

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

N°

UNIVERSITÉ SAAD DAHLAB - BLIDA 1 -



Faculté de Médecine
Département de Médecine Dentaire



Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du Diplôme de
Docteur en Médecine dentaire

Thème :

LE NUMERIQUE EN PROTHESE
FIXEE

Présenté et soutenu publiquement le :

03/07/2023

Par :

- Abdat Amina
- Bouchair Asma
- Bouchelkia Lamis

- Brahimi Rim
- Doui Fatima zohra
- Ramdani Ibtihel

Devant le jury composé de :

Dr K.NASRI	Président	USD. Blida
Dr M.MOKHTARI	Examinatrice	USD. Blida
Dr S.B.H AYAD	Promoteur	USD. Blida

Année Universitaire : 2022-2023

Remerciements

Tout d'abord nous remercions Dieu de nous avoir donné la volonté et la force afin d'accomplir ce modeste travail.

Nous adressons aussi toute notre gratitude :

Aux chers membres de jury pour avoir accepté de siéger à notre soutenance :

Dr Nasri K, Président du jury, vous nous avez fait le grand honneur d'accepter la présidence de ce jury de thèse et nous vous en remercions. Cette thèse est également l'occasion de vous remercier pour la qualité de vos enseignements
Nous voulons ici vous exprimer toute notre gratitude et notre respect.

A Dr Mokhtari M, membre de jury, nous vous en remercions sincèrement d'avoir accepté de faire partie de ce jury. Veuillez trouver ici l'expression de notre profond respect et de notre sincère reconnaissance.

À notre encadreur Dr Ayad S.B.H pour son aide, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à trouver des solutions pour avancer.

Au corps professoral et administratif du département de médecine dentaire,
Université de Saad Dahleb Blida 1.

Un grand merci aussi à Dr Bouchelal Abdennour et son équipe Mme Nour el iman Bouchellal et Mme Sarah. Merci docteur d'avoir ouvert votre cabinet, pour nous sachions de près ce qui est lié à notre mémoire et pour enrichir nos idées et nos connaissances.

Dédicace

Tout d'abord J'exprime mes sentiments de profonde gratitude à notre Dieu le maître de la vie pour m'avoir alloué de sa grâce inestimable et de m'avoir donné la force, le courage et la patience pour mener à terme ce travail.

S'il faut beaucoup de motivation, de rigueur et d'enthousiasme pour mener à bien ce mémoire, alors, ce travail de recherche a eu besoin de la contribution de plusieurs personnes, que je tiens à remercier !

A mes chers parents

Quoi que je dise ou que je fasse, je n'arrivai jamais à vous remercier comme il se doit. C'est grâce à vos encouragements, vos bienveillances et votre présence à mes côtés, que j'ai réussi ce respectueux parcours. Je me rends compte que vous avez sacrifié beaucoup de choses pour moi, je vous adresse un chaleureux merci pour toutes les merveilleuses choses que vous avez faites pour moi

A mes chers sœurs et frères Merci pour vos soutiens moraux, Je vous souhaite le bonheur et la réussite dans vos vies.

A mon oncle « Abdelkader » mille merci pour votre soutien et encouragements

Je saisis l'occasion pour remercier mes chères amies

« Meyada » « Asma » « Ahlem » « chahinez » « Nassima » « ihcen »

À travers ses lignes je ne peux pas vous décrire tous mes sentiments d'amour, le seul mot que je peux dire est merci je vous aime

À mes collègues, qui on a partagé la réalisation de ce travail merci pour votre compréhension et les moments partagés.

DOUI FATIMA ZAHRA

À mes Parents :

Merci Papa pour le temps passé à m'apporter ton aide, pour me voir la femme d'aujourd'hui et un médecin dentiste.

Merci Mama la plus défunte maman que je peux voir, pour tout ce que tu m'as donné pour avancer dans la vie.

Les mots sont insuffisants pour exprimer mon amour, tout ce que je peux vous dire :

جزاكما الله عني خير الجزاء

À mes bijoux, mes sœurs : Lamia, Amani, Hala

À mes frères : Rabah et Hamza et leurs femmes.

À mes grands-parents d'amour, vous tenez une place immense dans mon cœur.

À mes tantes et mes oncles qui m'ont soutenue toute la période de mes études.

À mes cousins que je les adore chacun par son nom et leurs enfants.

À ma spéciale : Marissel.

Les anges de ma famille : Farouk- Meriem- Ania- Kaouthar- Aziz et Ritel.

À mes amis d'enfance: Fatima zohra- Fairouz et Wiam Youssefi.

À mes intimes dans mon parcours universitaire : Rim- Imene et Wiam.

À mes collègues, qui on a partagé la réalisation de ce travail.

À toute personne qui a marqué sa place dans mon cœur.

Merci d'être à mes côtés.

Amina abdat

Je remercie Dieu de m'avoir donné la force, le courage, et la patience pour mener ce travail à son terme.

Et ce n'est pas parce que la tradition exige que cette page se trouve dans ce travail, mais par ce que les gens à qui s'adressent nos remerciements les méritent vraiment.

Tout d'abord, je m'adresse à mes chers parents qui m'ont bien appris l'alphabet de la vie.

A mon cher père que j'aime bien en exprimant ma fierté pour ses sacrifices, ses précieuses directives, sa patience et son amour qui en font sa grandeur et qu'il m'y est impossible de le lui rendre.

A ma chère mère que j'aime bien en rendre grâce à ses conseils pertinents, ses innombrables efforts, son affection, sa tendresse et son amour qu'elle n'a pas cessé de me l'exprimer.

A mon petit frère « Abderahim » et mon adorable petite sœur « Hanine » qui savent toujours comment procurer la joie et le bonheur pour toute la famille.

A mes grands-parents, et à la mémoire de mes grands-parents paternels qui nous ont quittés que Dieu les accueille de son vaste paradis.

A mes oncles, mes tantes, mes cousins et mes cousines que dieu leur donne une longue et joyeuse vie.

A mes meilleures amies : « Bouthaina », « Asma » que j'adore, pour leur appui moral et encouragement.

A tous ceux qui me sont chers, je dis : Merci pour vos encouragements.

Sans oublier mes camarades avec qui j'ai réalisé ce travail pour leur compréhension tout au long de ce projet.

Lamis Bouchelkia

بعد بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

Je dédie ce modeste travail :

A MON TRES CHER PAPA

Autant de phrases et d'expressions aussi éloquentes soit-elles ne sauraient exprimer ma gratitude et ma reconnaissance. Tu as su m'inculquer le sens de la responsabilité, de l'optimisme et de la confiance en soi face aux difficultés de la vie. Tes conseils ont toujours guidé mes pas vers la réussite. Ta patience sans fin, ta compréhension et ton encouragement sont pour moi le soutien indispensable que tu as toujours su m'apporter. Je te dois ce que je suis aujourd'hui et ce que je serai demain et je ferai toujours de mon mieux pour rester ta fierté et ne jamais te décevoir. Que dieu le tout puissant te préserve, t'accorde santé, bonheur, quiétude de l'esprit et te protège de tout mal.

A MAMMA

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.

Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me porter depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours. Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tan formules, le fruit de vos innombrables sacrifices, bien que je ne vous en acquitterai jamais assez.

Puisse dieu, le très haut, vous accorder sante, bonheur et longue vie et faire en sorte que jamais je ne vous déçoive.

A MES TRES CHERS FRERES : Oussama, Aymen ET A MA TRES CHERE SŒUR : KHADIDJA

En témoignage de l'attachement, de l'amour et de l'affection que je porte pour vous. Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de sante et de réussite je vous aime.

A toute ma famille, mes amis surtout lamis et fatima, mes collègues, et toutes personnes ayant participé de près ou loin à la réalisation et l'accomplissement de ce travail.

Sans oublier de remercie Dr S.B.H Ayad notre encadreur, Dr Oussaid et ses assistants.

BOUCHAIR ASMA

Tout d'abord je remercie ALLAH tout puissant de m'avoir donné la volonté et la capacité de Gare ce travail.

Mes remerciements s'adressent donc :

_ A ma chère mère Mbarka ,Pour tout leur sacrifice, leur soutien, leur encouragement, leur patience et leur amour qui ont été la raison de ma réussite, aucun remerciement ne saurait exprimer la valeur de profond amour que je vous porte. Puisse Dieu, vous procurer santé, bonheur et très longue

_ A Mon très cher Père Mohamed , Aucun remerciement ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail et le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation le long de ces années.

_ A ma famille, Mes chères sœurs Zozo ,Amel ,Nadine ,et frères Rabeih et Aymen et a le petit d'amour Dhiaa. A mon bras droit Amine Et toute la famille de loin ou de près. sachez que vous comptez beaucoup pour moi, et que l'apprecie tous vos encouragements et votre amour.

_ A mes collègues, Amina ,Imane et Wiam ,que de bons souvenirs avec vous, grâce à vous, ces six dernières années sont passées en un instant. Je vous souhaite une belle réussite dans vos projets et beaucoup de bonheur, et surtout une belle et longue amitié. Pour tout ce qu'on a pu vivre et qu'il nous reste à vivre, car le meilleur reste à venir. Sachez que tout ce que contient mon cœur ne tiendrait pas sur 1000 pages.

_Je souhaite aussi remercier Dr ayad bilal pour leur aide, leurs conseils, leur support, leur savoir et leur expérience et aussi un grand remerciement a mes camarades de mémoire et tous les docteurs de ma faculté,, et les membres du jury pour avoir accepté d'examiner ce mémoire et de m'avoir délivré le titre de docteur

Brahimi Rim

Chers lecteurs

, Je tiens à exprimer ma gratitude envers moi-même pour ma persévérance et ma détermination tout au long de la rédaction de ce mémoire pendant les 06 dernières années et tous mon parcours scolaire et parascolaire Je suis fier de mes réalisations et reconnaissante envers moi-même d'avoir surmonté les obstacles.

Un grand merci à mes parents pour leur amour, leur soutien inconditionnel et leurs encouragements constants. Leur confiance en moi a été une source de motivation.

Je souhaite exprimer ma reconnaissance envers mes sœurs pour leur soutien bienveillant et leurs encouragements précieux

. Je tiens à remercier chaleureusement notre encadrant, le Docteur Ayad Bilal, pour son expertise, sa disponibilité et ses conseils précieux. Son soutien a été essentiel dans la réalisation de ce mémoire.

Je souhaite également exprimer ma profonde gratitude envers le Docteur Mohamed Zebida, mon mentor, qui a non seulement partagé les bonnes valeurs avec moi, mais qui a également été un modèle d'excellence, d'intégrité et de bienveillance. Sa passion pour la recherche et son soutien inconditionnel ont été une source constante d'inspiration.

Enfin, je remercie toute l'équipe de la Hala Dental Clinic, en particulier le Docteur Abdenour Bouchalal et tout le personnel, pour leur soutien et leur contribution précieuse

. Je suis reconnaissante envers tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire. Votre soutien, qu'il s'agisse de discussions stimulantes, d'encouragements sincères ou de relectures attentives, a été essentiel

Je vous adresse mes remerciements les plus sincères.

