans cet exemple, afin d'apporter les modifications nécessaires.



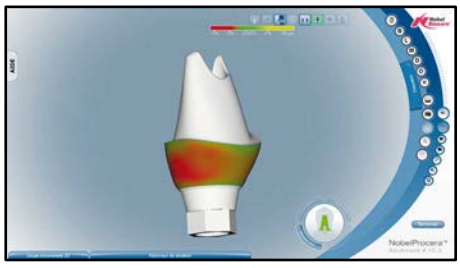


Figure 58 : design du pilier anatomique (source : Daas et coll., 2015)

Figure 59 : zone rouge matérialisant les zones de compression de la muqueuse péri-implantaire (source : Daas et coll., 2015)

Le profil d'émergence des piliers en vestibulaire doit être légèrement **en sous contour** de 0,5 à 1 mm (création de zone concave) pour que les tissus mous péri-implantaires soient soutenus efficacement sans une tension trop importante (Daas et coll., 2015). La limite cervicale et la forme de contour transgingivale du pilier sont optimisées pour un soutien parfait de la muqueuse péri-implantaire. Un soutien excessif peut entrainer des récessions, alors qu'un soutient insuffisant peut donner un aspect des tissus plat et inesthétique.

La réalisation d'un pilier personnalisé sera encore **améliorée** lors de la gestion préalable des tissus mous péri-implantaires par la réalisation d'une prothèse transitoire immédiate ou d'un pilier SSA.

Le pilier implantaire peut être mis en place définitivement après la chirurgie et devenir le pilier implantaire final. C'est le concept « ***One Abutment-One Time*** » (Bruneau L, 2009). Ce concept permet une simplification des protocoles implantaires, tout en diminuant le nombre d'intervention sur l'implant. Les inconvénients d'un vissage/dévissage répété des éléments supra-implantaires ont été cités précédemment. Il est donc préférable, lorsque cela est possible, de mettre en place immédiatement le pilier prothétique dans un objectif de **minimiser la perte osseuse** et de ne pas créer de problème au niveau de la **connectique implant/pilier**.
Cependant, si un changement au niveau des tissus mous au cours de la cicatrisation est constaté, un nouveau pilier peut être conçu, adapté à la nouvelle situation.

Les critères à respecter pour la réalisation de ce concept sont (George et Scott., 2014) :

- Une épaisseur d'os crestal supérieure ou égale à 2 mm
- Une épaisseur des tissus mous péri-implantaires supérieure à 1 mm
- Une épaisseur de gencive attachée supérieure à 2 mm
- Un torque supérieur à 35 N/cm (stabilité primaire)
- Micromouvements applicables de 30 à 150 micromètres pour chaque couple implant/pilier.

Il est important de contrôler la **charge occlusale** sur l'implant car les forces à répétitions peuvent induire une usure des matériaux et amener une **fatigue** inévitable pouvant conduire à terme à la rupture de la connexion pilier/implant (fracture de la vis). Il est donc nécessaire, pour pouvoir appliquer ce concept, d'étudier le cas avec précision, et le réaliser dans un environnement le plus idéal possible.

Si la charge occlusale sur l'implant dépasse la limite autorisée, il peut y avoir une propagation du **stress mécanique** au sein du parodonte. Ce qui peut conduire à une lyse osseuse non harmonieuse avec une modification de l'architecture des tissus mous. Dans ce cas, il sera nécessaire à la fin de l'ostéintégration de déposer le pilier et d'en concevoir un adapté aux nouvelles limites.

La problématique du couple de **serrage définitif** du pilier sur l'implant non ostéointégré peut être posée. Il faut savoir que la géométrie de raccordement de la plupart des connexions implant-pilier permet un **ajustement passif**, facilitant ainsi le vissage et dévissage du pilier. Cependant, avant de dévisser il est préférable d'attendre que l'implant soit complètement ostéointégré.

- Choix du matériau du pilier implantaire

Le **titane** était considéré en implantologie dentaire comme le matériau de choix pour la réalisation de pilier implantaire. Cependant, un liséré grisâtre inesthétique peut apparaître, en particulier sur les parodontes fins. Dans cette problématique, certaines situations cliniques à haute exigence esthétique ont conduit les industriels à se tourner de plus en plus vers le titane nitruré, la **zircone** et les piliers implantaires individualisés en céramique renforcée en disilicate de lithium (**e.max).**

- Titane

Le titane est le matériau implantaire avec le plus de **recul clinique**. C'est le seul matériau **biocompatible** (ostéointégration). Il possède de très bonnes propriétés mécaniques. De plus, il favorise la cicatrisation des tissus mous et est résistant à la corrosion.

C'est un métal réactif à l'oxygène, c'est à dire que par simple contact avec l'air libre, il se forme à sa surface un film protecteur appelé couche de passivation.

Il conserve néanmoins certains inconvénients. Le plus gros inconvénient est la formation d'une couche d'oxydation sur la partie transmuqueuse, qui à long terme crée des **récessions** (Fenner et coll., 2016). De plus, sa couleur inesthétique est un frein lors d'une réhabilitation en secteur esthétique.
C'est un matériau usinable par CFAO.

- Zircone

Les avancées des technologies dans l'usinage par CFAO ont permis d'usiner la zircone pour la réalisation de pilier implantaire. C'est une céramique polycristalline qui ne contient pas de phase vitreuse.
L'utilisation de la zircone en CFAO est rendue possible grâce à une modification de sa structure par **l'ajout d'Yttrium**.

La zircone Y TZP (Yttrium Tetragonale Zircone Polycristalline) est disponible sous trois types de blocs pour l'usinage en CFAO :

- les blocs de zircone crue
- les blocs pré-frittés
- les blocs en zircone HIP (*Hot Isostatic Pressing*)

Les blocs de **zircone crue ou pré-frittée** usinés doivent subir une transformation pour obtenir leur résistance mécanique. Ce procédé s'intitule la **sintérisation** ou encore le **frittage**. C'est un traitement thermique qui permet d'éliminer les porosités et de condenser fortement les particules contenues dans le matériau ce qui permet une amélioration de ses propriétés (Pélissier B, 2015).
Lors de cette étape, une **contraction** du matériau se produit (en général autour de 20%) (Pélissier B, 2015). C'est pourquoi, les pièces prothétiques doivent être usinées **surdimensionnées** afin de compenser le retrait obtenu lors du frittage. Cette modification est connue par chaque fabricant donc tous les blocs et disques de matériau sont fournis avec un coefficient de contraction. Ces données sont renseignées sur le logiciel de CAO qui transmet les informations à la machine outils lors de l'usinage de la pièce prothétique. Le calcul du surdimensionnement est lié à un **code barre** présent sur chaque bloc de zircone pré-fritté.

Les blocs de **zircone HIP** nécessitent une fabrication spécifique. Elles sont réduites en poudre avant d'être compactée à chaud sous pression (Pélissier B, 2015). Les blocs ne sont pas poreux, possède une densité pratiquement à 100% et ont une dureté importante. Ces blocs permettent un usinage sans avoir recourt à un surdimensionnement et donc directement à la forme définitive, sans frittage. Cependant, ils nécessitent des machines très performantes et des **centres d'usinage sophistiqués**. L'usinage est plus long (entre 45 et 60 minutes). L'usinage de ces blocs est peu répandu, et est exclusivement **réservé au laboratoire** de prothèse.

La zircone possède d'excellentes **propriétés mécaniques** et une **biocompatibilité** supérieure au titane (diminution de la prolifération bactérienne, absence de corrosion). Les résultats esthétiques sont satisfaisants, mais c'est un matériau très exigent et difficile à usiner en CFAO directe.

- Céramique renforcée au disilicate de lithium

Les blocs de matériaux ont une teinte bleue violacée (IPS e.max® CAD, Ivoclar Vivadent). Cette couleur correspond à un état « précristallisé » du bloc qui est plus favorable à l'usinage. Cependant, après usinage, un traitement thermique est nécessaire (20-25 minutes jusqu'à 850°C) et permet de passer d'une structure précristallisée à une structure cristallisée apportant une modification de la teinte du matériau (Fron Chabouis et coll., 2016). Ces céramiques sont indiquées pour des piliers individualisés, des restaurations unitaires ou des bridges de trois éléments hors secteur molaire. Elles présentent une résistance à la flexion d'environ **400 MPa**.

- Réalisation d'un pilier implantaire définitif en zircone et la couronne transitoire au cabinet dentaire (CFAO directe)

Il est possible de réaliser en CFAO directe et en une seule étape au cabinet, un pilier implantaire en **oxyde de zirconium** avec sa couronne transitoire.
Néanmoins, l'usinage de la zircone requiert un équipement élaboré avec des machines performantes ainsi qu'un savoir faire du praticien.

C’est pourquoi, cet usinage était auparavant plutôt réservé à des cabinets qui possédaient des laboratoires internalisés où cette technique était directement déléguée au prothésiste. Avec les avancées technologiques, il est aujourd’hui possible de réaliser cet usinage au cabinet dentaire. Cependant, cela reste encore peu répandu et très difficile à mettre en œuvre en CFAO directe.
Le pilier implantaire est composé d’une **mésostructure usinée** en zircone assemblée à une **embase en titane** sur lequel la couronne de transition va être scellée provisoirement (exemple : GC FuJi Temp).
Le **système CEREC** (Dentsply-Sirona) permet d’usiner des blocs de zircone au cabinet (machine outils MCXL, four de sintérisation Speed Fire).

- L’empreinte numérique et conception du pilier et de la couronne

Après réalisation de l’empreinte optique implantaire et détermination de la position implantaire, le logiciel de CAO va concevoir la mésostructure à partir de la forme de la couronne définie initialement par le projet prothétique. Cela est important pour un aménagement homothétique des épaisseurs du matériau de restauration.

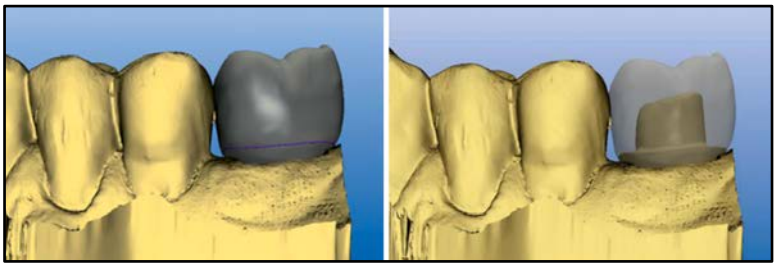


Figure 60 : conception de la couronne et du pilier implantaire (source : Mahl et coll., 2014)

Le logiciel de CAO permet une mise en forme **simple et rapide** du design du pilier. Ce dernier doit être concave et filiforme dans la partie sous-muqueuse afin de laisser plus de place aux tissus mous (Sleiter et coll., 2011). Grâce aux fonctions du logiciel de CAO, un pré-enregistrement des données sur les épaisseurs minimales du matériau à respecter selon les recommandations du fabricant et les données cliniques est possible. Le bloc de zircone peut également être directement scanné car il possède un code barre avec toutes les informations nécessaires.

La conception de la mésostructure et de la couronne transitoire se fait en même temps. Le bloc de zircone utilisé pour l'usinage de la mésostructure est pré-percé, en revanche pour la couronne transitoire, le bloc ne sera pas pré-percé car il ne va pas directement accueillir l'embase en titane.



Figure 61 : blocs de zircone pré percés (Sirona Dental Systems, 2016)

- Usinage et sintérisation de la zircone

Les données sont ensuite envoyées à l'usineuse du cabinet afin d'usiner la mésostructure en zircone et la couronne transitoire.
L'usineuse MCXL permet un fraisage à sec du bloc de zircone, elle est composée d'un dispositif d'aspiration des résidus issus du fraisage.

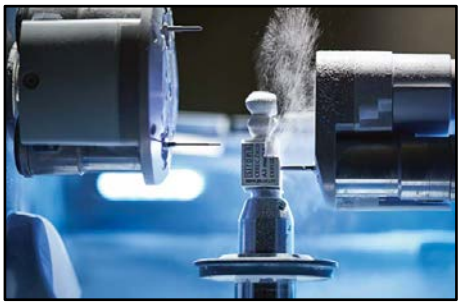


Figure 62 : usineuse MCXL ; usinage à sec de la zircone (source : Casas, 2017)

Après usinage, le frittage de la pièce usinée est réalisé dans le **four de sintérisation** Cerec SpeedFire en moins de 30 minutes (environ 24 minutes avec ce type de four).



Figure 63 : four de sintérisation Dentsply Sirona SpeedFire (source : Casas, 2017)

- Collage de la mésostrusture et l'embase en titane

L'étape suivante consiste à coller la mésostructure en zircone à l'embase en titane.

La préparation des surfaces de collage de l'embase va suivre le même protocole qui a été décrit précédemment.

La zircone ne possède **pas de phase vitreuse**, le mordançage à l'acide fluorhydrique sera donc inefficace. Pour créer une microrétention de surface, il faut un **sablage doux** à l'alumine (50 microns) enrobée de silice sous une pression maximale de 1bar de la pièce en zircone (traitement tribochimique). L'application d'un **silane** est conseillée. Cependant, cette étape peut être évitée en utilisant directement un composite de collage avec un potentiel adhésif à groupement phosphate (exemple : Kuraray Panavia 21, Panavia F 2.0) (Mahl et coll., 2014). L'intérêt d'utiliser un composite de collage contenant un monomère phosphate réside dans le fait que les monomères d'ester phosphate peuvent entrer en interaction avec les groupes hydroxydes de la zircone, ce qui donne de meilleurs résultats au niveau de l'adhésion (Grégoire et coll., 2017). Le composite de collage Multilink sans potentiel adhésif s'avère très performant pour le collage de la zircone dans les conditions décrites.