Cordialement,

Ibtihal

Liste des figures

Liste de figures :

Figure 1 :	<i>Les différents types de prothèse fixée.....</i>	3
Figure 2:	<i>Inlay/onlay/overlay dentaire.....</i>	4
Figure 3 :	<i>Inlaycore.....</i>	4
Figure 4 :	<i>Facettes en céramiques.....</i>	5
Figure 5 :	<i>Couronnes métallique.....</i>	6
Figure 6 :	<i>Couronnes en céramiques.....</i>	6
Figure 7 :	<i>Couronne à incrustation vestibulaire.....</i>	6
Figure 8 :	<i>Couronnes céramométallique.....</i>	7
Figure 9 :	<i>Couronne céramo céramique.....</i>	7
Figure 10 :	<i>Les constituants d'un bridge dentaire.....</i>	8
Figure 11 :	<i>Bridge conventionnel.....</i>	8
Figure 12:	<i>Bridge collé.....</i>	9
Figure 13 :	<i>Bridge collé avec armature métallique.....</i>	9
Figure 14 :	<i>Bridge collé renforcé de fibre.....</i>	9
Figure 15 :	<i>Bridge contilever.....</i>	9
Figure 16 :	<i>Bridge porté sur implants.....</i>	10
Figure 17 :	<i>Prothèse vissée sur implant.....</i>	10
Figure 18 :	<i>Technique Procera.....</i>	11
Figure 19 :	<i>Différents types de connexion sur implant.....</i>	11
Figure 20 :	<i>Les éléments constituant un implant.....</i>	11
Figure 21 :	<i>Schéma récapitulatif sur les types de prothèse fixe sur implant.....</i>	12
Figure 22 :	<i>La frise chronologique de la CFAO.....</i>	15
Figure 23 :	<i>Les différents dispositifs de la CFAO.....</i>	16
Figure 24 :	<i>Empreinte conventionnelle.....</i>	17
Figure 25 :	<i>Empreinte numérique optique.....</i>	18
Figure 26 :	<i>Différentes machines de fabrication.....</i>	19
Figure 27 :	<i>Pièces de reconstructions « tout-céramique » issues de CAO Chairside.....</i>	20
Figure 28 :	<i>Blocs à usiner destinés aux usineuses de cabinet pour restaurations unitaires.....</i>	23
Figure 29:	<i>Flux numérique en CFAO semi directe.....</i>	24
Figure 30 :	<i>Flux numérique en CFAO directe.....</i>	26

Liste des figures

Figure 31 :	<i>Comparaison entre les 03 types de CFAO dentaire.....</i>	26
Figure 32 :	<i>Propriétés des céramiques.....</i>	27
Figure 33:	<i>Coupe sagittale qui démontre la composition de la céramique par rapport au verre.....</i>	27
Figure 34 :	<i>Collage de la céramique feldspathique.....</i>	28
Figure 35 :	<i>Modèle de couronne en vitrocéramique.....</i>	29
Figure 36 :	<i>Blocs de vitrocéramique.....</i>	29
Figure 37 :	<i>Les différents matériaux disponibles en CFAO pour restauration antérieure.....</i>	30
Figure 38 :	<i>Embase titane et couronne en céramique.....</i>	30
Figure 39 :	<i>Les couronnes en Chrome Cobalt.....</i>	31
Figure 40 :	<i>Empreinte optique.....</i>	33
Figure 41 :	<i>Schéma récapitulatif du trajet lumineux.....</i>	35
Figure 42 :	<i>Principe de triangulation active.....</i>	35
Figure 43 :	<i>Principe de stéréoscopie dynamique.....</i>	36
Figure 44 :	<i>Principe de l'imagerie confocale.....</i>	36
Figure 45 :	<i>Exemple de stratégie de scannage.....</i>	40
Figure 46 :	<i>Empreinte avant traitement.....</i>	40
Figure 47 :	<i>Empreinte après traitement.....</i>	40
Figure 48 :	<i>Format natif.....</i>	41
Figure 49 :	<i>Export classique en format STL.....</i>	41
Figure 50 :	<i>Export en format PLY.....</i>	42
Figure 51 :	<i>Fichier en format OBJ.....</i>	42
Figure 52 :	<i>L'empreinte optique du maxillaire et de la mandibule visionnée sur le logiciel de CAO.....</i>	44
Figure 53 :	<i>La fenêtre de définition du travail sur l'Exocad.....</i>	45
Figure 54 :	<i>Articulateur virtuel du CEREC® listant les différents déterminants de l'occlusion</i>	47
Figure 55 :	<i>Schéma explicatif du triangle de Bonwill représenté par 3 points : le point incisif et le point central de chaque condyle.....</i>	48
Figure 56 :	<i>La valeur moyenne de la « Base ».....</i>	49
Figure 57 :	<i>La valeur moyenne de la pente condylienne.....</i>	49
Figure 58 :	<i>La valeur moyenne de l'angle de Balkwill.....</i>	49
Figure 59 :	<i>Schéma explicatif de l'angle de Balkwill.....</i>	50
Figure 60 :	<i>La valeur moyenne de l'angle de Bennett.....</i>	50
Figure 61 :	<i>Le compas occlusal de l'articulateur virtuel.....</i>	51

Liste des figures

Figure 62 :	<i>Les différents outils permettant de visualiser et de régler l'occlusion.....</i>	51
Figure 63 :	<i>Définition de la limite cervicale.....</i>	52
Figure 64 :	<i>Définition de l'axe d'insertion.....</i>	53
Figure 65 :	<i>Code couleur qui permet de corriger l'occlusion.....</i>	56
Figure 66 :	<i>La Fabrication Assistée par Ordinateur FAO.....</i>	56
Figure 67 :	<i>Usineuse 5 axe inLab MC X5.....</i>	57
Figure 68 :	<i>Principe d'impression 3D par injection de cire.....</i>	58
Figure 69 :	<i>Principe de conception par SLA et par stéréo lithographie par UV sélectif.....</i>	59
Figure 70 :	<i>Procédé de micro-fusion sélective de poudre par laser.....</i>	59
Figure 71 :	<i>La CFAO en prothèse fixée unitaire.....</i>	62
Figure 72 :	<i>La CAO en prothèse unitaire.....</i>	64
Figure 73 :	<i>Fabrication d'une couronne par système FAO.....</i>	65
Figure 74 :	<i>Bridge en zircone préparé par système CAD/CAM.....</i>	65
Figure 75 :	<i>Conception d'une facette à l'aide du système CEREC.....</i>	66
Figure 76 :	<i>Les différents principes de préparation des dents pour facettes.....</i>	68
Figure 77 :	<i>Scanner intra-oral.....</i>	69
Figure 78 :	<i>Modélisation et repérage des bords à l'aide de logiciel CEREC.....</i>	70
Figure 79 :	<i>Choix de la teinte pour le maquillage des facettes après l'usinage.....</i>	70
Figure 80 :	<i>Modélisation de facettes par CFAO.....</i>	72
Figure 81 :	<i>Bloc de céramique.....</i>	72
Figure 82 :	<i>Modélisation d'un guide chirurgical.....</i>	74
Figure 83 :	<i>La CFAO au service d'implantologie : l'enregistrement du profil d'émergence et du collet</i>	74
Figure 84 :	<i>Corps de scannage intra-oral.....</i>	75
Figure 85 :	<i>Principe de l'empreinte optique en implantologie.....</i>	76
Figure 86 :	<i>Vis de cicatrisation.....</i>	77
Figure 87 :	<i>La chaîne numérique en IAO : prothèse implanto- portée.....</i>	78
Figure 88 :	<i>Apport de CFAO dentaire.....</i>	82
Figure 89 :	<i>Etat initial de la 16.....</i>	85
Figure 90 :	<i>Réduction et repérage de marges.....</i>	85
Figure 91 :	<i>Prise d'empreinte.....</i>	85
Figure 92 :	<i>Conception et vérification de l'occlusion.....</i>	86
Figure 93 :	<i>Fabrication en cours de l'overlay.....</i>	86
Figure 94 :	<i>Après cuisson et finition de l'overlay.....</i>	86
Figure 95 :	<i>Etat final après collage.....</i>	87

Liste des figures

Figure 96 :	<i>Etat initial.....</i>	89
Figure 97 :	<i>Prise d’empreinte optique intra orale.....</i>	89
Figure 98 :	<i>Visualisation l’empreinte sur logiciel CAO.....</i>	89
Figure 99 :	<i>Détermination de l’axe d’insertion de bridge.....</i>	90
Figure 100 :	<i>Modèle virtuel du bridge.....</i>	90
Figure 101 :	<i>La Fabrication Assistée Par Ordinateur.....</i>	90
Figure 102 :	<i>Polissage du bridge.....</i>	91
Figure 103 :	<i>Bridge prêt à être cuit dans le four de sintérisation.....</i>	91
Figure 104 :	<i>Four céramique.....</i>	91
Figure 105 :	<i>Résultat final.....</i>	91

Liste des abréviations

Liste des abréviations :

HAS :	Haute Autorité de Santé publique française.
CFAO :	Conception et Fabrication Assistée par Ordinateur.
ADF :	Association Dentaire Française.
FAO :	Fabrication Assistée par Ordinateur.
CAO :	Conception Assistée par Ordinateur.
CAD/CAM :	Computer Assisted Design –Computer Assisted Manufacturing.
L'IDS :	International Dental Show GERMANY.
CEREC:	Chairside Economical Restoration Of Esthetic Ceramic.
SIRONA :	Entreprise américaine de matériel dentaire.
STL :	Stéréolithographie.
CO Cr :	Alliage Chrome Cobalt.
OIM :	Occlusion d'Intercuspidie Maximale.
EXOCAD :	Logiciel CAD/CAM
NURBS :	<i>Non-Uniform Rational Basis Splines</i>
FGP :	Functionally Generated Path(trajectoires générées par la fonction).
UV :	Ultra-Violet.
CC :	Couronne Coulée.
CIV :	Couronne à Incrustation Vestibulaire.
CCC :	Couronne Céramo-Céramique.
CCM :	Couronne Céramo-Métalique.
PMMA :	PolyMéthacrylate de Méthyle- résine dentaire.
TZP :	Tetragonal Zirconia Polycrystal.
PLY :	Polygon File Format.
OBJ :	Objet 3D.