Le composite de collage est appliqué sur les surfaces de liaison de l'embase et de la mésostrusture, puis les deux éléments sont assemblés en veillant à respecter le marquage. Après retrait rapide des excès, les deux pièces sont maintenues en pression pendant le durcissement de la colle. Par la suite, le polissage est réalisé avec des cupules en caoutchouc.

L'association des deux pièces permet d'obtenir un **joint très précis** limitant ainsi l'adhésion bactérienne.

Le pilier implantaire ainsi obtenu est vissé sur l'implant au torque recommandé définitif.

La couronne transitoire usinée dans un bloc de matériau adapté est scellée **provisoirement** sur le pilier après avoir protégé le puits de vis de ce dernier. Le scellement provisoire de la prothèse de transition peut être réalisé avec des ciments type provisoire comme le TempBond®, qui est radio-opaque et soluble, en veillant à éliminer tous les excès de ciment.

Si les excès de ciment ne sont pas correctement éliminés, une réaction inflammatoire peut se produire, pouvant conduire à une perte osseuse au niveau du col implantaire. Cliniquement cela se traduit par une péri-implantite. Pour palier ce problème, des limites supra-gingivales du pilier implantaire en postérieur peuvent permettre de maitriser les excès de ciment.



Figures 64 : 64a : pilier individualisé et couronne transitoire usinée ; 64b : pilier en zircone vissé en bouche, les limites supra-gingivales en postérieur permettent de maitriser les excès de ciment ; 64c : résultat clinique final après scellement de la couronne transitoire (source : Mahl et coll., 2014)

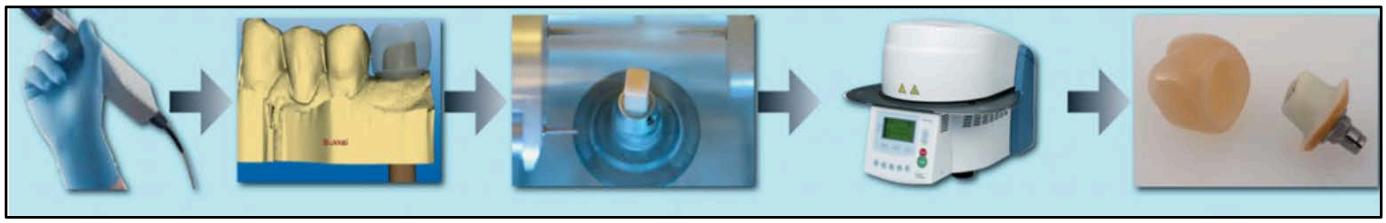


Figure 65 : flux de production du pilier implantaire en zircone et de la couronne transitoire : empreinte optique, design de la couronne et du pilier, usinage, sintérisation de la zircone, pilier individualisé et couronne transitoire (source : Mahl et coll., 2014).

Le pilier individualisé en zircone est difficile à concevoir en CFAO directe même si les fabricants mettent au point des machines de plus en plus performantes.
Une autre façon de réaliser ce pilier individualisé en CFAO directe existe. Elle consiste à usiner la mésostructure dans un **bloc de céramique renforcée en disilicate de lithium**.

- Réalisation d'un pilier implantaire définitif en céramique renforcée au disilicate de lithium et la couronne transitoire au cabinet dentaire (CFAO directe)

Compte tenu de la difficulté de la zircone à être usinée en CFAO directe, il est possible de réaliser au cabinet dentaire un pilier implantaire définitif en utilisant une **embase en titane** et une **mésostructure en vitrocéramique à base de disilicate de lithium** (IPS e.max® CAD, Ivoclar Vivadent). Ce matériau est plus facilement usinable en CFAO directe et possède d'excellentes qualités esthétiques. Il possède une gamme très complète de translucidité et de nuance (il sera décrit ultérieurement).
Les étapes de prise d'empreinte numérique et de conception étant réalisées, la mésostructure ainsi que la couronne transitoire (en PMMA) sont usinées. La mésostructure nécessite une étape de cuisson avant de pouvoir être collée sur l'embase en titane.

Les **étapes de collage** de la TiBase à la mésostructure en céramique ressemblent à ce qui a été décrit précédemment. Le traitement de surface de l'embase en titane reste identique. Cependant, la préparation des surfaces de collage de la céramique diffère.
La céramique renforcée au disilicate de lithium est mordancée à **l'acide fluorhydrique** pendant 20 secondes puis rincée pendant 1 minute avant d'être trempée pendant 3 minutes dans un bac à ultrasons et enfin séchée (Fron Chabouis et coll., 2016). Il n'y aura pas de sablage à l'oxyde d'alumine car cela peut engendrer des microfêlures au sein du matériau. L'application d'un agent de couplage (**silane**) (Monobond® Plus) va permettre l'activation chimique.

Pour favoriser la liaison à la céramique, le silane est séché idéalement à 100°C pendant 2 minutes sinon par simple évaporation (Fron Chabouis et coll., 2016).

Une **autre solution simplifiée** existe : l'application de Monobond Etch et Prime qui est un primer automordançant qui permet un mordançage et une silanisation de l'intrados en une seule étape. Cependant, il n'existe aucune étude indépendante publiée concernant ce produit. Il est donc encore trop tôt pour faire confiance à cette solution.

Puis, le composite de collage autopolymérisant à potentiel adhésif (Multilink® Hybrid Abutment) va être appliquée sur le titane et la mésostructure. Ces deux éléments vont être maintenus à l'aide d'une pince à ressort pendant toute la durée de la polymérisation (environ 7 minutes). Pour finir, un polissage à l'aide de disque en silicone à granulométrie décroissante va être réalisé (Drogou H, 2017).

Un contrôle visuel avec des aides optiques permet de vérifier l'obtention d'un joint de colle quasiment invisible.

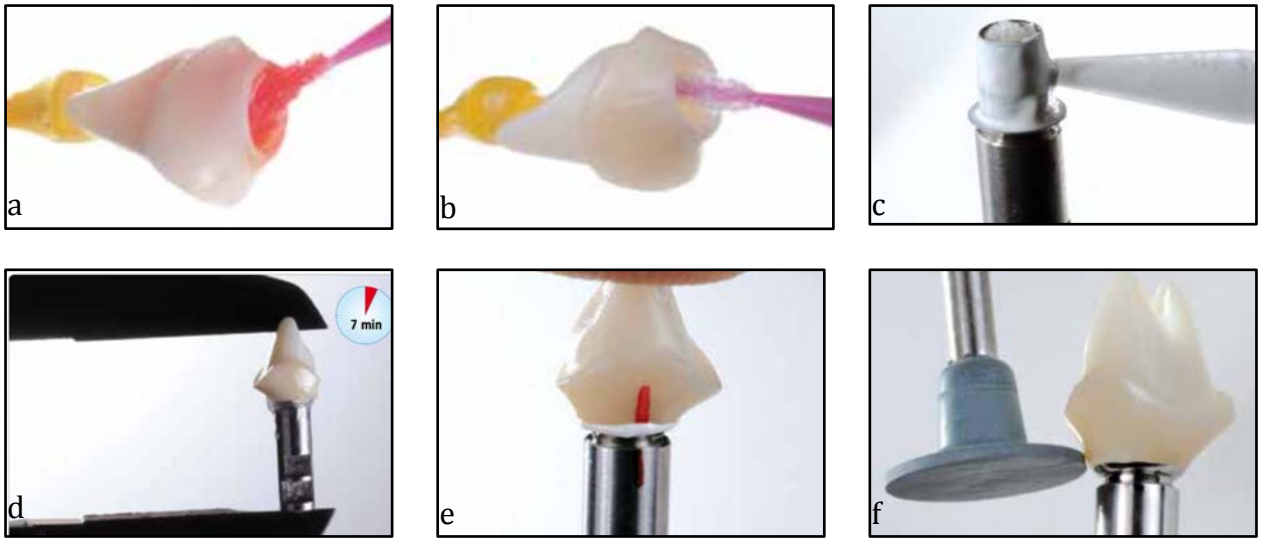


Figure 66 : les étapes de collage de l'embase en titane et de la mésostructure en e.max : 66a : mordançage à l'acide fluorhydrique de la mésostructure ; 66b : application d'un silane ; 66c : application du composite de collage sur l'embase en titane ; 66d: assemblage de l'embase et la mésostructure ; 66e : maintien pendant la durée de la polymérisation à l'aide d'une pince à ressort ; 66f : polissage minutieux du joint de collage (source : Ivoclar Vivadent, IPS e.max® CAD Abutment Solutions, 2013)

D’après l’étude d’Elsayed et coll., en 2017, les piliers hybrides en disilicate de lithium présentent une durabilité et une résistance à la fracture **prometteuse** à long terme.
De plus, cette étude montre que l’utilisation d’embase en titane améliore la résistance des piliers en zircone.

La mésostructure implantaire individualisée par CFAO améliore le profil d’émergence et permet de positionner de manière optimale les bords marginaux de la couronne (Sleiter et coll., 2011). Pour des raisons biologiques et esthétiques, le matériau de choix sera soit **la céramique renforcée au disilicate de lithium** soit **la zircone** en fonction des indications. En revanche, pour des raisons mécaniques, le titane sera le matériau de choix, les céramiques ayant une résistance mécanique inférieure au titane.

- Pilier implantaire définitif et couronne transitoire réalisés au laboratoire de prothèse (CFAO semi-directe)

Le pilier implantaire définitif et la couronne transitoire sont réalisés **avant la chirurgie** au laboratoire avec les données de la planification et du projet prothétique afin de pouvoir les mettre en bouche le jour de la chirurgie.

Le fichier est transféré vers une usineuse de laboratoire qui procédera à la fabrication de la mésostructure et de la couronne transitoire. La **mésostructure** sera collée sur la **tiBase®** au laboratoire selon le procédé décrit précédemment. Puis, celui-ci sera vissé définitivement au torque définitif recommandé et la couronne transitoire scellée provisoirement sur ce dernier.

Il est possible également d’externaliser la conception du pilier implantaire. Par exemple, la société ATLANTIS^{TM} (Dentsply Implants) offre à tous les laboratoires de prothèse la possibilité d’usiner des **piliers personnalisés** pour la plupart des grands systèmes implantaires. Les piliers sont disponibles en titane, titane nitruré et 4 teintes de zircone.
Le travail est **externalisé**, soit par des sociétés indépendantes spécialisé dans l’usinage de pilier soit grâce aux principales marques d’implant qui souvent disposent de leur propre centre d’usinage.

Il suffit pour cela d'envoyer le fichier STL du projet prothétique et de la planification implantaire à ATALANTIS via l'interface ATLANTIS *WebOrder*.
Ce dernier va concevoir le pilier implantaire en fonction de la forme finale de la dent grâce au logiciel ATLANTIS VAD^{TM} (*Virtual Abutment Design*) (Rouach et Lamaison, 2014).

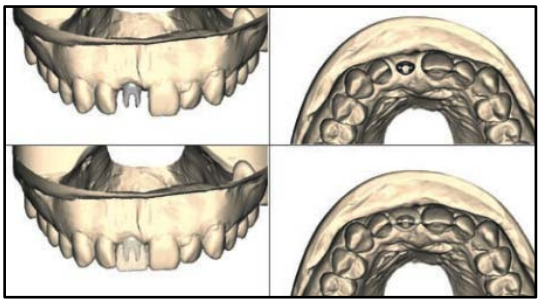


Figure 67 : conception du pilier par ATLANTIS (source : Rouach et Lamaison, 2014)

ATLANTIS^{TM} fournit le fichier numérique STL au laboratoire de prothèse où le pilier est conçu. Le prothésiste implante ce fichier dans le logiciel de CAO afin de réaliser, la conception virtuelle de la provisoire. Pour cela, il peut importer le projet prothétique initial sur le logiciel et créer la couronne transitoire en fonction de ces éléments. Une fois la couronne dessinée, elle va être usinée dans un bloc de PMMA.



Figures 68 : 68a : pilier ATLANTIS^{TM} en titane vissé définitivement en bouche ; 68b : mise en place de la couronne transitoire scellée provisoirement (source : Rouach et lamaison, 2014)

Le pilier ATLANTIS^{TM} est vissé de manière définitive au torque recommandé à l'aide d'une clé dynamométrique après la chirurgie afin de limiter les manipulations au niveau des tissus mous, d'après le concept *One Abutment One Time*.
Le laboratoire va donc être en mesure de livrer de façon rapide : le **pilier définitif sur mesure** et une **couronne transitoire** avant l'acte chirurgical.

Dans ce cas, le positionnement de l'implant doit être **identique** à celui planifié. Cependant, il a été vu dans la partie 2.1.2. qu'il y avait une légère variation entre implant planifié et posé. C'est pourquoi, cette méthode **n'est pas à privilégier** du fait de son manque de précision. Il faut également pour un vissage définitif du pilier, que l'implant présente une stabilité primaire compatible avec une mise en esthétique immédiate.

2.2. Le pilier de cicatrisation anatomique : pilier SSA

Le pilier de cicatrisation anatomique ou **pilier SSA** (*Socket Sealing Abutment*) permet une **fermeture primaire** du site d'extraction aux dimensions de l'alvéole, lors d'une extraction implantation immédiate (Popelut et Finelle, 2017). Il peut être conçu au fauteuil avec la CFAO directe ou au laboratoire de prothèse avant ou après la chirurgie (CFAO semi-directe).

C'est une forme de temporisation immédiate développée par *G. Finelle*, qui assure une **protection** du site implantaire, un **aménagement** des tissus mous péri-implantaire et une **conservation** du profil d'émergence sans passer par la mise en esthétique immédiate de l'implant (Popelut et Finelle, 2017).

Ce pilier sera utilisé essentiellement en postérieur, car il permet de soutenir les tissus mous tout en évitant une mise en esthétique immédiate. Le matériau généralement utilisé est un bloc de **PMMA** (polyméthacrylate de méthyle).

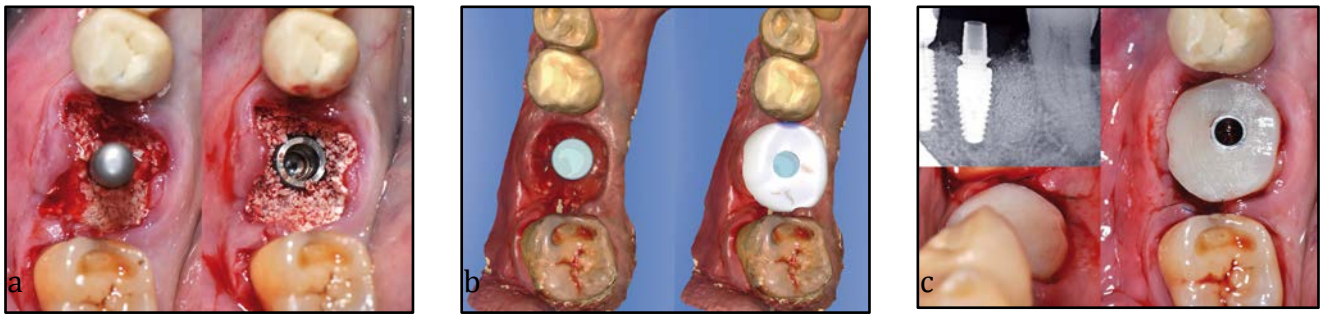


Figure 69 : le pilier SSA est composé : d'une embase en titane (Variobas, Straumann), d'une vis et de pièce usinée (source : Popelut et Finelle., 2017)

2.2.1. Au cabinet dentaire (CFAO directe)

En fin de chirurgie, un **transfert d'implant boule** est mis en place. Ce dernier est facilement reconnaissable par le logiciel de CAO. Une première empreinte optique du **masque gingival** est réalisée, puis secondairement une empreinte avec un **système de transfert d'empreinte** sur l'implant complète les données initiales. La superposition des deux empreintes permet de transférer de façon fiable le profil d'émergence (Popelut et Finelle., 2017). L'empreinte initiale de la dent à extraire peut être utile et définir le projet prothétique.

La modélisation du pilier SSA est réalisée au fauteuil sur un logiciel de CAO puis exportée vers l'usineuse du cabinet dentaire. La pièce est usinée puis assemblée à un pilier de type tiBase à l'aide d'une colle. Le protocole de collage décrit précédemment s'applique de façon identique à ce cas.



Figures 70 : 70a : pose de l'implant comme planifié, comblement osseux et mise en place d'un transfert d'empreinte boule ; 70b : empreinte numérique : reconnaissance du transfert boule par le logiciel de conception et conception du pilier SSA ; 70c : mise en bouche du pilier SSA et radiographie de contrôle (source : Popelut et Finelle., 2017)

Le pilier est ensuite vissé au torque recommandé non définitif sur l'implant. Il fait office de **barrière mécanique** entre le site chirurgical et la cavité orale durant toute la phase d'ostéointégration. Mais également, il permet de maintenir le matériau de comblement en place de manière efficace sans avoir recourt à une membrane. Le puits de vis est obturé avec du Teflon® et un composite photopolymérisable.

Le pilier SSA peut également être réalisé au laboratoire de prothèse par le prothésiste. Mais l'intérêt est moindre car il faut retenir les tissus mous très rapidement en bouche.

2.2.2. Au laboratoire de prothèse (CFAO semi-directe)

L'empreinte optique de la position implantaire est transférée au laboratoire. Le prothésiste va concevoir virtuellement le pilier de cicatrisation personnalisé de fermeture d'alvéole sur le logiciel de CAO et envoyer les données vers l'usineuse afin de concevoir la pièce prothétique (Popelut et Finelle., 2017).
Le collage de l'embase et de la conception en résine se fait au laboratoire, toujours selon le même principe. Le pilier est ensuite envoyé au cabinet pour une pose juste après la chirurgie. Un délai court devra être observé comme nous l'avons dit.



Figures 71 : conception virtuelle du pilier SSA au laboratoire : 71a : tracé de la ligne cervicale ; 71b : vue occlusale du pilier ; 71c : travail du profil d'émergence (source : Popelut et Finelle., 2017)

Nous avons du **recul** sur l'extraction/implantation/mise en esthétique immédiate, et bien que cette technique soit relativement pérenne, elle ne paraît pas indispensable dans bien des cas en secteur postérieur. Le pilier anatomique de cicatrisation est une **parfaite alternative** pour la gestion et la conformation des tissus mous pendant leur maturation sans passer par un protocole de prothèse transitoire immédiate.

2.3. Synthèse des intérêts de la CFAO dans la phase de temporisation immédiate

Les objectifs de la prothèse transitoire sont le **modelage des tissus mous** péri-implantaires, le **maintien de la gencive cervicale** dans la position anatomique, **l'obtention d'une émergence naturelle** ainsi que le **maintien des papilles** et le **volume vestibulaire à court et moyen terme** (Tran et coll., 2015).

Les intérêts de cette technique résident dans le rétablissement esthétique, l'acceptation plus facile de la solution implantaire par le patient et le confort qu'elle procure tout en diminuant le temps global du traitement.

L'**occlusion**, quant à elle, est ajustée pour qu'il n'y ait aucun contact en occlusion et lors des mouvements de latéralité et de diduction.

La mise en esthétique immédiate devient le traitement de référence dans les zones esthétiques.

L'intérêt de la prise d'empreinte optique est qu'il n'y a pas de matériaux à empreinte qui vient souiller le site opératoire. De plus, aucune force n'est exercée sur implant lors de la prise d'empreinte (ce qui peut être le cas lors de la désinsertion de l'empreinte conventionnelle). La mise en esthétique conventionnelle implique une prise d'empreinte de la position implantaire, avec mise en contact de matériaux d'empreinte sur la zone opérée. Cette méthode implique des contraintes de transport et de livraison en plus des contraintes biologiques.

L'usinage permet l'obtention d'une provisoire résine monobloc avec une surface **polie** et **lisse**. Il n'y a pas de relargage de résine après la pose, ce qui favoriserait la cicatrisation des tissus péri-implantaires (Cannas et coll., 2014).

Le protocole numérique de temporisation immédiate par CFAO permet une **nouvelle approche thérapeutique** du patient, qui combine les avantages de la technique de mise en esthétique immédiate conventionnelle avec les apports du numérique.

La **CFAO directe** permet une rapidité et reproductibilité de la mise en esthétique immédiate et de la temporisation par vis de cicatrisation.

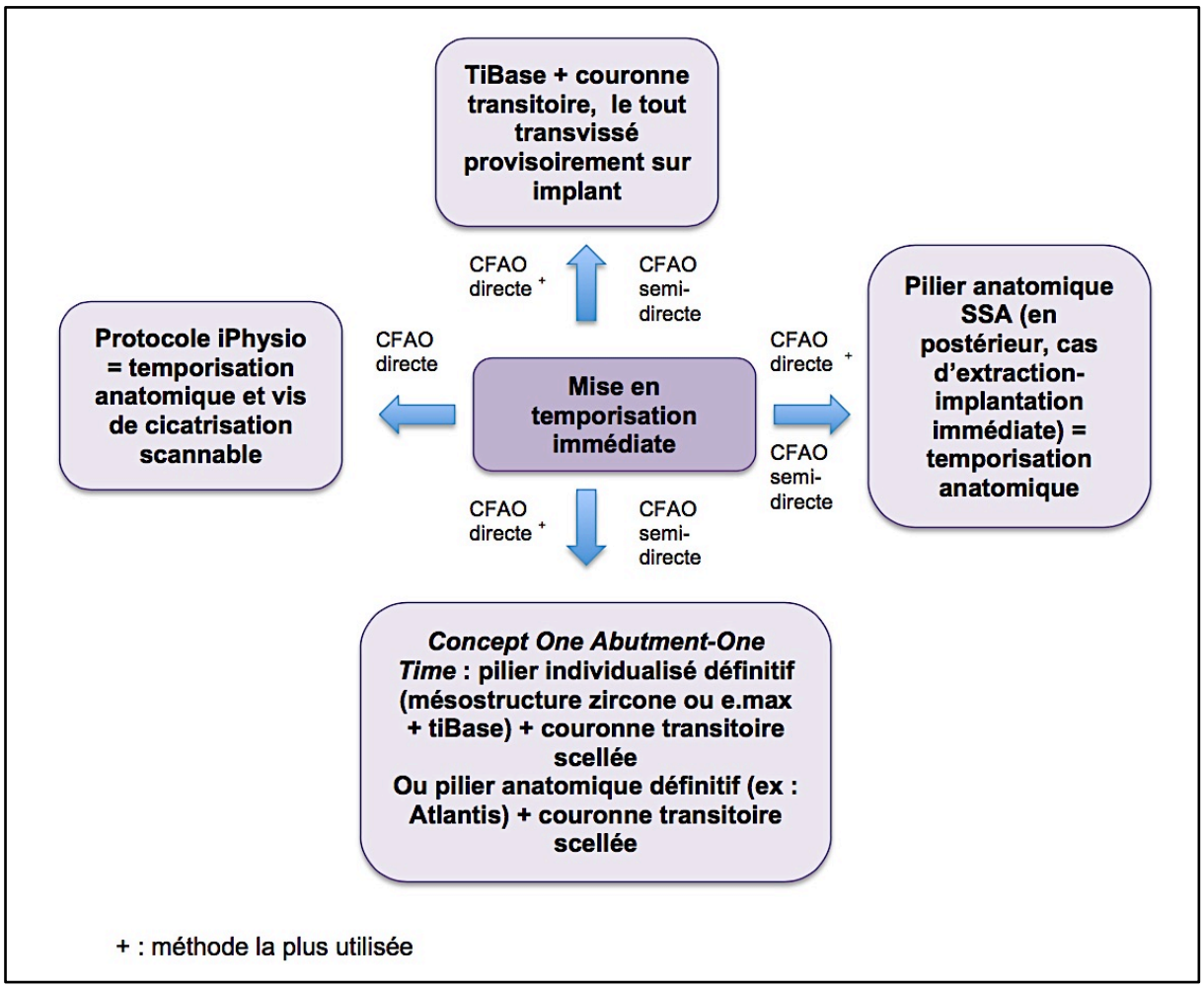


Figure 72 : Schéma récapitulatif des différentes techniques de temporisation

3. La prothèse d'usage supra-implantaire

3.1. Dépose de la restauration transitoire

Si une vis de cicatrisation standard avait été mise en place pendant la phase de cicatrisation, celle-ci est retirée et l'empreinte de la position implantaire est effectuée avec des **transferts numériques d'implant** comme décrit dans la partie précédente.

La forme de cette vis de cicatrisation a imposé un modelage des tissus mous péri-implantaires de façon circulaire qui est non conforme à la géométrie de l'anatomie dentaire initiale au niveau gingival. Cela va avoir pour conséquence lors de la pose de la restauration d'usage, une compression des tissus mous ainsi qu'un profil d'émergence non travaillé.

En revanche, dans le cas d'une mise en esthétique immédiate et de temporisation à l'aide de pilier de cicatrisation anatomique, la gencive péri-implantaire est modelée en fonction de la forme de la restauration transitoire ou de la forme du pilier de cicatrisation, qui a guidée la cicatrisation du site. On obtient de ce fait un **profil d'émergence optimal**.

Il est parfois possible de concevoir la prothèse d'usage en utilisant les mêmes données numériques que pour la couronne transitoire. De ce fait, le profil d'émergence de la couronne d'usage va correspondre au profil d'émergence de la couronne transitoire (Tran et coll., 2015). Cependant, dans certains cas, il faudra tout de même réaliser une empreinte optique du masque gingival.



Figure 73 : profil d'émergence optimal après dépose de la prothèse transitoire transvissée (embase en titane et couronne monobloc en PMMA) (source : Tran et coll., 2015)

Figure 74 : dépose du pilier SSA à long terme avec modelage des tissus mous. Dans ce cas, une empreinte du masque gingival sera nécessaire (source : Popelut et Finelle., 2017)

Les seules différences de la prothèse d'usage avec la prothèse temporaire vont être :

- L'**occlusion** de la prothèse d'usage : la prothèse va être en occlusion statique et dynamique. En revanche en antérieur, le réglage de l'occlusion en propulsion va être réalisé avec des contacts dynamiques très légers.
- Les **matériaux** utilisés pour la couronne supra-implantaire
- Le **vissage** au couple recommandé définitif (si changement du pilier, ce qui est souvent le cas)

- Les techniques de **collage**
- Les techniques de **maquillage** ou de **stratification**

Après l'enregistrement de la position implantaire et du profil d'émergence, tous les éléments sont réunis pour débuter la conception de la prothèse d'usage.
Celle-ci peut être réalisée au sein du cabinet dentaire (CFAO directe) ou au laboratoire de prothèse (CFAO semi-directe).

3.2. Les matériaux usinables disponibles pour la réalisation de la prothèse d'usage

Le **choix du matériau** doit être anticipé et décidé au début du cas. En effet, c'est un facteur déterminant pour le résultat esthétique final. Certains critères vont être décisifs comme le choix de la teinte, l'usinabilité et la résistance mécanique du matériau ainsi que la possibilité de réaliser un maquillage réaliste sur ce dernier. Mais également, la nature du pilier sous-jacent va être déterminante pour l'esthétique.

3.2.1. Les céramiques dentaires

Les céramiques dentaires sont composées de trois grandes familles : les céramiques **vitreuses**, les céramiques **infiltrées** et les céramiques **polycristallines**.

Lors de la réalisation d'une restauration tout céramique ou céramo-céramique par CFAO au cabinet dentaire ou au laboratoire, le choix du matériau se tournera plus naturellement vers une céramique **vitreuse** ou **polycristalline** car les céramiques infiltrées ont une utilisation compliquée.