Liste des tableaux

Liste des tableaux :

<i>Tableau 1 :</i>	<i>Caractéristiques des caméras optiques.....</i>	38
<i>Tableau 2 :</i>	<i>Avantages et inconvénients des empreintes optiques.....</i>	43

Table des matières

SOMMAIRE

Introduction	1
---------------------------	---

Chapitre I: Rappel de la prothèse fixée

1- Définition	3
2- Différents types de la prothèse fixée	3
2.1-Inlay/Onlay/Overlay	3
2.1.1- L'inlay	3
2.1.2- L'onlay	4
2.1.3- L'overlay	4
2.2- L'inlay core	4
2.3- Les facettes	5
2.4- Les couronnes	5
2.4.1- Couronnes coulées (CC)	6
2.4.2- Les couronnes mixtes	6
2.4.2.1- Les couronnes à instruction vestibulaire (CIV)	6
2.4.2.2- Les couronnes céramo-métalliques(CCM)	6
2.4.2.3- Les couronnes céramo-céramiques(CCC)	7
2.5- Les Bridges	7
2.6- Implants	10

Chapitre II : Bases fondamentales de la CFAO

1- Historique	14
1.1- L'esquisse de la CFAO	14
1.2-Consécration et début de la CFAO	14
2- Les grands principes	16
2.1- Généralité et définition	16
2.2 -L'empreinte	17
2.2.1- L'empreinte conventionnelle	17
2.2.2- L'empreinte numérique	18
3- Constituants de la CFAO	19
3.1- Système de mesure	19
3.2- La CAO au cabinet	20
3.3- La FAO	21
4 -Les différents types de la CFAO	23
4.1- La CFAO indirecte	23
4.2- La CFAO semi directe	24

Table des matières

4.3- La CFAO directe.....	24
5- Les matériaux utilisés en CFAO	27
5.1- La céramique	27
5.1.1- La céramique polycristalline	27
5.1.2- La céramique feldspathique	28
5.1.3- La céramique infiltrée	28
5.1.4- Les Vitro-céramiques	29
5.2- Les composites (les résines composites)	29
5.3- Les métaux	30
5.3.1- Le titane	30
5.3.2- Le chrome_cobalt (co-cr)	31

Chapitre III : Chaîne numérique de la CFAO

1- L’empreinte optique	33
1.1- Principe de l’empreinte optique	33
1.1.1- Principe de la triangulation active	35
1.1.2- La stéréoscopie dynamique	36
1.1.3- L’imagerie confocale parallèle	36
1.2- Les paramètres de la caméra optique	37
1.2.1- Le type d’acquisition	37
1.2.1.1- Image par image	37
1.2.1.2- Le Flux continu (full motion)	37
1.2.2- Le poudrage	37
1.2.3- Rendu colorimétrique des empreintes virtuelles	37
1.3- Protocole de prise de l’empreinte optique	38
1.3.1- Prise d’empreinte proprement dite.....	39
1.3.2- L’envoi l’empreinte via des fichiers.....	40
1.4- Empreinte optique : avantages et inconvénient	42
2- Conception Assistée par Ordinateur	43
2.1- La numérisation	43
2.1.1- Méthodes d’enregistrement	43
2.2- Traitement des données.....	44
2.3- Les étapes de scannage	45
2.3.1- Saisie des données	45
2.3.2- Scannage des deux arcades	46
2.3.3- Scannage de l’occlusion simple.....	46

Table des matières

2.4- Les articulateurs virtuels	47
2.4.1- Ses paramètres..	48
2.4.2- Fonctionnalités	52
2.5- Paramétrage	52
2.5.1- Limite cervicale.....	52
2.5.2- Axe d'insertion.....	53
2.6- Modélisation.....	54
3- Fabrication Ossistée par Ordinateur (FAO)	56
3.1- Méthode soustractive : Usinage	56
3.1.1- Le logiciel FAO	57
3.1.2- Les machines-outils	57
3.2- Méthode additive	58
3.2.1- Les imprimantes 3D	58
3.2.2- La stéréo lithographie.....	59
3.2.3- La micro fusion (frittage laser)	59
Chapitre IV : La CFAO et la prothèse fixée	
1- CFAO de prothèse fixée unitaire	62
1.1- principe de préparation	62
1.1.1- Réalisation de la forme du contour de la dent	63
1.1.2- Profil d'émergence	63
1.1.3- Contacts occlusaux et proximaux	63
1.1.4- Contrôle de l'épaisseur du joint périphérique	63
1.2- CAO.....	64
1.3- FAO	64
2 -CFAO de bridge	65
3- CFAO des facettes dentaires	66
3.1- Analyse esthétique préopératoire	66
3.2 -Préparation.....	67
3.2.1- Les principes de préparation	67
3.2.2- Les types de préparation.....	67
3.2.3- Les étapes pour la préparation d'une facette en céramique	68
3.3- Empreinte	69
3.4- Le choix de la teinte	70
3.5- CAO.....	71
3.6- FAO	72

Table des matières

4- CFAO des implants	73
4.1- Possibilités des empreintes sur implants	74
4.1.1- Corps de scannage	75
4.1.2- Vis de scannage	76
4.2- Possibilités des pièces prothétiques	77
Chapitre V: Apport de la CFAO en pratique dentaire	
1- Les avantages	80
2- Les inconvénients	82
Chapitre VI : Cas cliniques	84
Conclusion	92
Bibliographie	94

INTRODUCTION

INTRODUCTION

La Conception et Fabrication Assistée par Ordinateur (CFAO) est la première porte d'entrée de la dentisterie en monde numérique, c'est une révolution technologique qui a modifié les dynamiques de l'emploi, en créant de nouvelles formes et de nouveaux modes de travail.

Cette révolution a vu le jour, a chamboulé le monde dentaire et a rendu accessible les rapports entre les médecins et les machines et donc améliorer l'image, la qualité et la production.

Le champ d'application de la CFAO est divers et plus spécialement la prothèse dentaire qui adopte cette révolution.

Dans notre thèse l'étude sera consacrée sur la numérique en prothèse fixée incluant cinq chapitres et dans un premier temps, il est intéressant de rappeler sur les différents types de prothèse fixée.

Comme une entrée dans ce domaine, le deuxième chapitre aborde des généralités sur les grandes principes de base de CFAO, parlant de différentes étapes, de différents types et terminant par les principaux matériaux utilisés par cette technique.

Si on rentre plus profond, notre recherche détaille beaucoup plus chaque étape passant par l'empreinte optique, la conception et la fabrication dans le troisième chapitre.

Et pour relier cette révolution à la prothèse fixée le quatrième chapitre décrit les différentes étapes de réalisation de chaque type de prothèse fixée par ce flux numérique.

Synthétisant en dernier chapitre l'apport de la CFAO dans la pratique dentaire.

Afin d'enrichir notre étude, on rajoute quelques cas cliniques préparés et réalisés par CFAO.

Terminant à la fin par une conclusion qui résume l'importance de cette révolution dans le domaine de la dentisterie.

CHAPITRE I

Rappel sur la prothèse fixée

1- Définition : [126]

Le mot prothèse vient du grec prothêsis (πρόθεσις) qui signifie addition. La Prothèse dentaire est une partie de l'odontologie étudiant l'indication, la conception et la technologie des artifices de remplacement dentaire, dans le but de restaurer et de maintenir l'esthétique et les fonctions de l'appareil manducateur.

Il existe trois grands types de prothèse dentaire : la prothèse amovible, fixée et maxillo-faciale.

Dans notre thèse, on va se focaliser sur la prothèse fixée qui peut être soit une prothèse unitaire ou plurale, destinée, selon les cas, à renforcer et rétablir la morphologie des dents (facettes et couronnes) ou à remplacer des dents absentes (bridges). Dans tous les cas, la prothèse fixée prend appui, grâce à un ciment de scellement ou une colle, soit sur des dents, soit sur des implants, à l'inverse de la prothèse mobile, qui prend aussi appui sur la gencive. Elle représente aujourd'hui la solution prothétique la plus recherchée en dentisterie, du fait d'un confort incomparablement plus grand que celui procuré par les prothèses amovibles (appareils dentaires).

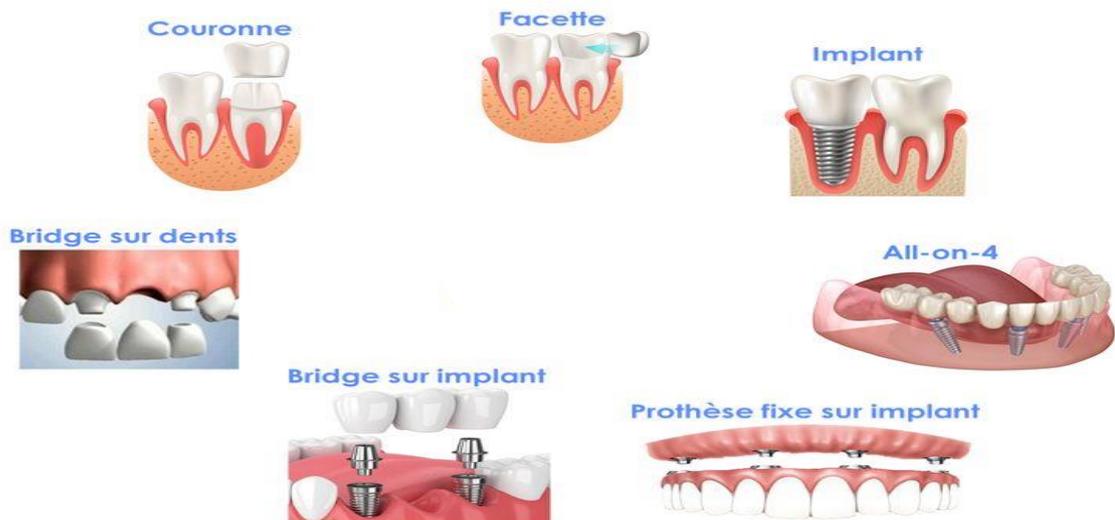


Figure 1 : Les différents types de prothèse fixée.

2- Différents types de la prothèse fixée :

2.1- Inlay/Onlay/Overlay : [122-123]

2.1.1-L'inlay :

Permet de reconstruire la partie abîmée de la dent quand la cavité à combler se trouve à l'intérieur des parois de la dent et que les cuspides sont restées intactes.

2.1.2-L'onlay :

Sert à reconstruire une dent plus délabrée, quand une paroi et/ou une cuspidé sont détruites.

2.1.3-L'overlay :

Reconstruit une dent dont plusieurs parois et/ou l'ensemble de la surface de mastication sont abimés.



Figure 2: inlay/onlay/overlay dentaire.

2.2-L'inlay core :

Est une constitution métallique coulé permettant la reconstitution des pertes de substances partielles coronaires ou corono-radiculaires d'une dent préparée au préalable pour recevoir un ancrage à recouvrement total. L'inlay core est appelé aussi faux moignon lorsqu'il reconstitue entièrement la partie coronaire d'une dent préparée pour recevoir une couronne à recouvrement total.



Figure 3 : Inlaycore.

2.3- Les facettes : [40]

La préservation tissulaire est un préalable indispensable à tout traitement de dentisterie moderne pour mieux assurer la résistance à long terme des restaurations, de maintenir la vitalité pulpaire et avoir la possibilité de ré-intervenir dans le futur, les facettes céramiques collées répondent à ces attentes. Ce sont des artifices prothétiques en céramique ayant uniquement pour but d'améliorer l'esthétique des dents visibles (incisive – canine) en jouant sur la teinte, la forme, la position et la taille des dents, elles limitent au maximum la mutilation des dents c'est pourquoi elles ne se substituent pas aux couronnes qui présentent des indications différentes.



Figure 4 : Facettes en céramiques.

2.4- Les couronnes :

Les restaurations de pertes moyennes ou importantes de tissus dentaires nécessiteront l'utilisation d'une technique indirecte y compris la prothèse unitaire fixée qui permet la restauration de l'anatomie et de la fonction de l'organe dentaire délabré.

La prothèse fixée unitaire peut avoir comme support un implant ou une racine naturelle.

Les couronnes sont des prothèses de type fixe par apposition à l'amovible.

Elles vont couvrir la partie coronaire de la dent afin d'établir la morphologie et la fonction elles peuvent être unitaires ou plurales (aussi appelées bridge), destinées à remplacer une ou plusieurs dents manquantes en s'appuyant sur des points d'appui dentaire (préparation) implantaire.

La prothèse fixée va être solidarifiée à une dent ou un faux moignon par scellement ou collage (vissage dans le cas de la prothèse implanto-portée).

Le choix de matériaux va se faire en fonction du gradient esthétique et gradient économique.