- Les céramiques vitreuses

Les céramiques vitreuses sont composées de quatre classes :

- Les céramiques **feldspathiques** sont indiquées pour des petites restaurations unitaires. Les blocs à usiner peuvent être monochromatique ou polychromatique. Elles présentent une résistance à la flexion d'environ 150 MPa.

- Les céramiques **enrichies en leucite** sont indiquées pour des restaurations petites à moyennes. Elles peuvent se présenter sous forme monochrome ou polychrome. Elles présentent une résistance à la flexion d'environ 160 MPa.

- Les céramiques **enrichies en disilicate de lithium.** Elles présentent une résistance à la flexion d'environ 400 MPa.

- Les céramiques **enrichies en silicate de lithium et zircone** sont indiquées pour des restaurations unitaires. Ces céramiques ont encore peu de recul clinique. Elles présentent une résistance à la flexion d'environ 220 MPa.

Les **céramiques vitreuses** possèdent d'excellentes **propriétés optiques** ce qui nous pousse à les utiliser pour les secteurs esthétiques. De plus, les céramiques vitreuses sont plus faciles d'accès pour une utilisation au cabinet par CFAO directe car leur usinage est plus confortable. Cependant, elles ont des propriétés mécaniques inférieures aux céramiques polycristallines (Fron Chabouis et coll., 2016).

- Les céramiques polycristallines

Les céramiques **polycristallines** sont des matériaux usinables seulement par des procédés de CFAO.

L'**alumine pure** possède d'excellentes propriétés mécaniques (Pélissier B, 2015). Elle est uniquement composée de phase cristalline. En CFAO, des blocs d'alumine pré-frittés sont disponibles. Ces céramiques sont indiquées en cas de couronnes unitaires et petits bridges. Elle est peu à peu abandonnée au profit de la zircone.

La **zircone** pure ou oxyde de zirconium (ZRO_2) a déjà été décrite dans la partie précédente. Elle présente une résistance à la compression allant de 900 à 1500 MPa. Elle sera indiquée en cas de sollicitations mécaniques fortes. Les avancées technologiques offrent des zircones de plus en plus esthétiques et variées colorimétriquement.

L’augmentation des qualités mécaniques des céramiques a un effet sur leur rendu esthétique (Marniquet et coll., 2014). En effet, plus les matériaux seront **résistants mécaniquement**, plus ils seront **opaques**. A l’inverse, un matériau **translucide** aura des qualités mécaniques réduites. Les recherches se tournent donc de plus en plus vers des matériaux alliant **esthétique et résistance**

3.2.2. Les autres matériaux : matériaux hybrides

C’est une nouvelle famille de matériau. Elle est représentée par l’Enamic et l’Enamic II de Vita. Ce sont des **PICN** (*Polymer Infiltrated Ceramic Network*). Ils sont constitués d’une trame céramique (75%) renforcée par injection de résine. Ils s’usinent facilement et ont une résistance à la fatigue élevée. C’est pourquoi, il peut être envisagé de l’utiliser dans des situations cliniques nécessitant de faibles épaisseurs de matériau et sur des patients souffrant de bruxisme (Jacquot B, 2016).

Tableau 2 : les différents matériaux disponibles en CFAO pour les restaurations supra-implantaires (d'après : Nasr et coll., 2015)

Céramiques				Polycristallines		Hybrides	Provisoire PMMA
	Vitrocéramiques						
Feldspathiques	Enrichies en leucite	Enrichies en disilicate de lithium	Enrichies en silicate de lithium et zircone	Alumine	Zircone		
+ : recul clinique dégradé de teinte - : fragiles translucidité Mark II cerec blocs, Sirona Vivadent	Empress CAD, Ivoclar	+ : recul clinique (sutout e.max®) esthétique résistance mécanique gamme développée sur la translucidité, la luminosité et l'opalescence - : moins lumineuses E.max CAD, Ivoclar Vivadent Suprinity, Vita Celtra Duo, Dentsply		+ : propriétés mécaniques - : usinabilité fragile In Ceram Alumina, Vita	+ : propriétés mécaniques - : retrait du volume lors du frittage InCoris ZI, Sirona	+ : usinabilité résistance à l'usure - : recul clinique esthétique Enamic, Vita	+ : usinabilité retouche facile - : fragile Telio CAD, Ivoclar Vivadent
Indication : Prothèse d'usage		Indications : Prothèse d'usage Scellée/transvissée Mésostructure (pilier) Peu utilisé		Indication : Peu utilisé	Indications : Prothèse d'usage scellée et transvissée Mésostructure (pilier)	Indications : Prothèse transitoire Pilier SSA	Indications : Prothèse transitoire Pilier SSA

Ces matériaux sont usinables par CFAO et présentent de bonnes propriétés esthétiques et mécaniques (certains plus que d'autres).

3.3. La prothèse supra-implantaire d'usage transvissée

3.3.1. En méthode CFAO directe

- Couronne monolithique en céramique renforcée au disilicate de lithium (e.max) collée sur une embase titane transvissée sur implant

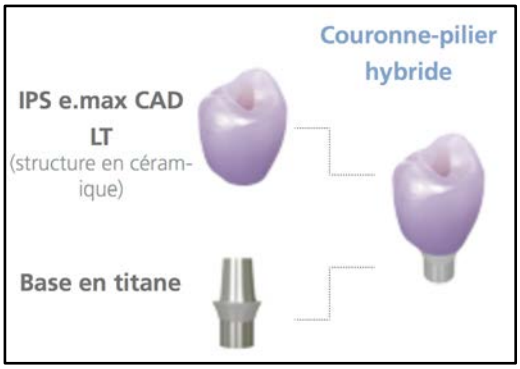


Figure 75 : couronne e.max collée sur une embase en titane (source : Ivoclar Vivadent, IPS e.max® CAD Abutment Solutions, 2013)

La prothèse supra-implantaire d'usage va être composée d'une **embase en titane** sur laquelle une **couronne** usinée en céramique va être collée. Ce protocole, similaire à celui décrit dans la partie mise en esthétique immédiate, va tout de même comporter quelques différences.

L'enregistrement de la position implantaire n'est pas nécessaire car il a été réalisé pour la conception de la prothèse transitoire. Les données numériques peuvent être réutilisées. Cependant, si une précision doit être apportée au niveau du masque gingival, une nouvelle empreinte numérique du site va permettre d'apporter les informations nécessaires. Cette empreinte va se superposer à la précédente.

Dans cet exemple, le matériau utilisé pour la restauration d'usage est une vitrocéramique à base de disilicate de lithium.

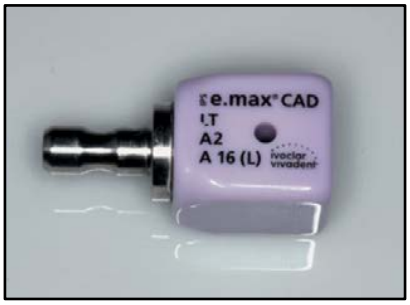


Figure 76 : bloc de matériau IPS e.max® CAD A2 LT pré-percé (source : Mahl et coll., 2014)

Les blocs IPS e.max® CAD sont disponibles avec deux diamètres d'orifices différents, nommés S ou L. Ce diamètre correspond à la largeur cervicale de la prothèse (3,75mm pour les blocs S et 4,5mm pour les blocs L) (Drogou, 2017).



Figure 77 : blocs S et L IPS e.max® CAD (source : Drogou, 2017)

Ensuite, la prothèse est conçue en utilisant les mêmes données que pour la prothèse transitoire. Si la forme de la prothèse transitoire est satisfaisante, aucune modification sur la forme ne va être apportée. Par contre, la prothèse d'usage va être conçue de façon à être en occlusion statique et dynamique.

Notons ici que l'occlusion est difficilement gérable en CFAO directe. Certains *work-flow* tendent à l'incorporer au sein de la chaine numérique (articulateurs virtuels, ModJaw…). Les **articulateurs virtuels** permettent d'analyser l'occlusion dynamique (Cordelette et Jordan-Comberieu, 2014). L'ensemble des paramètres de l'occlusion peuvent être mentionnés dans le logiciel de CAO permettant ainsi une analyse précise de l'occlusion en statique et en dynamique.



Figure 78 : articulateur virtuel Cerec listant les différents déterminants de l'occlusion à renseigner (source : Sirona, logiciel Cerec 4.3., 2017)

Un système complet d'analyse de l'occlusion statique et dynamique a été créé : le système **ModJaw**. Ce système est composé d'une caméra infrarouge reliée à un ordinateur intégré. Pour l'analyse, des réflecteurs sont placés sur le patient (au niveau du crâne et de la mandibule) afin de pouvoir enregistrer les mouvements masticatoires du patient, tout en se laissant guider par le logiciel.
Le partage des données se fait au format STL.



Figure 79 : le système ModJaw (source : ModJaw, 2017)

Après acquisition des données concernant la position implantaire, la conception de la couronne d'usage peut être réalisée au sein du logiciel de CAO.

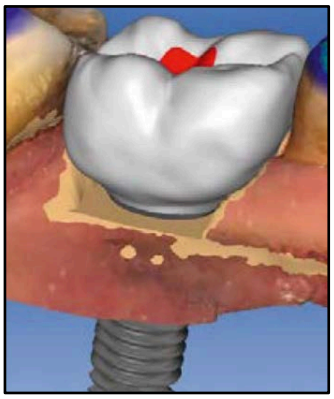


Figure 80 : conception de la prothèse d'usage sur le logiciel de CAO (source : Drogou, 2017)

Une fois que l'embase en titane a été essayée dans son bloc de matériau, l'étape d'usinage peut débuter. Les données sont envoyées à la machine-outil du cabinet qui usine le bloc de matériau.

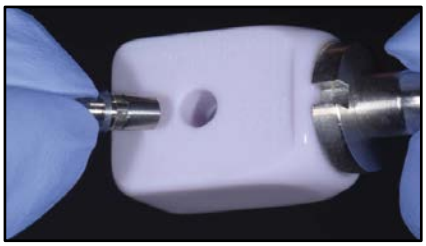


Figure 81 : l'embase en titane doit être essayé dans le bloc IPS e.max CAD choisi avant usinage (source : Drogou, 2017)



Figure 82 : E-max® usinée et embase en titane correspondante (source : Mahl et coll., 2014)

A la sortie de l'usinage, la pièce prothétique est séparée de son bloc grâce à la section de la tige de fixation. Cette dernière va pouvoir être cristallisée et maquillée avant d'être collée sur l'embase.

L'e.max® CAD existe uniquement sous forme de blocs **monochromatiques**, ce qui donne un résultat esthétique peu satisfaisant en antérieur. Cependant, il existe des blocs de différentes translucidités. Pour palier cette problématique, le **maquillage** et **glaçage** des céramiques permettent d'obtenir des résultats esthétiques satisfaisants en CFAO directe. La mise à jour de la caméra Omnicam permet aujourd'hui d'aider à la **prise de couleur**. Aussi, la caméra Trios 3Shape assure une acquisition polychromatique remarquable et donc une aide au choix et à la caractérisation des blocs. Des photos complémentaires peuvent s'avérer utiles.

Au cabinet, dans un souci de gain de temps, l'application des maquillants et de la glasure (pâte de glaçage) peut se faire en un seul temps et en une seule cuisson. Le maquillage de la céramique sera donc réalisé directement sur le bloc bleu violacé non cristallisé. Cela nécessite tout de même beaucoup d'expérience de la part du praticien car cela implique de maquiller des matériaux qui n'ont pas acquis leur teinte de masse définitive. Cependant, il est tout à fait possible de suivre le même protocole de maquillage en ayant réalisé au préalable une cuisson de cristallisation. Même si cela allonge le temps clinique, le maquillage se trouve facilité (Brousseaud et Levitte, 2015).

Les maquillants (*shades et stains*) permettent de caractériser les différentes surfaces dentaires (surface occlusale, zones cervicales, rebords incisaux, recréer une fêlure…). Les ***Shades*** sont des maquillants « dentine » à base de colorants de terre rare. Les ***Stains*** sont des maquillants fortement pigmentés à base d'oxydes métalliques opaques pour créer des effets ponctuels. (Brousseaud et Levitte, 2015).

La **glasure** est appliquée avant la mise en place des colorants, sur toute la surface de la couronne en quantité suffisante sans saturer la face occlusale. Elle permet d'obtenir une surface lisse et brillante. Elle a comme objectif de protéger les maquillants de l'usure mais également de renforcer la céramique par amélioration de son état de surface (Brousseaud et Levitte, 2015).
Il est important de ne pas en appliquer sur l'interface de collage avec l'embase en titane sous peine de créer un problème d'ajustement.
Les **maquillants** (shades et stains) sont ensuite appliqués sur la glasure non cuite de manière ciblée.

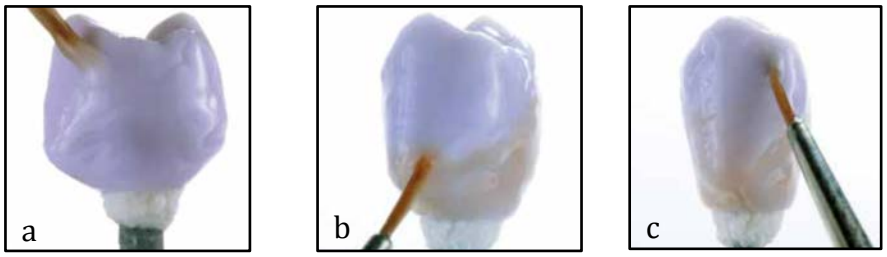


Figure 83 : maquillage de la céramique : 83a : application de la glasure à l'aide d'un pinceau (IPS e.max® CAD *Crystall./Glaze*) ; 83b : application de *shade* au niveau du collet ; 83c : application de *stain* blanc au niveau des cuspides (source : Ivoclar Vivadent. IPS e.max® CAD abutment solutions, 2013)

A la fin du maquillage, la couronne avec son support est placée au centre du four de cuisson à céramique (Programat P500, Ivoclar Vivadent). Le four est paramétré auparavant en fonction du type de matériau utilisé et en fonction des recommandations du fabricant.
A la fin de la cuisson, il faut laisser refroidir la couronne à température ambiante. Puis, retirer la couronne de son support et éliminer les résidus dans un bac à ultrasons ou au jet de vapeur.



Figure 84 : aspect final de la couronne après maquillage et glaçage (source : Ivoclar Vivadent. IPS e.max® CAD abutment solutions, 2013)

La pièce prothétique est essayée sur l'embase en titane afin de contrôler l'ajustage. L'étape suivante consiste à coller la couronne en céramique sur la base en titane. Cette étape a été détaillée dans la partie 2.2.3.

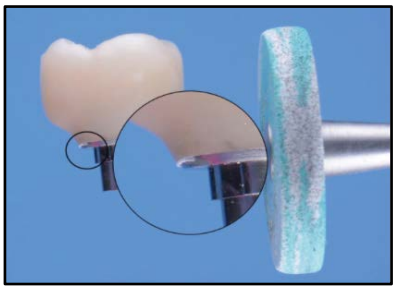


Figure 85 : joint de collage polis afin d'obtenir un poli miroir (source : Drogou, 2017)

Après essayage et ajustage, la prothèse d'usage est insérée en bouche et vissée au torque définitif à l'aide d'une clé dynamométrique. Le puits de vis est obturé à l'aide de polytétrafluoroéthylène tassé recouvert d'une résine composite. L'occlusion est vérifiée et corrigée si besoin.

- Couronne monolithique en zircone collée sur une embase en titane, le tout transvissé sur implant

La zircone peut également être utilisée à la place des céramiques renforcées, en association avec les bases en titane. La zircone a une résistance élevée aux forces de flexion (entre 1000 et 1450 MPa) contre 340 MPa pour la céramique renforcée au disilicate de lithium. Elle a donc des **propriétés mécaniques supérieures** à cette céramique. La zircone est un matériau de choix lorsque les sollicitations mécaniques sont fortes, notamment en postérieur (Marniquet et coll., 2014).

Cependant, comme il a été précisé auparavant, la réalisation de ces restaurations en zircone au cabinet est difficile et nécessite un équipement performant ou au mieux un laboratoire internalisé.

La prothèse supra-implantaire dans ce cas va être obtenue à partir d'une embase en titane et une couronne en zircone. Le principe de réalisation reste le même que la partie précédente. Cependant, le maquillage ainsi que le collage de la zircone diffère. Le système Cerec décrit dans la partie 2.2.3 est utilisé dans ce cas également.

La couronne va être conçue sur le logiciel de CAO et être usinée dans un bloc de zircone pré-percé pré-fritté (blocs inCoris, Sirona).

La zircone doit subir une étape de **sintérisation** au cabinet dentaire afin d'acquérir sa résistance mécanique finale et sa dimension finale.

Il faut savoir que la **vitesse de sintérisation** joue un rôle sur la translucidité du matériau, ce qui destine ces procédures plutôt aux secteurs postérieurs lorsqu'il s'agit de restauration *full zircone.* Il est préférable de se tourner vers des fours de sintérisation de laboratoire pour des restaurations esthétiques, car le temps de frittage est plus long (5 à 6h contre 24 minutes au cabinet) et permet donc de conserver les propriétés optiques du matériau (Casas T, 2017).

Une coloration de la zircone avant sintérisation est possible afin de donner un premier degré de caractérisation à la restauration (Casas T, 2017).
Après séchage des colorants pendant au moins une heure, les restaurations peuvent être sintérisées. Elles peuvent ensuite être glacées et maquillées classiquement. Il est possible d'obtenir de la profondeur grâce aux maquillants incorporants des masses de céramiques (GC Lustre Paste®, Zirkonzahn Steger 3D®) (Casas, 2017).



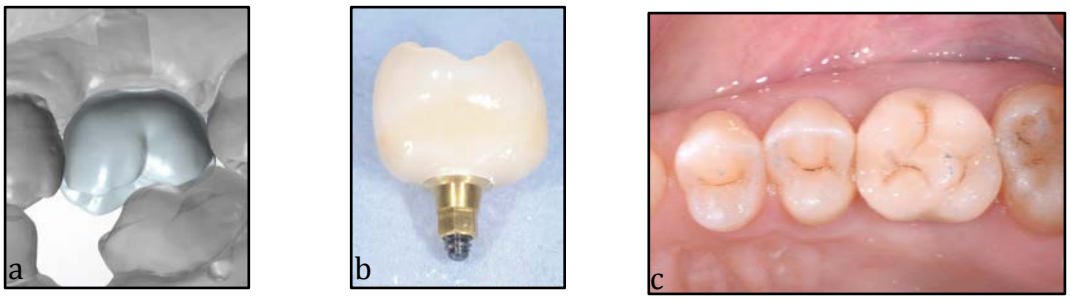
Figures 86 : coloration de la zircone : 86a : couronne avant coloration ; 86b : couronne après coloration ; 86c : couronne après maquillage et glaçage (source : Zirkonzahn World Wide. La zircone « Prettau ». Technique de mise en œuvre et de coloration de la zircone « Prettau », 2017)

De nouvelles zircones sont actuellement disponibles et sont meilleures sur le point esthétique ; translucité et couleur (Katana^{TM} Kuraray). Elles ne nécessitent pas de coloration.

Collage zircone/base en titane : protocole détaillé 2.2.3.
La prothèse supra-implantaire est vissée au torque définitif recommandé sur l'implant. Le puits de vis est obturé à l'aide de Teflon et une résine composite.

- Le protocole *iPhysio*®

Après ostéointégration de l'implant, le pilier de cicatrisation *iPhysio*® sert de transfert numérique d'implant pour l'empreinte numérique.
La modélisation de la prothèse d'usage est réalisée à partir du profil d'émergence enregistré et du projet prothétique initial. La prothèse est collée en dehors de la bouche sur le pilier en titane Esthetibase pour une solution transvissée.



Figures 87 : protocole *iPhysio*® : 87a : modélisation de la prothèse d'usage ; 87b : couronne collée sur pilier titane Esthibase ; 87c : vue occlusale finale (source : Morello, 2016)

La forme de la partie transmuqueuse de la prothèse d'usage sera la même que celle du pilier *iPhysio*® d'où l'intérêt de bien choisir le pilier correspondant dès la phase de temporisation.

L'intérêt de ce protocole reste encore à être prouvé, mais elle permet une durée de **traitement moins longue**, une **gestion des tissus mous** meilleure qu'avec une vis de cicatrisation classique mais moins bonne qu'un pilier anatomique ainsi que **moins de manipulation** sur l'implant (vissage/dévissage).

3.3.2. En méthode CFAO semi-directe

- Couronne monobloc collée sur une embase en titane, transvissée sur implant

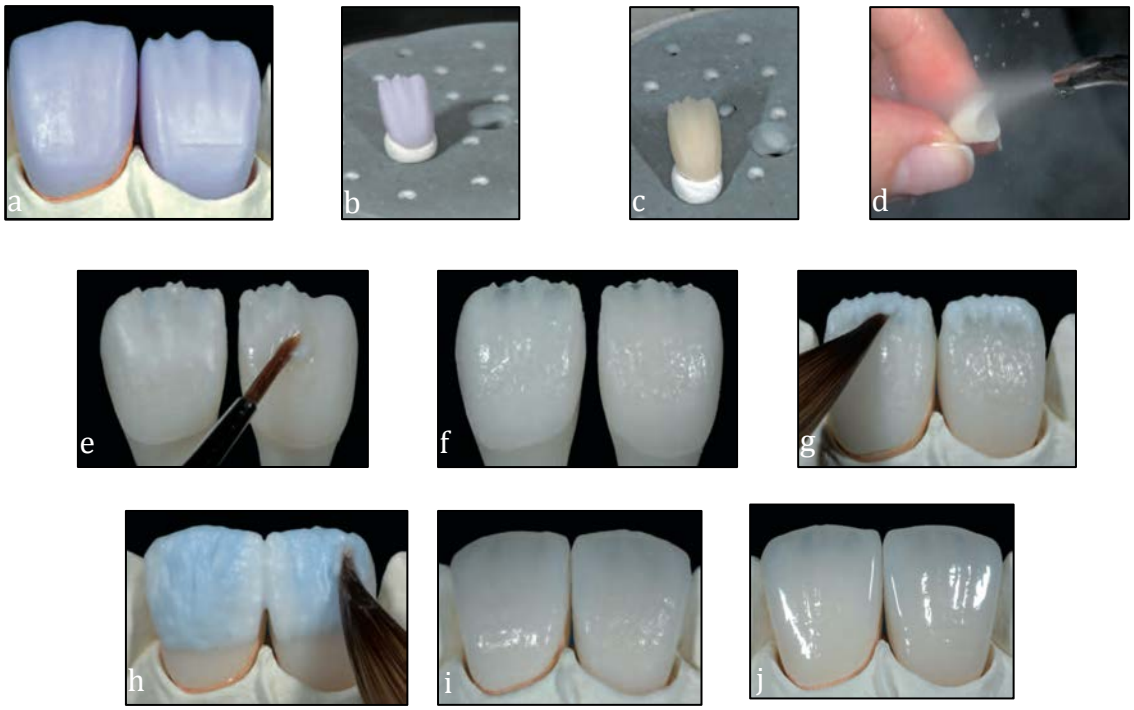
De la prise d'empreinte à la conception de la couronne en passant par l'usinage de cette dernière et le collage sur l'embase en titane, les étapes sont sensiblement les mêmes que décrites dans la partie précédente (CFAO directe 3.3.1.). Ce qui diffère sont les techniques de **stratification partielle** et **complète** de la céramique et zircone réalisées par le prothésiste afin d'obtenir des restaurations hautement esthétiques.

- Couronne en céramique renforcée au disilicate de lithium (e.max)

Technique du *cut back* au laboratoire de prothèse

C'est une technique de stratification superficielle du **tiers occlusal** ou **incisal** de la dent, qui permet d'obtenir des restaurations hautement esthétiques en antérieur lorsqu'il y a une exigence esthétique supérieure. Elle est réalisée avec une vitrocéramique à base de nanofluoroapatite (IPS e.max Ceram Impulse et Incisal) (Ivoclar Vivadent, IPS e.max CAD laboratoire, 2009).

La **réduction du tiers occlusal ou incisal** peut se concevoir soit directement dans le logiciel de CAO avant usinage de la pièce prothétique soit par meulage manuel à la fin de l'usinage.



Figures 88 : technique du *cut back* : 88a : couronne anatomique et couronne avec *cut back* ; 88b : restauration dans le four avant cristallisation ; 88c : restauration dans le four après cuisson ; 88d : nettoyage de la couronne sous un jet de vapeur ; 88e : application de la couche de connexion ; 88f : aspect de la couronne après cuisson de la couche de connexion ; 88g : réalisation de la stratification avec les masses Impulse ; 88h : réalisation de la stratification avec les masses Incisal ; 88i : aspect de la couronne après cuisson des masses de stratification ; 88j : aspect de la couronne après cuisson de glaçage (source : Ivoclar Vivadent, IPS e.max CAD laboratoire, 2009)

Technique de stratification au laboratoire de prothèse

La stratification sera réservée à une dent qui nécessite des degrés de translucidité ou d'opalescence difficile à restituer par simple maquillage ou technique de *cut back* (Ciers et coll., 2017).

La **face vestibulaire est réduite** afin de laisser de la place pour la céramique cosmétique stratifiée, grâce au paramétrage du logiciel de conception. Lors de la conception de la couronne, le logiciel va **réduire de manière homothétique** la face vestibulaire pour laisser un espace suffisant pour la céramique.



Figure 89 : réduction homothétique de la face occlusale de la couronne (source : Drogou, 2017)

La couronne est collée sur l'embase en titane avant d'être envoyée au cabinet dentaire. Cette dernière est essayée en bouche et vissée au torque définitif recommandé, le puits de vis est obturé comme décrit précédemment.

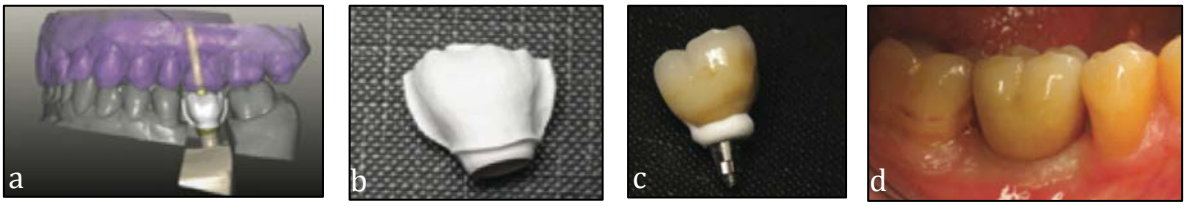


Figure 90 : aspect de la face vestibulaire et palatine de la couronne e.max stratifiée collée sur l'embase (source : Drogou, 2017)
Figure 91 : mise en place de la restauration en bouche (source : Drogou, 2017)

- Couronne en zircone

Stratification de la zircone au laboratoire

La couronne obtenue (couleur blanche) après usinage doit être colorée avec des colorants spécifiques afin d'obtenir sa teinte de masse finale, puis être sintérisée. Cependant, les nouvelles zircones ne nécessitent pas de coloration préalable.



Figures 92 : 92a : réduction homothétique de la face vestibulaire de la couronne sur le logiciel de conception ; 92b : couronne réduite après usinage ; 92c : collage de la couronne en zircone stratifiée sur l'embase en titane ; 92d : résultat final après pose en bouche (source : Josset, 2014)

L'usure de l'antagoniste dépend de la microstructure de la céramique et de ses caractéristiques de surface. Les défauts de surface ou porosités entrainent une augmentation de l'usure. Il existe moins d'usure avec la zircone polie. La plupart des prothésistes souhaitent garder une rugosité de surface car la glasure pénètre mieux. Ce qui prouve qu'il est important de bien communiquer avec le prothésiste.