2.4.1- Couronnes coulées (CC) :

La couronne coulée ou couronne métallique de revêtement est un artifice prothétique réalisé par coulée d'un alliage semi précieux en fusion (ancien l'or), un alliage nickel chrome ou chrome cobalt ou titane en cas d'allergie au nickel.



Figure 5 : Couronnes métalliques.



Figure 6 : Couronnes en céramique.

2.4.2- Les couronnes mixtes : [120-121]

2.4.2.1- Les couronnes à incrustation vestibulaire (CIV) :

C'est une couronne à recouvrement total en métal coulé portant sur la face vestibulaire un masque en résine ou en porcelaine à des fins esthétiques, ce masque peut être scellé ou élaboré par cuisson.



Figure 7 : Couronne à incrustation vestibulaire.

2.4.2.2- Les couronnes céramo-métalliques(CCM) :

C'est une couronne composée d'une infrastructure métallique qui s'engrène sur la préparation et sert de support à la céramique sus-jacente. La couronne est plus esthétique et onéreuse qu'une CIV.



Figure 8 : Couronnes céramo-métalliques.

2.4.2.3- Les couronnes céramo-céramiques(CCC) :

C'est la couronne la plus esthétique, elle présente pour particularité de ne pas avoir d'armature métallique, ainsi la partie intérieure est composée de zircone, un matériau de couleur blanche alors que la partie extérieure est recouverte de céramique cosmétique. C'est également la couronne la plus chère.



Figure 9 : Couronne céramo-céramique.

2.5- Les bridges : [20-64]

Un bridge est un dispositif qui vise à remplacer une ou plusieurs dents manquantes. Il prend appui sur les dents qui bordent le secteur édenté (dents adjacentes) ou sur des implants. La ou les dent(s) absente(s) sont remplacée(s) par les éléments intermédiaires qui représentent la travée du bridge. Il peut être totalement métallique, céramo-métallique (c'est-à-dire composé d'une structure métallique recouverte de céramique) ou composé uniquement de matériaux céramiques. Il est à souligner qu'un bridge classique implique la préparation de dents adjacentes parfois saines.

***Les constituants d'un bridge :**

- Une travée, ou dent intermédiaire : restaurant l'espace édenté.

- Deux connexions unissant la travée aux moyens d'ancrage

Cette construction peut revêtir, néanmoins, diverses formes cliniques :

➤ L'ancrage qui peut être : un onlay, une couronne entièrement métallique, une coiffe céramo-métallique, une coiffe à incrustation vestibulaire ... ,

➤ La travée peut être : supra-muqueuse, contre-muqueuse, intra-muqueuse.

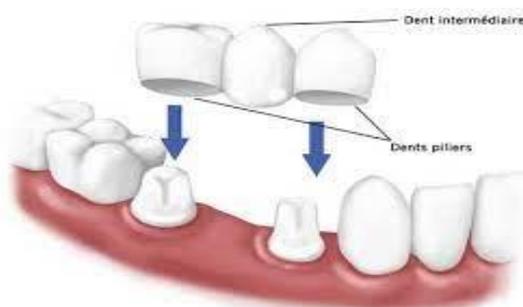


Figure 10 : Les constituants d'un bridge dentaire.

***Les types d'un bridge :**

a- Les bridges dento-portés :

Le bridge conventionnel : est le plus classique remplace une ou plusieurs dents qui va s'ancrer sur deux piliers formé par les dents voisins préalablement tailler et dans certains cas dévitaliser. Ceux-ci peuvent être réalisés en divers matériaux :

- Céramo-céramique,
- Zirconie,
- Céramo-métallique.



Figure 11 : Bridge conventionnel.

Le bridge collé : destiné pour remplacer qu'une seule dent .Le bridge est alors collé sur les dents adjacentes grâce à des « ailettes » préservant l'intervention sur les dents supports.



Figure 12 : Bridge collé.

Qui peut être :

- Collé avec armature métallique.



Figure 13 : Bridge collé avec armature métallique.

- Collé renforcé de fibre.



Figure 14 : Bridge collé renforcé de fibre.

Le bridge « en extension », dits cantilever : solidaire d'un ou des deux moyens d'ancrages situés du même côté de l'édentement.



Figure 15 : Bridge cantilever.

b- Les bridges implanto-portés : ces ancrages sont des implants.



Figure 16 : Bridge porté sur implants.

2.6- Implants : [87]

Un implant dentaire ou ancrage dentaire est une vis en titane ou en zirconium ou un implant en polymère positionné dans le maxillaire ou la mandibule et destiné à soutenir une prothèse dentaire amovible ou permanente.

Les implants dentaires sont des racines artificielles destinées à remplacer des dents manquantes. L'implant dentaire se présente sous différentes formes et sous différentes tailles afin de s'adapter aux besoins et à la pathologie de chaque patient. Cette grande diversité permet de garantir une intégration parfaite de l'implant et ce phénomène d'intégration biologique est appelé ostéointégration implantaire pour obtenir la meilleure résistance et la meilleure longévité à l'implant.

Ils permettent de retrouver des capacités normales de mastication tout en profitant d'un résultat esthétique irréprochable. Ils sont une solution durable qui peut être la pierre angulaire d'un sourire beau et sain.



Figure 17 : Prothèse vissée sur implant.

Les différents types de prothèse fixée que supporte l'implant :

a- prothèse vissée :

La prothèse peut être vissée soit dans un pilier transgingival, soit directement dans l'implant (citons la technique Procéra®).

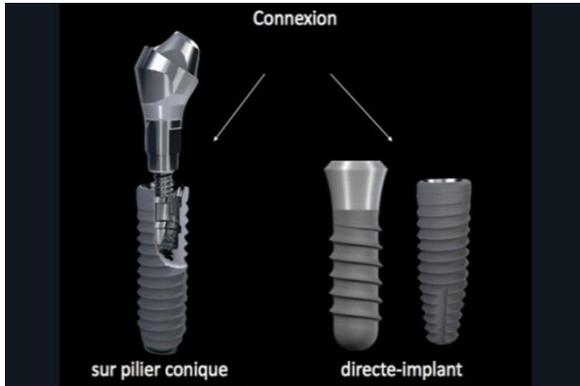


Figure 19 : Différents types de connexion sur implant.



Figure 18 : Technique Procera.

b- Prothèse scellée :

La prothèse implantaire est cimentée (ou collée) sur un pilier prothétique, lui-même vissé dans le pas de vis interne de l'implant.

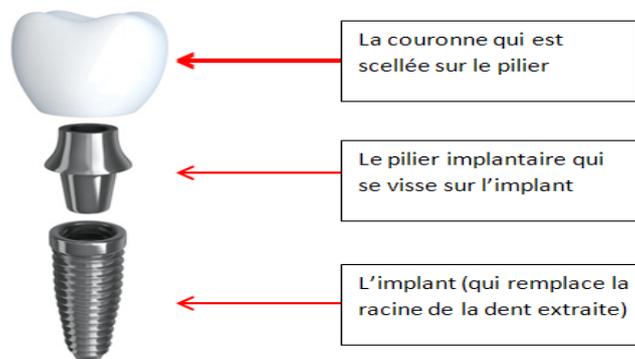


Figure 20 : Les éléments constituant un implant.

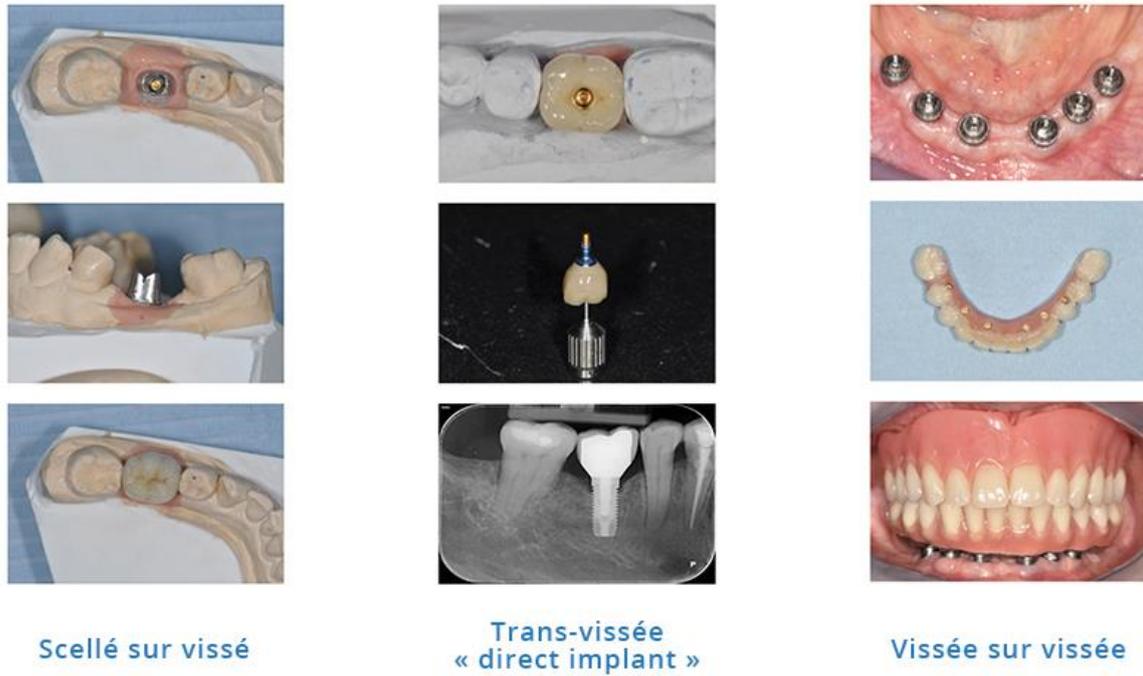


Figure 21 : Schéma récapitulatif sur les types de prothèse fixe sur implant.

Chapitre II

Bases fondamentales de la

CFAO

1- Historique : [74]

Les débuts de la CFAO remontent aux années 1950.

1.1- L'esquisse de la CFAO :

Dans les années 70, de jeunes étudiants en master à la faculté des sciences de Lyon s'intéressent aux évolutions numériques et notamment à l'imagerie 3D.

Avec l'aide précieuse de M. Dumas, et de la richesse de toutes ses recherches antérieures, François Duret procède à l'écriture d'une thèse de 2ème cycle et la publie en 1973, « EMPREINTE OPTIQUE » et énonce les grands principes de la CFAO dentaire. C'est du renouveau dans le domaine dentaire, jusque-là la CFAO et l'empreinte optique n'étaient qu'une ébauche imaginaire non concrète. Cette thèse est la base de toutes recherches qui se feront par la suite dans la CFAO. Dans sa thèse François Duret présente un premier prototype d'une caméra intrabuccale.

Parallèlement à ses recherches au sein de la faculté, François Duret fait la connaissance de l'ingénieur Jean Louis Blouin qui lui permet de concevoir la première caméra de digitalisation. Cette caméra lui permet de compléter son prototype pour réaliser des clichés.

Les années 70 se terminent alors par une pause dans l'évolution de la CFAO et le début des années 80 marque l'ouverture de diverses expérimentations dans ce domaine.

La CFAO dentaire franchit une nouvelle frontière en 1985 avec la présentation à l'ADF.