3.4. La prothèse supra-implantaire d'usage scellée

La prothèse supra-implantaire d'usage scellée va être composée d'un **pilier** implantaire sur lequel une **couronne** d'usage va être scellée.



Figure 93 : implant + pilier implantaire + couronne d'usage scellée (source : De March et coll., 2013)

L'utilisation de **piliers implantaires standards** a été abandonnée au profit des piliers personnalisés individualisés. En effet, les piliers standards nécessitent souvent une réadaptation avec une perte importante de précision. Ils ne permettent pas de soutenir les tissus mous de façon optimale et ne respecte pas le profil d'émergence.
Les **piliers individualisés** sont, eux, conçus et usinés pour chaque cas, avec le respect du profil d'émergence et de l'homothétie des épaisseurs de matériaux afin de garantir la fiabilité de l'ensemble prothétique.

La **CFAO** nous permet de faire des piliers individualisés de différentes manières :

- pilier définitif immédiat avec le concept *One Abutment-One Time*
- pilier définitif différé
    - o en CFAO directe (ex : mésostructure + tiBase)
    - o en CFAO semi-directe (ex : mésostructure + tiBase ou pilier zircone, titane, titane nitruré ex : pilier ATLANTIS)

Le pilier implantaire personnalisé peut être conçu directement au cabinet dentaire (mésostrusture collée sur une embase en titane) ou au laboratoire de prothèse comme vu dans la partie précédente. Une fois le pilier en place, la couronne est conçue de façon à pouvoir être scellée sur le pilier.

3.4.1. Pilier définitif immédiat avec le concept *One Abutment-One Time*

La **mise en esthétique immédiate** de l'implant a permis de mettre en place de manière définitive le pilier implantaire individualisé avec le concept *One abutment-One time* et la couronne transitoire.
Une fois la période d'ostéointégration implantaire achevée, la prothèse transitoire est retirée et les résidus de ciment sont éliminés. La gencive péri-implantaire est inspectée minutieusement pour vérifier si les tissus mous sont parfaitement stables autour du pilier implantaire. Si l'environnement autour du pilier est stable, le pilier définitif reste en place. Si ce n'est pas le cas, le pilier implantaire est retiré et un nouveau pilier individualisé est conçu, adapté à la nouvelle situation.

La prothèse d'usage peut être conçue à partir des mêmes données numériques que la prothèse transitoire au cabinet ou au laboratoire de prothèse. Il faut cependant modifier les contacts occlusaux et mettre la couronne d'usage en occlusion statique et dynamique sur le logiciel de conception. Afin de compléter les données, il est tout à fait possible de réaliser une empreinte numérique du pilier implantaire et de superposer les nouvelles données aux données précédentes.

Après le choix du matériau de restauration (le plus souvent vitrocéramique), la couronne d'usage est usinée dans la machine-outil du cabinet ou du laboratoire. Cette dernière, avant d'être scellée en bouche, va être maquillée.

3.4.2. Pilier individualisé définitif différé

La détermination de la position implantaire à l'aide de transfert numérique d'implant et de l'empreinte optique est réalisée après l'ostéointégration implantaire.

En CFAO directe, le pilier individualisé peut être réalisé en zircone ou en céramique renforcée au disilicate de lithium (décrit partie 2.2.3.). Il sera vissé au couple de serrage définitif recommandé. La couronne d'usage conçue et usinée en même temps que la mésostructure du pilier (en vitrocéramique) sera scellée sur ce dernier.
En CFAO semi-directe, le pilier pourra être en titane, titane nitruré, zircone ou en céramique renforcée au disilicate de lithium selon les exigences cliniques. La réalisation du pilier en titane, titane nitruré ou zircone nécessite un système d'usinage performant du laboratoire de prothèse habituel mais le plus souvent sa conception est externalisée (centre d'usinage spécialisé). Le laboratoire est en mesure de fournir au praticien le pilier personnalisé et la couronne d'usage.

3.4.3. Protocole d'assemblage de la couronne en céramique sur le pilier implantaire (en zircone, en céramique renforcée au disilicate de lithium ou titane)

Les couronnes en céramique peuvent être toujours **scellées** sur les piliers implantaires, quel que soit le matériau utilisé. Il faut pour cela utiliser un ciment de scellement provisoire à long terme, pour pouvoir réintervenir facilement. Le ciment utilisé doit être suffisamment radio-opaque afin de contrôler son élimination parfaite.

Une étude sur 2,5 ans et 110 cas de scellement d'e.max sur pilier zircone montre d'excellent résultat. Il n'y a que 6,5% de complications et celles-ci sont mineures et réversibles (Cooper et coll., 2015).

Le **collage** d'une couronne sur un pilier implantaire ne se pratique que rarement. De plus, les études n'arrivent toujours pas à mettre en évidence des différences par rapport au scellement (Gehrt et coll., 2012).

Il faut adapter le protocole de scellement à chaque type de matériau céramique, en prenant également compte des recommandations du fabricant.

3.5. Avantages et inconvénients d'une prothèse transvissée et scellée

3.5.1. Prothèse transvissée

Avantages : le principal avantage de cette technique est l'absence complète de ciment de scellement entre l'implant et l'élément prothétique.
De plus, le démontage en cas de problème est facilité par un accès aisé au puits de vis situé sur la face occlusale des molaires et prémolaires et sur les faces palatines ou linguales pour le bloc antérieur.
Elle est indiquée dans les situations cliniques où la hauteur clinique est réduite.
Inconvénients : le transvissage nécessite que l'axe d'insertion de la prothèse soit compatible avec l'esthétique et la fonction. Dans les cas d'ouverture buccale réduite, l'accès en postérieur du tournevis est difficile et par conséquent contre-indique cette technique.
La surface occlusale est non homogène dû à la présence de l'obturation du puits de vis.

3.5.2. Prothèse scellée

Avantages : absence de puits de vis au niveau de la surface occlusale, homogénéité au niveau du matériau de restauration. Esthétique, face occlusale respectée. Accessibilité plus aisée en zone postérieur chez les patients ayant une ouverture buccale limitée.

Inconvénients : non démontable facilement. Ciment de scellement : ciment entre implant et élément prothétique peut entrainer la formation de poche dans le cas de gencive épaisse ou de récession gingivale dans le cas de gencive fine (Lamy, 2011). Cet excès de ciment s'il n'est pas contrôlé peut conduire à une péri-implantite

Choix de la technique : chacune de ces techniques a ses avantages et ses inconvénients. Le choix de la technique est dépendant de la situation clinique, des habitudes du praticien ainsi que des possibilités qu'offre le système implantaire (Lamy, 2016).

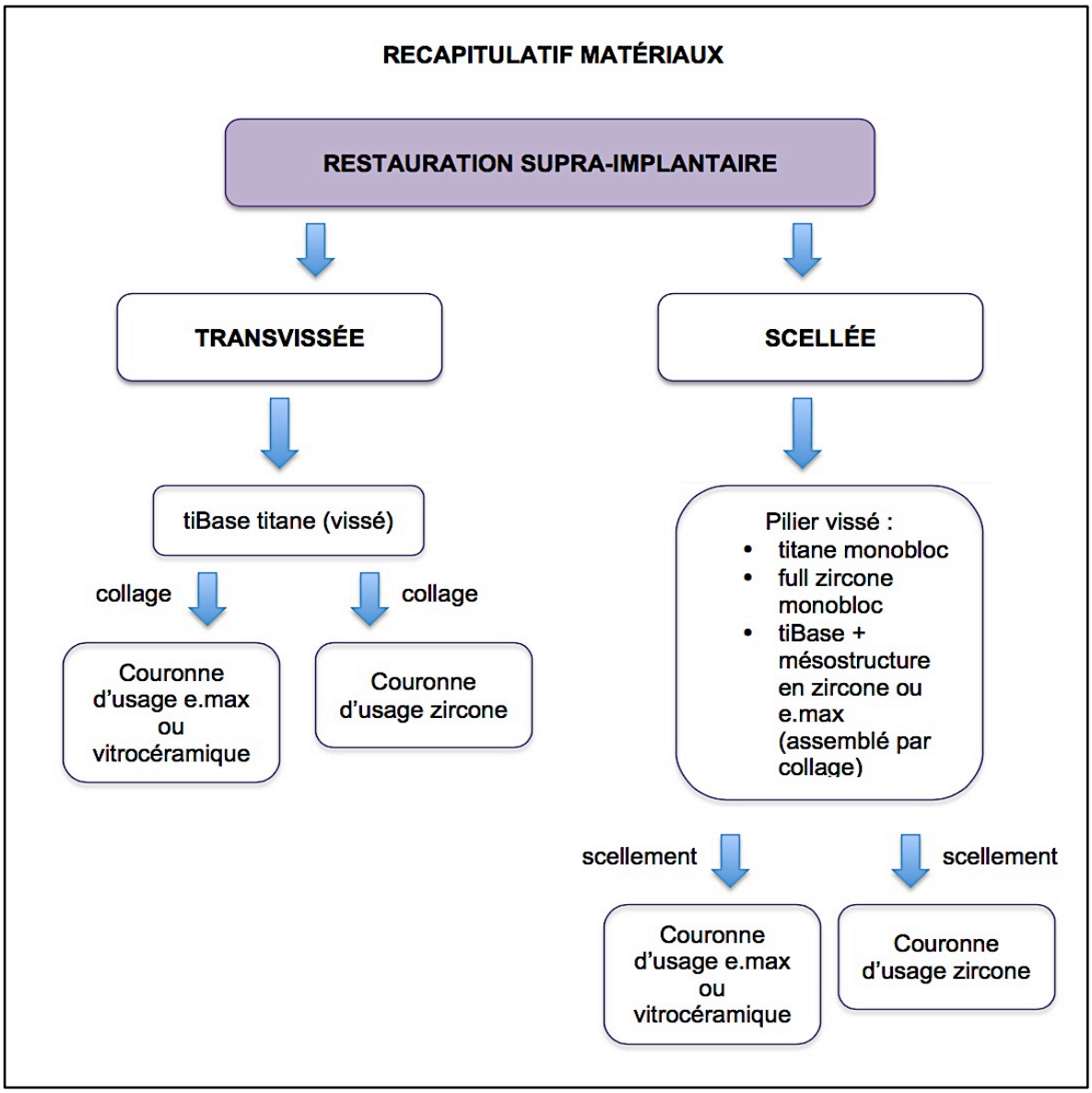


Figure 94 : récapitulatif matériaux

IV. CONCLUSION

La CFAO a **révolutionné** le domaine de l'implantologie de la planification prothétique et implantaire à la réalisation de la prothèse d'usage unitaire. Elle permet une approche différente lors des étapes de planification, conception et fabrication de la restauration par rapport aux protocoles conventionnels.

Les **clés du succès d'un traitement implantaire** reposent sur une analyse parfaite de la situation clinique et la réalisation d'un projet prothétique qui va être le fil conducteur de l'ensemble de la thérapeutique implanto-prothétique.
Ce projet prothétique numérique est réalisé à partir d'une **empreinte optique**, qui apporte de la précision tout en simplifiant le protocole clinique. Le confort du patient est amélioré et la conservation des données est facilitée par un stockage numérique. Cependant, elle nécessite un temps d'apprentissage et peut être source d'imprécisions si le protocole d'acquisition n'est pas respecté.
La validation du projet prothétique numérique par le patient est possible grâce aux ***Smile Designers***. Le patient visualise le projet sur l'écran, cela permet une amélioration de la communication entre les différents intervenants.

La planification implantaire est simplifiée grâce aux apports de la CFAO. En effet, il n'y aura plus besoin d'utiliser de guide radiologique car le projet prothétique numérique peut être **superposé** sur les données d'imagerie DICOM. Il y a une véritable continuité du flux digital. La position de l'implant va dépendre des possibilités prothétiques et anatomiques du patient.
Le but de la planification implantaire guidée est de transférer de manière fiable et précise les données de la planification à l'environnement réel. Cela est possible grâce aux **guides chirurgicaux**. Il en résulte un positionnement plus précis et amélioré de l'implant au niveau du site implantaire.

Les possibilités prothétiques autorisent la réalisation d'une **prothèse transitoire** en amont de la chirurgie implantaire au laboratoire de prothèse, réduisant ainsi le temps global du traitement. Cependant, il est important de savoir qu'il existe une différence entre l'implant planifié et placé.

Grâce à la mise sur le marché implantaire des **embases en titane**, la **mise en esthétique implantaire immédiate** se trouve facilitée. En effet, il est possible désormais de réaliser en CFAO directe une couronne transitoire collée sur une embase en titane le jour de la chirurgie. Cette restauration en **sous-occlusion** sera transvissée sur l'implant et restera en place durant la phase d'ostéointégration. Il existe également différentes méthodes de modelage des tissus mous grâce à des vis de cicatrisation anatomique.
Le concept ***One Abutment-One Time*** permet de son coté de mettre en place le pilier implantaire de manière définitive après la pose de l'implant. Encore une fois, avec l'apport des embases en titane, il va être possible de réaliser un pilier individualisé rapidement soit au cabinet soit au laboratoire de prothèse et de le mettre en place définitivement le jour de la chirurgie.

Le futur et les avancées de la CFAO vont peu à peu nous conduire à la réalisation d'une restauration d'usage immédiate juste après la pose implantaire (Concept **One Tooth-One Time**). Cependant, les impératifs biologiques président encore les avancées technologiques.