François Duret s'entoure de 8 ingénieurs et de son oncle dans la réalisation d'une couronne sur une prémolaire (45). Il réalise la préparation au scellement direct en bouche en passant par la prise d'empreinte, la modélisation par ordinateur et l'usinage par la machine à outils. Il présente tout ceci en direct à l'ADF à moins de 4 mètres de ses confrères : il s'agit d'un exploit accompli après tant d'années de travail.

1.2- Consécration et début de la CFAO :**Progrès à partir de 1990 jusqu'au 21ème siècle :**

A partir des années 1990 les congrès dédiés à la CFAO se multiplient. On peut citer l'exemple du congrès IDS en 1992 qui a consacré une grande partie de ses stands à la CFAO et à ses chercheurs. Une des illustrations du progrès de la CFAO dentaire est la commercialisation de plus de 25000 machines CEREC depuis sa création. La Société SIRONA ne s'arrête pas à ce modèle.

L'arrivée du 21ème siècle se traduit par la commercialisation de modèles destinés aux laboratoires de prothèses. Ce sont des systèmes complètement fermés, lisant directement des modèles en plâtre, ils sont de plus en plus performants. La société DCS qui investit pour le matériel des laboratoires de prothèses présente un centre usinage tenant seulement dans une pièce et travaillant 24h sur 24. Ce type d'outils est plus efficace, apporte une meilleure rentabilité et diminue le coût de la main d'œuvre. Les prothésistes ne pouvaient en voir que des avantages.

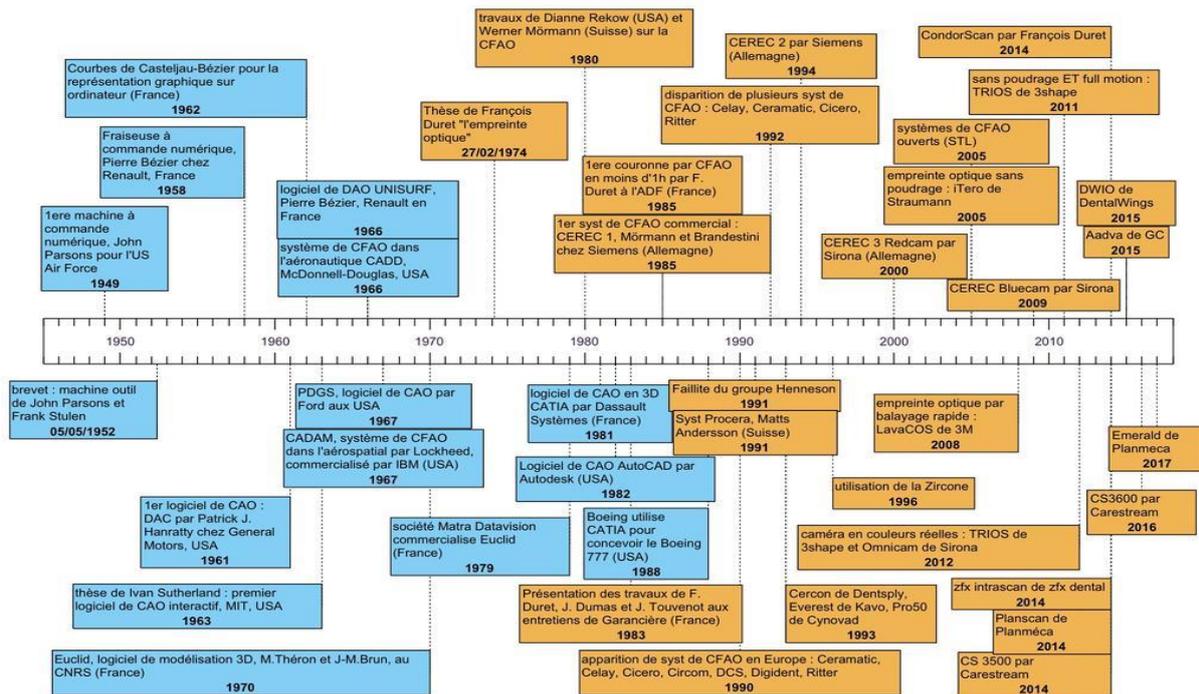


Figure 22 : La frise chronologique de la CFAO.

2- Les grands principes :

2.1- Généralité et définition : [34]

Sans aucun doute, l'un des apports majeurs de la science moderne à la dentisterie au cours des dernières décennies est de lui avoir permis d'accéder aux traitements informatiques et à leurs multiples applications.

La numérisation des formes dentaires est le passage obligé, qu'elle ait pour but le diagnostic ou la thérapeutique. Elle permet au praticien d'analyser, de stocker, de reproduire, de modifier et même de réparer virtuellement l'organe dentaire de manière quasi illimitée.

- **Définition :**

La CFAO signifie Conception et Fabrication Assistées par Ordinateur (CAD-CAM : Computer Assisted Design, Computer Assisted Manufacturing) et désigne un processus industriel destiné à simplifier et à standardiser les techniques et les tâches répétitives.

En odontologie, elle désigne l'ensemble des équipements permettant d'aller de la modélisation à la fabrication des prothèses dentaires assistées par ordinateurs. Ce processus comporte deux parties distinctes :

La CAO : qui permet la construction tridimensionnelle du modèle numérique.

La FAO : qui fait le lien entre la CAO et la machine de mise en forme du matériau, qui peut être Soustractive (usinage) ou additive.

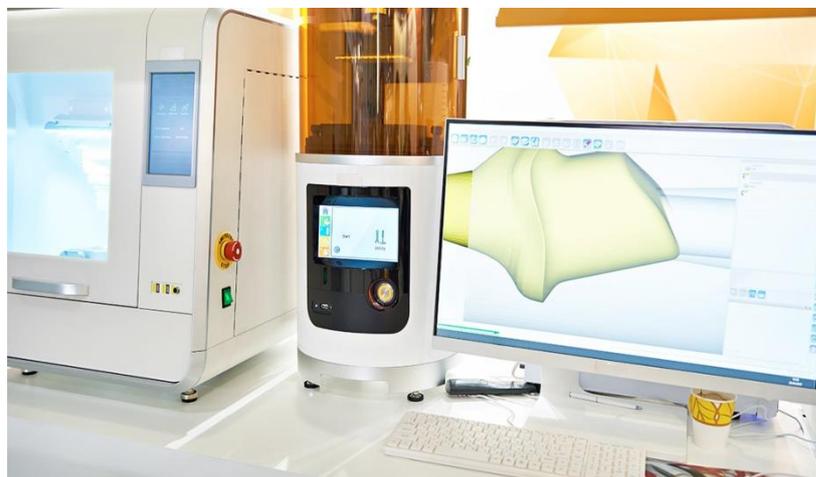


Figure 23 : Les différents dispositifs de la CFAO.

2.2- L'empreinte :

Quelle que soit la discipline en dentisterie, dès lors qu'il s'agit de reproduire un élément en bouche nous avons recours à une prise d'empreinte.

L'empreinte est une étape clé dans le succès d'une réalisation prothétique, et le choix du bon matériau en fonction de la bonne indication fait partie des impératifs de réussite.

2.2.1- L'empreinte conventionnelle : [79-110]

La prise d'empreinte est un acte courant en odontologie, C'est un élément de communication primordial avec le laboratoire de prothèses. Lors du retrait de l'empreinte après la prise en bouche, celle-ci est recouverte de salive, mais souvent également de sang. De plus, la cavité buccale est un milieu naturellement septique, il apparaît donc évident que cette empreinte est contaminée par de multiples micro-organismes. L'empreinte sera ensuite acheminée vers le laboratoire de prothèse, donc hors de la salle de soin, et même hors du cabinet dentaire. Le risque de dissémination de micro-organismes est donc majeur. Il est alors indispensable de lutter contre ce risque de contamination croisée entre les patients, le praticien, l'assistante, le prothésiste, et toute personne pouvant entrer en contact direct ou indirect avec l'empreinte.

La décontamination consiste à détruire les germes pathogènes, tout en conservant les propriétés physico- chimiques du matériau : stabilité dimensionnelle et bonne reproduction des détails. Sa perméabilité.... La décontamination fait l'objet de nombreuses controverses en ce qui concerne les produits utilisés et la technique de mise en œuvre. Certains préconisent la pulvérisation de solution à base de glutaraldéhyde à 2 % ou d'hypochlorite de sodium à des concentrations variant de 0,5% à plus de 5%. D'autres conseillent des mélanges d'alcool et d'aldéhyde ou de dérivés iodés.

Les techniques d'empreintes conventionnelles sont décrites de manière exhaustive dans la littérature. Elles ont fait et font leur preuve dans l'exercice quotidien de nombreux praticiens pour la réalisation d'une prothèse.



Figure 24 : Empreinte conventionnelle.

2.2.2- L'empreinte numérique : [22-57-119]

L'empreinte numérique est désormais un outil de travail utile et avantageux dans la réalité clinique quotidienne.

***L'empreinte numérique optique :**

L'empreinte optique est le nouveau porte-empreinte numérique des dentistes qui facilite la communication avec les laboratoires de prothèse. C'est un moyen fiable et rapide d'acquisition.

Deux types de numérisation peuvent conduire au modèle dentaire virtuel, la numérisation *intra-orale* et la numérisation *extra-orale*

La numérisation intra-orale nécessite des systèmes de caméra numérique adaptés à la cavité buccale ; tandis que l'extra-orale s'obtient grâce à la numérisation d'une empreinte prise de façon traditionnelle au cabinet ou encore du modèle en plâtre issue de ce type d'empreinte.



Figure 25 : Empreinte numérique optique.

*** L'empreinte numérique mécanique :**

Méthode par contact mécanique ou micro palpation, a été décrite en 1977 par Mushabac. Pour cela l'objet est placé sur un socle indéformable dans un habitacle fermé et isolé de la lumière. Une potence est fixée à ce plateau avec à son extrémité un palpeur de forme sphérique. La position de base du stylet sert de référence pour les mesures à suivre.

Cette technique induit deux types de lecture possible :

- Lecture à la volée lorsque le stylet est piloté.
- Lecture universelle si le stylet balaie la surface automatiquement.

***L'empreinte numérique radiologique : Cône beam.**

3- Constituants de la CFAO : [115]

3.1- Système de mesure :

Plusieurs situations sont possibles pour la production de la prothèse à réaliser. L'opérateur, en fonction du choix du matériel de CFAO qu'il possède au cabinet ou en fonction des matériaux qu'il veut utiliser ou encore en fonction de la prothèse à réaliser, va devoir réaliser la prothèse dans des lieux géographiques différents. Ainsi s'offre à lui trois possibilités :

- Directement au cabinet
- Internalisé c'est à dire au laboratoire de sa région
- Externalisé c'est-à-dire dans un centre d'usinage délocalisé par rapport à son laboratoire.