Table des matières

I. INTRODUCTION 18

II. PLANIFICATION PROTHETIQUE ET IMPLANTAIRE 19

1. Planification prothétique 19

1.1. Projet prothétique numérique 19

1.1.1 Projet prothétique conçu au cabinet dentaire 20

- Empreinte optique intra-orale 20
- Les avantages de l'empreinte optique intra-orale 22
- Les limites de l'empreinte optique intra-orale 23
- Confection des cires diagnostiques virtuelles 25

1.1.2 Projet prothétique conçu au laboratoire de prothèse 28

2. Planification implantaire 31

2.1. Corrélation de la planification implantaire et prothétique 32

2.1.1 Superposition des données d'imagerie et de CAO 32

- Imagerie pré-implantaire 32
- Intérêt et mise en œuvre de la superposition des données 33
- Les logiciels disponibles 36

2.2. Planification de la pose de l'implant 36

2.3. Validation du projet implanto-prothétique assistée par ordinateur 37

3. Le guide chirurgical 39

3.1. Les différents types de guides chirurgicaux 39

3.2. Les différentes façons de guider les forets implantaires à travers le guide chirurgical 41

3.2.1. Positionnement des douilles 41

3.2.2.Les trois types de guides en fonction de la séquence de forage 43

3.3. Procédé de fabrication des guides chirurgicaux par CFAO.....44

3.3.1. Méthode additive.....44

- La stéréolithographie.....44
- FDM (*Fused Deposition Modeling)* 46
- Frittage sélectif par laser (procédé SLS : *Selective Laser Sintering)*.....46
- Illustration de la fabrication d'un guide chirurgical par impression 3D au cabinet dentaire.....47

3.3.2. Méthode soustractive.....47

- Conception du guide chirurgical usiné au cabinet dentaire par CFAO avec le système CEREC® (Sirona).....48

3.4. Avantages/inconvénients du guide chirurgical.....50

3.4.1. Avantages.....50

3.4.2. Inconvénients.....50

4. Chirurgie : pose de l'implant à l'aide du guide chirurgical à appui dentaire.....52

III. REALISATION PROTHETIQUE FIXEE IMPLANTO-PORTEE UNITAIRE.....54

1. Empreinte optique de la position implantaire.....54

1.1. Empreinte numérique de l'implant via l'utilisation d'un corps de scannage (*body scan*) 54

1.2. Empreinte numérique de l'implant via l'utilisation d'un pilier de cicatrisation spécifique.....57

1.2.1. Pilier de cicatrisation Encode®.....57

1.2.2. Pilier de cicatrisation *iPhysio*®.....59

2. La phase de temporisation 61

2.1. Mise en esthétique immédiate de l'implant.....61

2.1.1. Généralités sur le mise en esthétique immédiate de l'implant.....61

2.1.2. Couronne transitoire monobloc collée à une embase en titane.....64

- Au cabinet dentaire (CFAO directe).....64
  - L'enregistrement de la position implantaire.....65
  - Choix du bloc de matériau 66

- La conception de la prothèse transitoire 67
- L'usinage de la prothèse transitoire 68
- Le collage de l'embase en titane et de la prothèse transitoire usinée 69
- La mise en place de la prothèse transitoire en bouche.....71

• Au laboratoire de prothèse (CFAO semi-directe).....72

- Conception de la provisoire avant la pose de l'implant.....72
- Conception de la prothèse transitoire après la pose de l'implant.....74

2.1.3.Couronne transitoire usinée scellée provisoirement sur un pilier implantaire anatomique conçu par CFAO vissé définitivement.....75

• Généralités sur le pilier implantaire anatomique.....75

• Choix du matériau du pilier implantaire.....78

- Titane 78
- Zircone 79
- Céramique renforcée au disilicate de lithium .....**Erreur ! Signet non défini.**

• Réalisation d'un pilier implantaire définitif en zircone et la couronne transitoire au cabinet dentaire (CFAO directe) 80

- L'empreinte numérique et conception du pilier et de la couronne 81
- Usinage et sintérisation de la zircone.....82
- Collage de la mésostrusture et l'embase en titane.....83

• Réalisation d'un pilier implantaire définitif en e.max et la couronne transitoire au cabinet dentaire (CFAO directe) 85

• Pilier implantaire définitif et couronne transitoire réalisés au laboratoire de prothèse (CFAO semi-directe) 87

2.2. Le pilier de cicatrisation anatomique : pilier SSA.....89

2.2.1. Au cabinet dentaire (CFAO directe).....90

2.2.2. Au laboratoire de prothèse (CFAO semi-directe).....91

2.3. Synthèse des intérêts de la CFAO dans la phase de temporisation immédiate.92

3. La prothèse d'usage supra-implantaire 93

3.1. Dépose de la restauration transitoire.....93

3.2. Les matériaux usinables disponibles pour la réalisation de la prothèse d'usage ... 95

3.2.1. Les céramiques dentaires ... 95

- Les céramiques vitreuses ... 95
- Les céramiques polycristallines ... 96

3.2.2. Les autres matériaux : matériaux hybrides ... 97

3.3. La prothèse supra-implantaire d'usage transvissée ... 99

3.3.1. En méthode CFAO directe ... 99

- Couronne monolithique en céramique renforcée au disilicate de lithium (e.max) collée sur une embase titane transvissée sur implant ... 99
- Couronne monolithique en zircone collée sur une embase en titane, le tout transvissé sur implant ... 105
- Le protocole *iPhysio*® ... 107

3.3.2. En méthode CFAO semi-directe ... 108

- Couronne monobloc collée sur une embase en titane, transvissée sur implant ... 108
  - Couronne en céramique renforcée au disilicate de lithium (e.max) ... 108
  - Couronne en zircone ... 110

3.4. La prothèse supra-implantaire d'usage scellée ... 111

3.4.1. Pilier définitif immédiat avec le concept *One Abutment-One Time* ... 112

3.4.2. Pilier individualisé définitif différé ... 113

3.4.3.Protocole d'assemblage de la couronne en céramique sur le pilier implantaire (en zircone, en céramique renforcée au disilicate de lithium ou titane) ... 113

3.5. Avantages et inconvénients d'une prothèse transvissée et scellée ... 114

3.5.1. Prothèse transvissée ... 114

3.5.2. Prothèse scellée ... 114

IV. CONCLUSION ... 116

Références bibliographiques

1. ALEJANDRO L, ALVAREZ DEL CANTO 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. Int J Prosthodont. 2015; 28(2): 169-178.

2. BINDL A.
   Clinical application of fully digital Cerec surgical guides made in-house. Int J Computerized Dent. 2015; 18(2): 163-176.

3. BROTHIER J, PIA JP, SOENEN A.
   Réalisation d'un guide chirurgical implantaire au cabinet par impression 3D. Biomatér Dent Clin. 2017 ; 2(1) : 81-87.

4. BROUSSEAUD J, LEVITTE B.
   Technique de maquillage en CFAO directe. Le fil dentaire. 2015 ; (103) : 24-26.

5. CANNAS B, BOUTIN N, TRAN ML.
   Le flux numérique en implantologie. Application à la mise en charge et/ou à l'esthétique immédiate. De l'empreinte optique à l'usinage de la prothèse provisoire immédiate. Implant. 2014 ; 20 : 95-103.

6. CASAS T.
   Zircone translucide et CFAO directe : une réponse pertinente pour de nombreuses situations cliniques. Actual Odontostomatol. 2017 ; 283 : 1-6.

7. CAVEZIAN R, PASQUET G.
   Imagerie cone beam et implants. Rev Stomatol Chir Maxillofac. 2012 ; 113 : 245-258.

8. CAZIER S, MOUSSALY C.
Descriptif des différents systèmes d'empreinte optique. Rev Odont Stomat. 2013 ; 42 : 107-118.

9. CHOCHLIDAKIS KM, PAPASPYRIDAKOS P, GEMINIANIA, CHEN CJ, FENG IJ, ERCOLI C.
Digital versus conventional impressions for fixed prosthodontics: A systematic review and meta-analysis. J Prosthet Dent. 2016; 116(2): 184-190.

10. CIERS J-Y, MAYE A, GREGOIRE G.
Finitions esthétiques des céramiques usinées. Temps par temps de la mise en œuvre prothétique. Biomatér Dent Clin. 2017 ; 2(1) : 88-97.

11. COOPER LF, STANFORD C, FEINE J, MCGUIDE M.
Prospective assessment of CAD/CAM zirconia abutment and lithium disilicate crown restorations: 2.4 year results. J Prosthet Dent. 2016; 116(1): 33-9.

12. CORDELETTE M, JORDAN-CAMBARIEU F.
Evolutions majeures de la CFAO directe. De la reconstruction unitaire des débuts à la réhabilitation globale fonctionnelle et esthétique aujourd'hui. I.D. inf. dent. 2014 ; 96(20) : 2-9.

13. DAAS M, TOUSSAINT L, PARIENTE L, DADA K.
CAD CAM et pilier implantaire : la gestion du profil d'émergence. Réal Clin. 2015 ; 26(3) : 208-218.

14. DAVARPANAH M, SZMUKLER-MONCLER S, DAVARPANAH K, RAJZBAUM P.
Implantologie assistée par ordinateur. Rueil-Malmaison : Éditions CDP ; 2010. 241p.

15. DE MARCH P, CORNE P, VAILLANT-CORROY AS, RIEFOLO F.
Maitriser la conception des piliers implantaires pour gagner le pari du biomimétique en prothèse scellée. Strat Proth. 2013 ; 13(3) : 199-209.

16. DISS A, PELTIER B, BERDOUGO M.
La planification implantaire. Le fil dentaire. 2009 ; (43) : 44-8.

17. DUPAGNE L, LE GOFF S, TAPIE L.
L'impression 3D. Partie 3 - La stéréolithographie. Biomatér Dent Clin. 2017 ; 2 : 76-80.

18. DURET F, PELISSIER B.
Différentes méthodes d'empreinte en CFAO dentaire. EMC Médecine buccale. 2010 ; (10) : 1-16.

19. ELSAYED A, WILLE S, AL-AKHALI M, KERN M.
Effect of fatigue loading on the fracture strength and failure mode of lithium disilicate and zirconia implant abutments. Clin Oral Implants Res. 2017; 1-8.

20. FARLEY NE, KENNEDY K, MCGLUMPHY EA, CLELLAND NL.
Split-mouth comparison of the accuracy of computer-generated and conventional surgical guides. Int J Oral Maxillofac Implants. 2013; 28(2): 563-72.

21. FENNER N, HÄMMERLE CHF, SAILER I, JUNG RE.
Long-term clinical, technical, and esthetic outcomes of all-ceramic vs. titanium abutments on implant supporting single-tooth reconstructions after at least 5 years. Clinical Oral Implants Research. 2016; 27(6): 716-723.

22. FRON CHABOUIS H, LE GOFF S, MARNIQUET S, MOUSSALY C.
CFAO : les matériaux accessibles. Partie I – Matériaux usinables : les céramiques vitreuses. Biomatér Dent Clin. 2016 ; 1(2) : 44-52.

23. FRYML JE, SCHURCH ZW, RENNE W, KESSLER R, LUDLOW M, LAUER A et al.
Evaluation of the accuracy of 7 digital scanners: An in vitro analysis based on 3-dimensional comparisons. J Prosthet Dent. 2017; 118(1): 36-42.

24. GEHRT M, WOLFART S, RAFAI N, REICH S, EDELHOFF D.
Clinical results of lithium-disilicate crowns after up to 9 years of service. Clin Oral Investig. 2013; 17(1): 275-284.

25. GEORGE AM, SCOTT D.
Guided implant surgery with patient-specific abutment and provisional in esthetic zone. 2014; 35 (7): 494-504.

26. GJELVOLD B, RAMOS ChRCANOVIC B, KORDUNER E.K, COLLIN-BAGEWITZ I, KISH J.
Intraoral digital impression technique compared to conventionnal impression technique : A randomized clinical trial. J prosthodont. 2016; 25(4): 282-287.

27. GOUTMAN T.
Précision des guides chirurgicaux utilisés dans le cadre de la chirurgie implantaire guidée. Rev Odont Stomat. 2013 ; (42) : 302-319.

28. GOYET MC, FEVERSTOSS L, MOUSSALY C.
L'empreinte optique en implantologie. Rev odont stomat. 2015 ; 44(2) : 126-135.

29. GREGOIRE G, CIERS JY, TALEB C.
Les céramiques usinées. Partie 2 – principes communs des conditionnements avant collage. Biomatér Dent Clin. 2017 ; 2(2) : 86-91.

30. HAUSCHILD U, ROUSSET S.
La liberté de choix avec le scanner optique. Implant. 2013 ; 19 : 117-125.

31. JACQUOT B.
Une nouvelle classe de matériaux en odontologie adaptée à la CFAO. Biomatér Dent Clin. 2016 ; 1(1) : 12-13.

32. JODA T, WITTNEBEN JG, BRÄGGER U.
Digital implant impressions with the « Individualized Scanbody Technique » for emergence profile support. Clin Oral Implants Res. 2014; 25(3): 395-397.

33. JOSSET C.
TiBase et couronne hybride sur implant unitaire. Le fil dentaire. 2014 ; 93 : 35-36.

34. KURT BR.
L'implantologie guidée par gabarit avec le logiciel open access smop. Swiss Dent J. 2014 ; 124 : 315-323.

35. LACHKAR T.
Pilier implantaire sur mesure. Implant tribune édition française. 2015 : 22-24.

36. LAMY M.
Prothèse implantaire fixe scellée et vissée à l'heure du numérique. I.D. inf. dent. 2011 ; 93(12) : 1-6.

37. LANDWERLIN O, FAGES M.
L'empreinte optique : silence on tourne !. Strat Proth. 2014 ; 14(2) : 115-28.

38. LEIZE-ZAL E, LORGEOUX C, CHAUVEL B, JARDEL V, BEUZIT S, DELANTE J.
Technique d'empreinte supa-implantaire : le transfert d'empreinte est-il toujours d'actualité dans le traitement de l'édentement unitaire ? Le concept BellaTek® Encod® (Biomet 3i^{TM}). Strat Proth. 2016 ; 16(2) : 1-18.