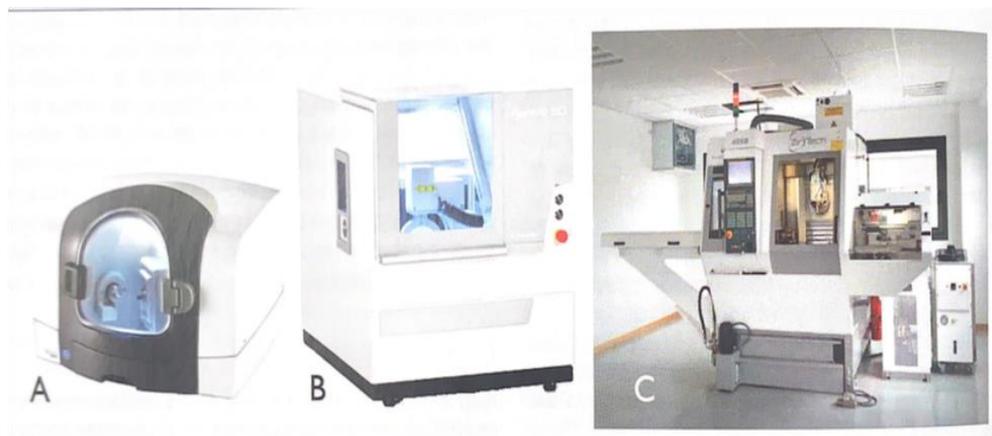


Figure 26: Différentes machines de fabrication, a : de cabinet (CS 3000, carestream). b : de laboratoire (Plan Mil 50, Planméca). c : de centre de production (408 B, Willemin Macodel).

Parmi les choix possibles il faut également distinguer si le système est « ouvert » ou « fermé ».

Dans un système ouvert, les étapes de la CFAO peuvent être réalisées par des machines de fabricants différents communiquant entre les modules (scanner, CAO et FAO) par des fichiers en format ouvert (STL), c'est-à-dire lisibles par les divers modules bien qu'ils n'aient pas le même fabricant.

Ce système n'est possible qu'avec une numérisation extra-buccale.

Les principaux systèmes ouverts sont :

- Cynovad
- Dental Wings
- NobilMetal
- Simeda

Dans un système fermé, le fabricant oblige l'opérateur à utiliser un seul et unique système de CFAO, ainsi le lien entre le scanner, la CAO, et la FAO n'est possible qu'avec les modules d'un même système. Les fichiers sont donc spécifiques à chaque système et ne peuvent être lus par les autres.

Les principaux systèmes fermés sont :

- 3M-LAVA
- Nobel-Procera
- Sirona-Cerec

3.2- La CAO au cabinet :

La CAO de la CFAO directe est prévue pour la réalisation de pièces unitaires, généralement monobloc, tout-céramique. Il s'agit des couronnes unitaires, des onlays, inlays, V-preps, endocouronnes, endo-V-preps destinées à être collées.

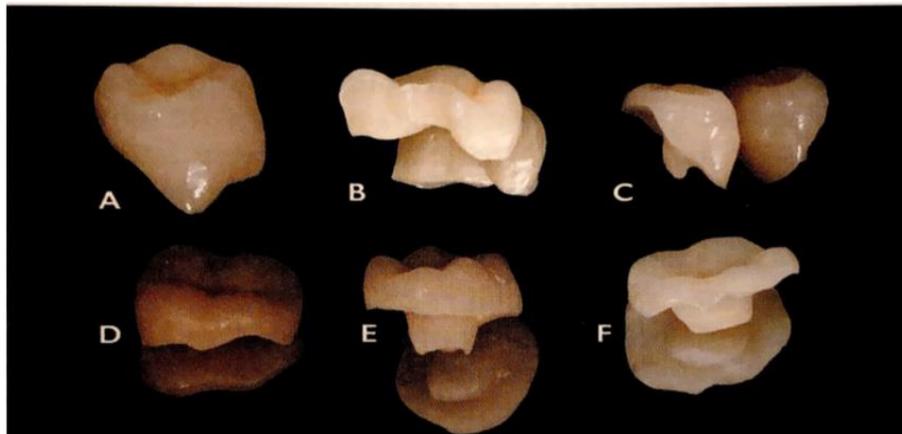


Figure 27 : Pièces de reconstructions « tout-céramique » issues de CAO chairside. a: couronne. b: onlay. c: coiffe partielle prémolaire. d: V-prep (table top homothétique). e: endocouronne. f: endo-V-prep.

L'étape de CAO est celle qui rebute un maximum de praticiens. Maîtriser un logiciel de conception prothétique exige d'abord un prérequis évident : posséder son anatomie dentaire. Le deuxième élément est d'accepter de réaliser un travail personnel pour maîtriser l'outil informatique de conception. Cela demande un minimum d'investissement et de temps. Les logiciels destinés aux praticiens pour le travail au fauteuil se veulent simples et conviviaux.

Pour être attractifs, ils doivent posséder les caractéristiques suivantes :

- Etre fluides: les étapes doivent s'enchaîner de façon logique, rationnelle et rapide, si possible sans changer de programme. Le passage de l'empreinte optique à la modélisation, par exemple, ne doit pas être perceptible;

- Etre instinctifs: les outils de conception doivent être disposés de façon simple sur le bureau sans présenter un nombre excessif d'options et se mettre en œuvre de façon naturelle;
- Permettre de réaliser un maximum de types de reconstructions (couronnes, restaurations partielles, pelliculaires, etc.);
- Proposer la palette de modes de reconstructions la plus large possible (bases de données, reproduction, corrélation, etc.)

3.3- La FAO :

La Fabrication Assistée par Ordinateur constitue la dernière étape de la chaîne de CFAO consiste à matérialiser le projet prothétique à partir d'une conception informatique.

Le recours aux machines-outils pilotées par informatique est exponentiel pour plusieurs raisons. En premier lieu, l'arrivée des nouveaux matériaux : l'illustration en est la banalisation du « tout-céramique », et tout particulièrement de la zircone principalement mise en œuvre par usinage. Le contexte économique également, les laboratoires connaissant une ère de robotisation comme l'a connue l'industrie dans les années 1970 avec le passage progressivement de l'artisanat à l'industrie. Les rendements de production sont améliorés, assurant une constance dans la qualité des résultats et une traçabilité optimale. Pourtant, bien que le « tout-céramique » connaisse un essor important, le métal est encore utilisé pour la fabrication de l'essentiel des prothèses fixées.

On distingue deux méthodes de fabrication: la méthode additive et la méthode soustractive.

La nature et la taille des machines varient selon qu'elles sont destinées à un usage au cabinet dentaire, au laboratoire ou dans un centre de production.

Différentes machines de FAO :

On peut distinguer trois sortes de machines de FAO : les machines de centres de production, les machines de laboratoire, dites « de table ou d'établis », et les machines destinées aux cabinets dentaires qui pratiquent la CFAO directe.

➤ Machines destinées aux cabinets dentaires :

Pour pratiquer la CFAO directe, il est nécessaire de posséder tous les éléments de la chaîne : la caméra pour prise d'empreinte intra-orale, le système informatique nécessaire à la CAO et, bien sûr, l'unité de fabrication qui sera une usineuse.

Les unités d'usinage de cabinet sont de taille encore plus réduite que celles des tables de laboratoire. Elles sont prévues pour ne pas encombrer le cabinet. Leur poids n'en est pas moins important puisqu'il peut atteindre les 100 kg.

Pour fonctionner, ces machines se branchent simplement sur une prise de courant, mais certaines peuvent demander d'être raccordées à un compresseur. Elles peuvent être à sec ou humide alimentées en eau, additionnée ou non d'un lubrifiant, le tout situé dans un réservoir autonome. Elles sont reliées au poste informatique qui les pilote par câble ou plus généralement par une connexion sans fil. Il est possible également d'enregistrer la pièce à modéliser si une clé USB qui sera ensuite connectée à la machine.

Le niveau sonore étant assez élevé, il est préférable de les installer dans une autre pièce que celle où se trouve le fauteuil. Le temps d'usinage varie selon les machines et le volume de la pièce à usiner, de 6 à 20 minutes environ.

Ces machines sont munies avec 2 à 5 fraises (CEREC®, Planmill®).

L'usure et la cassure des fraises est variable de même que leur coût, nécessitent leur changement.

Les usineuses de cabinet sont soit des maillons d'une chaîne de CFAO déjà montée et souvent de la même marque (Sirona, Planméca, Carestream), soit des usineuses « indépendantes » ou ouvertes. Elles sont généralement l'adaptation « cabinet » d'usineuses destinées aux laboratoires de prothèses.

Il est primordial pour le praticien de connaître les différents types de matériaux pouvant être usinés par la machine qui l'intéresse. Les variétés de blocs à usiner étant nombreuses.

Elles existent en différentes tailles et teintes, avec des variations chromatiques au sein du bloc ou des degrés de translucidité différents.

On distingue parmi ces matériaux des céramiques feldspathiques renforcées, des céramiques vitreuses renforcées, des disilicates de lithium, des zircons (et full zircons), du métal préfritté, des résines plus ou moins chargées ainsi que des matériaux dits « hybrides ».

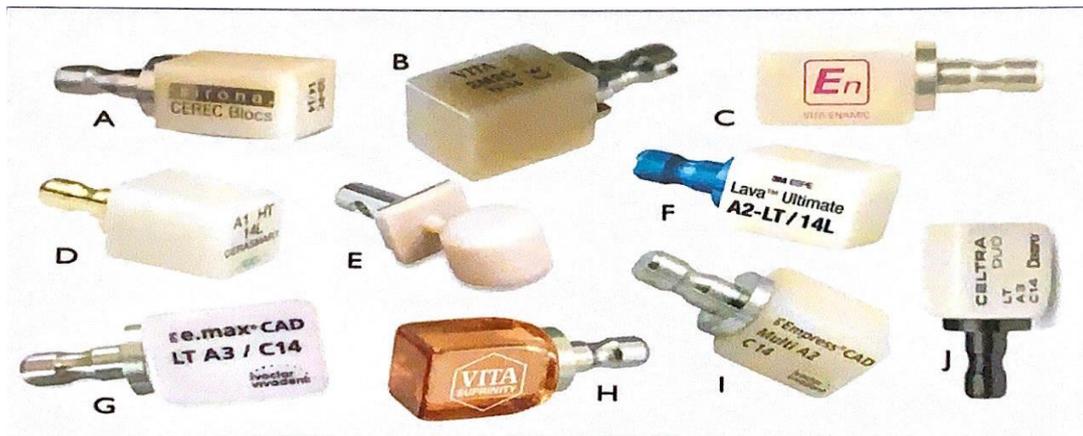


Figure 28 : Blocs à usiner destinés aux usineuses de cabinet pour restaurations unitaires. a: Sirona. b: Vitablocs® Mark II TF. c: Vita Enamic®. d: GC Cerasmart®. e: BruxZir®. f: Lava™ Ultimate. g: IPS e.Max® CAD. h: Vita Surprinity®. i: IPS Empress® CAD. j: Celtra®.

Les blocs de céramique sont les plus utilisés en prothèse fixée Chairside. Ils permettent la fabrication de pièces unitaires comme des restaurations coronaires totales ou partielles, des restaurations cavitaires ou pelliculaires. Il est également possible, si l'indication est bien posée, de réaliser des bridges de trois pièces prothétiques en disilicate de lithium.

Les pièces ainsi usinées vont demander une finition allant du simple polissage mécanique au maquillage le plus complexe avec cut-back (stratification partielle). Généralement, un glaçage et un léger maquillage suffisent.

4- Les différents types de la CFAO : [42-73-114]

4.1- La CFAO indirecte : [65-88]

La chaîne numérique de la CFAO indirecte débute seulement au laboratoire par le prothésiste à partir d'un modèle de travail conventionnel scanné issu d'une empreinte physico-chimique classique au cabinet de l'arcade à restaurer ainsi que de l'antagoniste, Dans le cabinet dentaire rien n'a changé.

➤ Il existe deux types de machines d'usinage en CFAO indirecte :

1. Les machines d'établies sont imposantes et compatibles avec une utilisation de laboratoires de prothèse.

2. Les stations d'usinage destinées à la production de masse.

Les différentes machines d'usinage vont se différencier par leurs nombres d'axes de déplacement, Ils vont déterminer la précision des fraiseuses lors des mouvements d'usinage.

Les avantages :

- Réhabilitations de grande étendue voire d'arcade complète.
- Prise d'empreinte en infra gingivale plus aisée.
- Bénéficier de l'expertise du prothésiste.

4.2- La CFAO semi directe :

Consiste en la réalisation au cabinet d'une empreinte optique intra-orale enregistrée par le praticien et envoyée par fichier numérique via internet puis elle sera directement traitée informatiquement au laboratoire de prothèse ou à un centre d'usinage. Les étapes de modélisation et de fabrication sont réalisées par le prothésiste.

La technique semi-directe ouvre la porte à de nombreuses indications, comme la réalisation des bridges, l'usinage d'une chape en zircone et la production des restaurations esthétiques en céramique stratifiée.

Les avantages :

- De limiter l'investissement à l'empreinte optique et un gain de temps.
- Bénéficier de l'expertise du prothésiste pour la conception et la fabrication des éléments prothétiques.
- Offre la possibilité de réaliser des cas cliniques complexe.

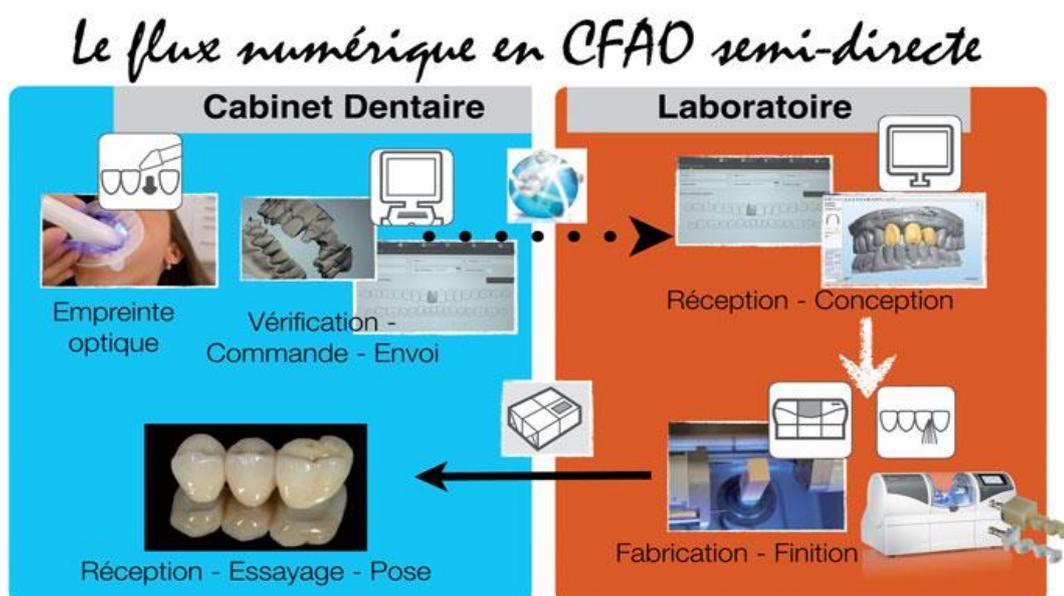


Figure 29 : Flux numérique en CFAO semi directe.

4.3- La CFAO directe : [90]

Ou Chairside, est la CFAO originelle porteuse de la philosophie « one visit dentistry », permet la Conception et Fabrication Assistée par Ordinateur d'éléments prothétiques par le praticien, permet de répondre aux attentes de nos patients en matière d'esthétique, de confort, de longévité et cela en un seul et même rendez-vous.

➤ Cette technique rend possible la réalisation de restaurations partielles, comme les inlays, onlays ou facettes, et des restaurations totales comme les couronnes et endo-couronnes unitaires. Il est aussi possible de réaliser des piliers anatomiques et des couronnes implantaires.

➤ Du point de vue des restaurations plurales, cette technique se limite aux bridges antérieurs de 3 éléments.

➤ Concernant le bridge postérieur ou de grande étendue cette technique atteint ses limites au niveau de l'enregistrement des paramètres occlusaux.

Pour un exercice en omnipratique, implique :

1. une unité d'acquisition (caméra).
2. une unité d'usinage (choisir l'usinage à froid d'une machine-outil à commande numérique, de faible encombrement et avec un fonctionnement rapide).
3. un espace bien éclairé avec un plan de travail associé au four à céramique et un rangement des consommables dévolus à la CFAO.

Les avantages :

- Ergonomiques : diminution du nombre de rendez-vous.
- De précision et de reproductibilité prédictible des pièces prothétiques.
- De valorisation de l'image du professionnel de santé du cabinet dentaire.

Le flux numérique en CFAO directe

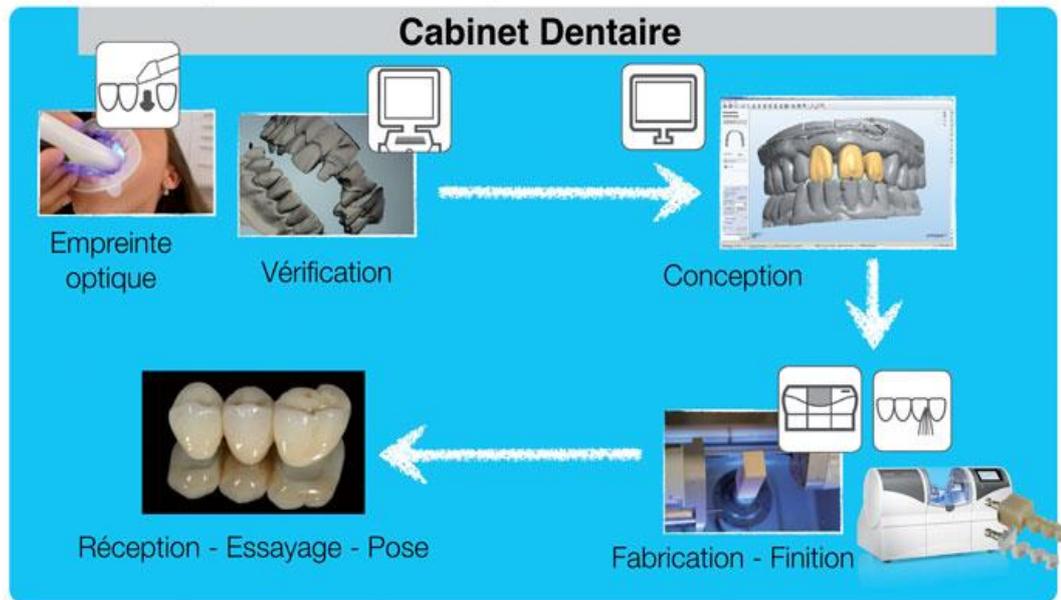


Figure 30 : Flux numérique en CFAO directe.

Direct	Semi direct	Indirect
<ul style="list-style-type: none"> • Empreinte optique • Réalisation d'un modèle virtuel • CAO • FAO • livraison 	<ul style="list-style-type: none"> • Empreinte optique • Réalisation d'un modèle virtuel • Envoi au labo via internet • Fabrication d'un modèle résine • CAO • FAO • Finitions • Livraison 	<ul style="list-style-type: none"> • Empreinte classique • Réalisation d'un modèle physique et scannage du modèle ou scannage de l'empreinte • CAO • FAO • Finitions • Livraison
<p>— Etapes au cabinet dentaire</p> <p>— Etapes au laboratoire</p>		

Figure 31 : Comparaison entre les 03 types de CFAO dentaire.

5- Les matériaux utilisés en CFAO :

5.1- La céramique : [37]

Les céramiques dentaires sont devenues de plus en plus populaires en tant que matériaux de restaurations en raison de l'amélioration de la résistance et de l'ajustement avec le développement du processus de pressé et de conception assistée par ordinateur CFAO.

La CFAO offre la possibilité d'utiliser tous les types de céramiques.

Par définition, une céramique est une inclusion de cristaux au sein d'un verre (matrice vitreuse).

Parmi les céramiques, on distingue des céramiques bio-inertes et des céramiques bioactives. Ces dernières sont, entre autres, représentées par le phosphate tricalcique ou encore l'hydroxyapatite, mais leurs propriétés mécaniques sont trop faibles.

En revanche, elles peuvent être utilisées comme revêtement de surface, où elles ont pour vocation de modifier l'ostéoconductivité de la surface implantaire, et donc la réponse osseuse.

Les céramiques inertes regroupent des matériaux tels que l'alumine et la zircone, qui sont constitués d'oxydes métalliques réfractaires, électrochimiquement stables. N'étant donc pas soumises aux phénomènes de corrosion, elles ont une biocompatibilité particulièrement élevée. Elles présentent par ailleurs des propriétés de résistance mécanique en constante amélioration ces dernières années, mais qui restent en-deçà de celles du titane.

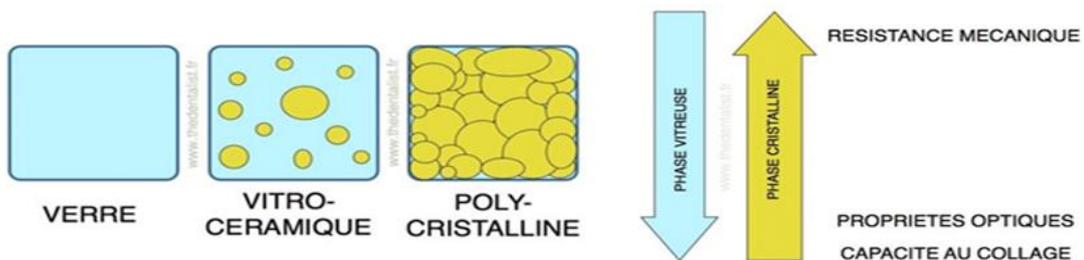


Figure 32 : Propriétés des céramiques.

Figure 33 : Coupe sagittale qui démontre la composition de la céramique par rapport au verre.

5.1.1- La céramique polycristalline :

Elles ne possèdent pas de phase vitreuse .il n'y a que des cristaux d'oxyde d'alumine ou d'oxyde de zircone condensés par frittage. Elles sont extrêmement résistantes mais complètement opaques.

Elles doivent donc être maquillées d'une céramique cosmétique pour simuler une teinte naturelle. Leur mise en œuvre au laboratoire ne peut se faire que par usinage CFAO.

- **Alumine** : Procera Alumina.
- **Zircone** : Procera Zirconia, Lava.

5.1.2- La céramique feldspathique :

Biocompatible et esthétique C'est la céramique Classique (poudre+ liquide).

Qu'utilisent les prothésistes pour réaliser les revêtements cosmétiques elle se présente sous forme de blocs constitués pigments de couleurs frittés, de poudre d'oxydes, de fondants et d'un agent renforçant (leucite ou albite).

Des prothèses car leurs propriétés sont remarquables. En effet, la phase vitreuse y est prépondérante, ce qu'il l'est rend faible mécaniquement et nécessitant un collage.



Figure 34 : Collage de la céramique feldspathique.