39. LIN WS, HARRIS BT, PHASUK K, LLOP DR, MORTON D.
Integrating a facial scan, virtual smile design and 3D virtual patient for treatment with CAD-CAM ceramic veneers : A clinical report. J Prosthet Dent. 2017: 1-6.

40. LOGOZZO S, ZANETTI EM, FRANCESCHINI G, KILPELA A, MAKYNEN A. Recent advances in dentaloptics – Part I: 3D intra oral scanners for restorative dentistry. Opt Lasers Eng. 2014; 54: 203–221.

41. MAHL D, GLENZ F, MARINELLO CP.
Prise d'empreinte numérique d'implants. Swiss Dent J. 2014 ; 124 : 176-186.

42. MANHES L, FOURGERAIS G.
Pourquoi avoir recours à un guide chirurgical pour placer un implant ?. DT Study Club. 2015 ; 3(1) : 10-14.

43. MARNIQUET S, ATTAL JP, TAPIE L, FRON CHABOUIS H.
Les matériaux usinables en dentisterie restauratrice et en prothèse fixée. Guide pratique synthétique. I.D. inf. dent. 2014 ; 96(20) : 59-64.

44. MORELLO MG.
Simplification des protocoles en implantologie. I.D. inf. dent. 2016 ; 98(29) : 60-62.

45. NASR K, CHABRERON O, ARCAUTE B.
Choix des blocs en CFAO directe en fonction de la situation esthétique dans le secteur antérieur. Le fil dentaire. 2015 ; (103) : 14-17.

46. PASCUAL D, VAYSSE J.
Chirurgie implantaire et prothèse guidées et assistées par ordinateur : le flux numérique continu. Rev Stomatol Chir Maxillofac Chir Orale. 2016 ; 117(1) : 28-35.

47. PELISSIER B.
Matériaux et CFAO dentaire. Le fil dentaire. 2015 ; (51) : 58 - 62.

48. PERELMUTER S, DURET F, LELIEVRE F, LECARDONNEL A, CHERON R.
La prothèse céramo-céramique par CFAO. Paris : Quintessence international ; 2009. p. 46-48.

49. POPELUT A, FINELLE G, MARIN P.
Guide chirurgical en impression 3D. Apport du numérique dans la gestion du profil d'émergence. I.D inf. dent. 2017 ; 16(99) : 2-10.

50. POPELUT A, FINELLE G.
Avantage du pilier de cicatrisation anatomique personnalisé par CFAO dans le protocole d'implantation immédiate. I.D. inf. dent. 2017 ; 99(10) ; 16-22.

51. POZZI A, POLIZZI G, MOY PK.
Guided Surgery with tooth-supported templates for single missing teeth: a critical review. Eur J Oral Implantol. 2016; 9(1): 135-153.

52. RODRIGUEZ X, VELA X, MENDEZ V, SEGALA M, CALVO-GUIRADO JL, TARNOW DP.
The effect of abutment dis/reconnections on peri-implant bone resorption: A radiologic study of platform-switched and non-platform-switched implants placed in animals. Clin Oral Impl Res. 2013; 24(3): 305-11.

53. ROUACH T, MIARA A.
Actualisation du concept d'ostéointégration. Le fil dentaire. 2010 ; (51) : 68-70.

54. ROUACH T, LAMAISON D.
Le flux numérique en implantologie. Implant. 2014 ; (20) : 1-9.

55. SERS L.
Chirurgie guidée par ordinateur : système Navigator™ BIOMET 3i™. Lettre Stomatol. 2009 ; (41) : 11-20.

56. SLEITER R, KLIMEK K, JENNI S.
Couronnes antérieures sur mésostructures implantaires individualisées réalisées par CFAO. Rev mens suisse odontostomatol. 2011 ; 121 : 1064-1072.

57. SOENEN A, PIA JP, D'INCAU E.
Empreintes conventionnelles versus empreintes optiques pour restaurations céramo-céramiques. I.D. inf. dent. 2015 ; 97(29) : 2-7.

58. SZMUCLER S, DAVARPANAH M.
Protocole de mise en charge et de temporisation immédiate. Les concepts de base ayant permis le paradigme. Le fil dentaire. 2014 ; (92) : 12-4.

59. TAHMASEB A, WISMEIJER D, COUCKE W, DERKSEN W.
Computer technology applications in surgical implant dentistry: a systematic review. Int J Oral Maxillofac Implants. 2014; 29: 25-42.

60. TAVITIAN P, PIETRI M, HUE O.
Mise en charge immédiate dans le secteur antérieur : avantages et limites. Strat Proth. 2014 ; 14(3) : 173-186.

61. TRAN ML, BOUTIN N, NGUYEN VAN DUONG P, CANNAS B, MOUSSALY C.
Apport de la CFAO directe dans la mise en place en esthétique immédiate en implantologie : un nouveau concept numérique. Real Clin. 2015 ; 26(4) : 313-32.

62. VALLAEYS K, HODEZ C.
Imagerie dentomaxillaire par faisceau conique : principes, matériels, indications et dosimétrie. Real Clin. 2014 ; 25(2) : 103-114.

63. YUZBASIOGLU E, HANEFI K, TURUNC R, BILIR H.
Comparaison of digital and conventional impression techniques : evaluation of patient's perception, treatment comfort, effictiveness and clinical outcomes. BMC Oral Health. 2014; 14(10): 1-7.

Références bibliographiques électroniques

1. BRUNEAU L.
   Protocole One Abutment - One Time^{TM}. Implantologie [internet]. 2009 [consulté le 10 octobre 2017]. p. 5-8.
   Disponible sur : http://www.zimmerdental.fr/access-dam/54d231a873e5576307da7e2c/1/inline/2009%20-%20One%20Abutment-One%20Time,%20L.%20Bruneau.pdf

2. Centre National d'Innovation et de Formation des Prothésistes Dentaires (CNIFPD) et Union Nationale Patronale des Prothésistes Dentaires (UNPPD). Guide de la CFAO dentaire [internet]. 2009 [consulté le 30 juin 2017].
   Disponible sur : http://www.cnifpd.fr/guidecfao/

3. DROUGOU H.
   Les couronnes piliers hybrides transvissées sur implant : protocole rigoureux de collage des embases titane. AOS [internet]. 2017 [consulté le 14 septembre 2017] ; 283 : 1-9.
   Disponible sur :
   https://aos.edp-dentaire.fr/articles/aos/pdf/2017/03/aos2017283article3.pdf

4. ENDER A.
   Découvrir Cerec 4.0 : guide clinique [internet]. 2011 [consulté le 3novembre 2017].
   Disponible sur :
   http://www.sirona.fr/fr/ecomaXL/files/12099_SIR_CerecBasisW_frz_RZ_INDEX.pdf&download=1

5. GAILLARD C.
   Le Digital Smile Design au service de l'art. Le fil dentaire [internet]. 2016 [consulté le 9 novembre 2017].
   Disponible sur : https://www.lefildentaire.com/interviews/edito/le-digital-smile-design-au-service-de-l-art/

6. IVOCLAR VIVADENT.
IPS e.max® CAD abutment solutions. Mode d'emploi [internet]. 2013 [consulté le 13 octobre 2017]. p. 1-66.
Disponible sur : https://www.ivoclarvivadent.com/zoolu-website/media/document/20321/IPS+e-max+CAD+Abutment+Solutions

7. IVOCLAR VIVADENT.
IPS e.max® CAD cabinet dentaire. Mode d'emploi [internet]. 2009 [consulté le 14 octobre 2017]. p. 1-52.
Disponible sur : http://www.ivoclarvivadent.fr/zoolu-website/media/document/10837/IPS+e-max+CAD+Cabinet+Dentaire

8. IVOCLAR VIVADENT.
IPS e.max® CAD laboratoire. Mode d'emploi [internet]. 2009 [consulté le 13 octobre 2017]. p. 1-67.
Disponible sur : http://www.ivoclarvivadent.fr/zoolu-website/media/document/15619/IPS+e-max+Laboratoire

9. IVOCLAR VIVADENT.
Telio® CAD A16. Mode d'emploi [internet]. 2014 [consulté le 9 octobre 2017]. p. 1-28.
Disponible sur : http://www.ivoclarvivadent.nl/zoolu-website/media/document/26722/Telio+CAD+A16

10. LANDWERLIN O.
La CFAO dentaire facile au fauteuil avec le scan d'empreinte silicone. Dental tribune [internet]. 2014 [consulté le 14 octobre 2017]. p. 34-38.
Disponible sur : http://www.dental-tribune.com/articles/specialities/general_dentistry/19971_la_cfao_dentaire_facile_au_fauteuil_avec_le_scan_dempreinte_silicone.html

11. MODJAW. [internet]. 2017 [consulté le 9 novembre 2017].
Disponible sur : http://modjaw.com/fr/

12. PATEL N, CAPONIGRO M.
Technique : an integrated surgical guide workflow. [internet]. 2016 [consulté le 9 octobre 2017].
Disponible sur : http://www.dentalproductsreport.com/lab/article/technique-integrated-surgical-guide-workflow

13. SIRONA Dental Systems GmbH.
Blocs de céramiques à base d'oxyde de zirconium pour inLab. Notice d'utilisation [internet]. 2016 [consulté le 9 octobre 2017]. p. 1-16.
Disponible sur : http://manuals.sirona.com/home.HomeDmsDocument.download.html?id=7085

14. SIRONA.
Logiciel Cerec 4.3. Présentation et bénéfices [internet]. 2014 [consulté le 5 novembre 2017].
Disponible sur : http://e-dentisterie.com/wordpress/wp-content/uploads/CEREC-4.3-Client-FR-NB-Juillet-2014.pdf

15. SIRONA.
Restaurations avec Cerec [internet]. 2017 [consulté le 10 juin 2017].
Disponible sur : http://www.sirona.fr/fr/produits/dentisterie-numerique/restaurations-avec-cerec/?tab=3997

16. SIRONA Dental.
Le scanner extra-oral inEos X5 fait fureur dans les laboratoires dentaires [internet]. 2014 [consulté le 21 octobre 2017].
Disponible sure : http://www.sirona.fr/fr/actualites/presse-nouveauts-detail/28472/

17. SIRONA.
Galileos implant 1.9.2. Notice d'utilisation [internet]. 2015 [consulté le 15 mai 2017]. p. 1-138.
Disponible sur : manuals.sirona.com/home.HomeDmsDocument.download.html?id=4609

18. ZIRKONZAHN WORLD WIDE.
La zircone « Prettau ». Technique de mise en œuvre et de coloration de la zircone « Prettau » [internet]. [consulté le 14 octobre 2017]. p. 1-24.
Disponible sur : http://www.zirkonzahn.com/assets/files/brochueren/FR-Depliant-Prettau-web.pdf

TASCI Elif – Intérêts de la CFAO : de la planification à la réalisation d'une restauration prothétique implanto-portée unitaire.

Nancy 2018 : 133 pages. 94 figures ; 2 tableaux.
Th. : Chir.- Dent. : Université de Lorraine : 2018

Mots-clefs :

- Conception/Fabrication Assistées par Ordinateur
- Projet prothétique
- Planification implantaire
- Empreinte optique
- Prothèse implanto-portée unitaire

Résumé :

La Conception/Fabrication Assistées par Ordinateur (CFAO) a fait son apparition depuis maintenant plusieurs années en odontologie.
Elle s'inscrit dans l'ère du numérique et présente une constante évolution qui s'applique à la dentisterie restauratrice, orthodontique, prothétique fixée/amovible et plus récemment à la dentisterie implantaire ; notamment à la prothèse implanto-portée.
Grâce à cette évolution, la planification d'un projet prothétique implanto-porté prend une toute autre dimension avec la possibilité de corréler le positionnement virtuel de l'implant et le projet prothétique numérique.
La CFAO permet aussi de réaliser de manière plus ou moins directe (c'est à dire avec ou sans le concours d'un laboratoire dentaire) des guides chirurgicaux, des piliers individualisés et des prothèses implanto-portées
L'objet de ce travail est de présenter les différentes perspectives actuelles qu'offre la CFAO directe et semi-directe dans la prise en charge des patients pour la réalisation de prothèses unitaire implanto-portées.

Membres du jury :

Pr. P. AMBROSINI	Professeur des Universités	Président
Dr. J. SCHOUVER	Maître de Conférences	Directeur de thèse
Dr. F. KANNENGIESSER	Assistant Hospitalo-Universitaire	Co-directeur
Dr. P. CORNE	Maître de Conférences Associé	Juge

Adresse de l'auteur :

Elif TASCI
10 rue Garibaldi
25000 BESANCON

UNIVERSITÉ DE LORRAINE

Faculté d'Odontologie

Jury : Président : P. AMBROSINI – Professeur des Universités
Juges : J. SCHOUVER – Maître de Conférences des Universités
F. KANNENGIESSER – Assistant Hospitalo-Universitaire
P. CORNE – Maître de Conférences des Universités Associée

Thèse pour obtenir le diplôme d'État de Docteur en Chirurgie Dentaire

Présentée par: **Mademoiselle TASCI Elif**

né(e) à : **LURE (Haute -Saône)** le **17 février 1992**

et ayant pour titre : **« Intérêts de la CFAO : de la planification à la réalisation d'une restauration prothétique implanto-portée unitaire ».**

Le Président du jury

FACULTE D'ODONTOLOGIE 96, av. de Lattre de Tassigny UNIVERSITE DE LORRAINE BP 60120 - 54004 NANCY CEDEX

P. AMBROSINI

Le Doyen,
de la Faculté d'Odontologie

FACULTE D'ODONTOLOGIE 96, av. de Lattre de Tassigny UNIVERSITE DE LORRAINE BP 60120 - 54004 NANCY CEDEX

J.M. MARTRETTE

Autorise à soutenir et imprimer la thèse 10137

NANCY, le 22 NOV. 2017

Le Président de l'Université de Lorraine

Université de Lorraine

P. MUTZENHARDT