5.1.3- La céramique infiltrée :

C'est le cas particulier du procédé *In Ceram* : le verre en fusion est infiltré dans une barbotine de cristaux d'alumine. De spinelle ou de zircone.

Résultat ! On a plus de cristaux que de verre ce qui lui confère une résistance accrue mais elles sont plus opaques et plus difficiles à coller.

- Verre infiltré dans des cristaux d'**alumine pure** : *InCeram Alumina*.
- Verre infiltré dans des cristaux d'**alumine et de magnésium** : *InCeram Spinell*.
- Verre infiltré dans des cristaux d'**alumine et de zircone** : *InCeram Zirconia*.

5.1.4- Les Vitro-céramiques :



Figure 35 : Modèle de couronne en vitrocéramique.

La phase vitreuse est infiltrée de cristaux pour leur conférer une meilleure résistance mécanique.

Ces matériaux peuvent aujourd'hui servir à la fabrication de tous les types de restaurations (inlay/onlays, couronnes, facettes ou armatures céramiques)

Elles sont généralement usinées à partir d'un bloc ou bien **pressées en cylindre** de manière similaire à la technique de la cire perdue pour les armatures en métal.

- Céramique renforcée aux cristaux de **leucite** : Empress.
- Céramique renforcée aux cristaux de **disilicate de lithium** : IPS eMax.



Figure 36 : Blocs de vitrocéramique.

5.2- Les composites (les résines composites) : [1]

Les résines composites étaient classiquement utilisées en restauration directe au fauteuil avec comme limite leur utilisation en postérieur liée à leur faible résistance. Toutefois, grâce aux nombreuses innovations et progrès accomplis pour l'amélioration de ces propriétés, elle peut désormais être utilisée dans le secteur molaire. Avec le développement de la CFAO, leurs indications ont été élargies d'un matériau de restauration directe à un matériau usinable sous forme de bloc composite pour la fabrication de pièces prothétiques indirectes types **facette, inlay, onlay** et **couronne**.

Céramiques vitreuses				Composites	Hybrides
Feldspathiques	Vitrocéramiques	Vitrocéramiques renforcées			
	Enrichie en leucite	Enrichie en disilicate de lithium	Enrichie en silicate de lithium et en zircon		
Avantages: - Recul clinique - Esthétique - Gamme variée (dégradés de teintes)		Avantages: - Recul clinique (e.max) - Esthétique - Résistance mécanique - Gamme développée sur translucidité, luminosité, opalescence (e.max)		Avantages: - Usinabilité - Adjonction avec composite direct	Avantages: - Usinabilité
Inconvénients: - Fragiles - Translucidité		Inconvénients: - Translucidité relative du LT - Moins lumineuses		Inconvénients: - Recul clinique - Esthétique	
Mark II, Triluxe, Reallife (Vita), Cerec blocs (Sirona)	Empress CAD (Ivoclar Vivadent)	e.Max CAD (Ivoclar Vivadent)	Suprinity (Vita), Celtra Duo (Dentsply)	Ambarino Hight Class (Creamed), Lava Ultimate (3M Espe), Cerasmart (GC)	Enamic (Vita)
					

Figure 37 : Les différents matériaux disponibles en CFAO pour restauration antérieures.

5.3- Les métaux : [1-124]

Sont soit usinés à partir de blocs ou de disques soit mis en forme des techniques au laser. En CFAO, le titane et le CoCr sont les plus utilisés, même si nous pouvons utiliser des métaux précieux ou semi-précieux.

5.3.1- Le titane :

Est l'un des métaux les plus biocompatible, il n'a absolument aucune toxicité et possède une résistance très élevée à la corrosion, de plus il possède une haute résistance mécanique et un module d'élasticité très bas, ce qui le rend compatible avec les structures osseuses.



Figure 38 : Embase titane et couronne en céramique.

5.3.2- Le Chrome- Cobalt (Cr-Co) :

Le matériau cobalt est dur et élastique en même temps et se prête ainsi particulièrement bien à la fabrication de structures fines. Grâce à sa bonne soudabilité, ce métal est également approprié pour les extensions postérieures des structures originales. En outre, la qualité de surface obtenue à travers le fraisage du métal, évite la formation de plaque bactérienne.



Figure 39 : Les couronnes en Chrome Cobalt.

CHAPITRE III

Protocole numérique de la CFAO

1- L’empreinte optique : [53-77-103]

L’empreinte optique est la première étape de la chaîne numérique dématérialisée, c’est une étape fondamentale de la conception et la fabrication assistée par ordinateur selon le Pr François Duret Cette étape primordiale permet de limiter à elle seule les imprécisions.

C’est un procédé qui utilise une source lumineuse sur les surfaces dentaires. Le signal réfléchi sera recapté par la caméra ce qui permettra de créer un modèle tridimensionnel (3D) de l’arcade dentaire comprenant les dents, les tissus gingivaux et /ou les éléments implantaire.

En étant reliée à un écran, la caméra permet de visualiser en direct l’acquisition, la prise d’empreinte est continue par simple déplacement de la tête de la caméra au-dessus de la zone à scanner. Les 3 phases de l’empreinte optique sont : empreinte de la préparation, empreinte de l’arcade antagoniste, enregistrement de l’occlusion/OIM.

Deux types de numérisation peuvent conduire au modèle dentaire virtuel. La numérisation intra-orale (ou intra-buccale, endo buccale) et la numérisation extraorale (ou extra-buccale exo-buccale). La numérisation intra-orale nécessite des systèmes de caméra numérique adaptés à la cavité buccale ; tandis que la numérisation extra-orale s’obtient grâce à la numérisation d’une empreinte prise de façon traditionnelle au cabinet où encore du modèle en plâtre issue de ce type d’empreinte.



Figure 40 : Empreinte optique.

1.1- Principe de l’empreinte optique : [73-103-114]

Le principe consiste à projeter un rayonnement incident (dont les caractéristiques sont connues : longueur d’onde, intensité, « couleur » du rayonnement, caractéristiques du milieu duquel il est émis) sur l’objet que l’on souhaite enregistrer qui provoque une déformation de la lumière. Le but est ensuite de décrypter et mesurer cette perturbation qu’impose l’objet à un espace connu et stable ce qui conduira à la mesure de la forme de cet

objet. A ce titre l'empreinte optique est considérée comme l'enregistrement d'une perturbation, la mesure d'une déformation.

Il existe deux types de sources lumineuses :

- La lumière blanche (dite incohérente) qui sera émise par des LED dans les caméras optiques ;
- Le laser (source lumineuse dite cohérente).

En CFAO, chaque système utilise une de ces deux sources lumineuses. L'objet éclairé par la source lumineuse va renvoyer une partie du rayonnement qu'il reçoit. Cette partie va être mesurée à l'aide d'une caméra photosensible et sera convertie, grâce à un logiciel, en informations numériques qui seront comparées au rayon incident.

La reconstitution en 3 dimensions de l'objet lu par la caméra intra-orale sera analysée par l'ordinateur.

Afin de réaliser l'empreinte optique, quatre éléments sont fondamentaux :

- Les émetteurs de lumière (incohérente ou cohérente) ou d'ondes situés en dehors du spectre de la lumière visible,
- Les capteurs, qui sont sous formes d'analyseurs d'intensités de temps ou de longueurs d'ondes vont donner une information que l'on appelle l'information analogique. Le capteur reçoit le rayonnement émetteur et mesure la perturbation provoquée par l'objet le long du trajet lumineux.
- Les convertisseurs décryptent, la perturbation analogique transmise par le capteur et la convertissent en données numériques. Ils sont couramment appelés convertisseurs analogiques -numériques
- Les filtres et algorithmes de traitement de l'image formatent les données numériques dans des formats type STL, reconnu par le système CAO.

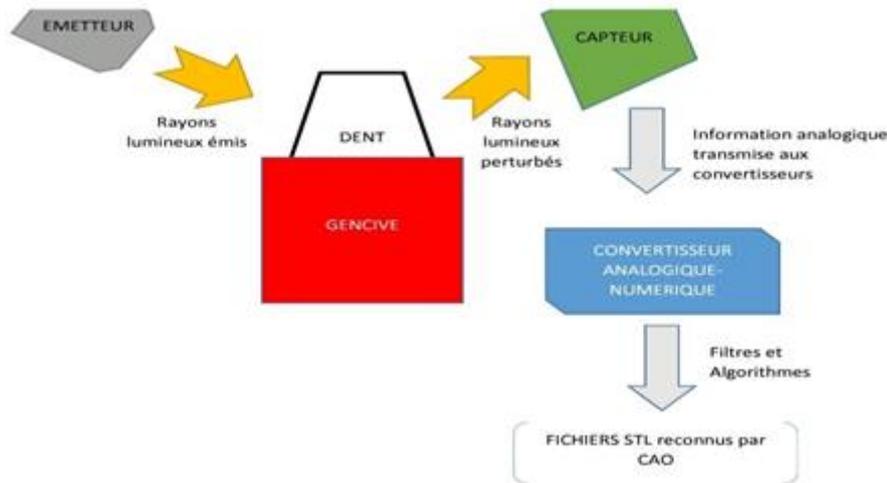


Figure 41: Schéma récapitulatif du trajet lumineux.

1.1.1- Principe de la triangulation active :

Il est inspiré du principe de la vision binoculaire. Il repose sur la mise en place d'un récepteur (caméra), d'un émetteur (projecteur de lumière) et d'un objet, aux sommets d'un triangle dit épi polaire. Un plan étant défini par 3 points, la triangulation ramène un problème spatial (3D) à un problème de géométrie plane (2D). Il est possible de projeter différentes formes : un point, une ligne ou un masque (ensemble de lignes parallèles noires et blanches) La forme est donc projetée par l'émetteur et se déplace sur l'objet à enregistrer. Les coordonnées spatiales de la forme seront déterminées grâce à un logiciel de mesure de triangulation. Il est possible d'augmenter le nombre de récepteurs et/ou d'émetteurs, ce qui permet d'augmenter la précision, la résolution et la rapidité de la captation des données. Cependant, cela augmente le coût et le temps de traitement des informations.

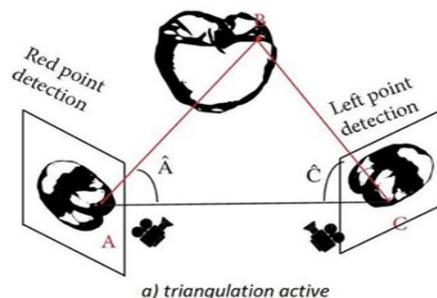


Figure 42 : Principe de triangulation active.

Cette méthode d'enregistrement présente quelques inconvénients :

✓ La limite de ce procédé est le point non visible, que l'on nomme l'ombre portée. Plus l'angle formé entre la source de lumière et la caméra est grand plus la méthode est

précise mais le phénomène de l'ombre portée augmente, le compromis acceptable étant de 6 à 10 degrés.

- ✓ L'objet doit rester stable lors de l'enregistrement pour pallier au flou cinétique.
- ✓ Les mouvements de balayages réalisés par l'opérateur doivent être contrôlables.
- ✓ La réflexion de la lumière doit se faire de la même manière en tout point.
- ✓ Le temps nécessaire à la lecture est long, de plusieurs minutes.

1.1.2- La stéréoscopie dynamique :

Il s'agit du principe utiliser par le cinéma 3D, l'objet à enregistrer est éclairé, L'image de l'objet est captée par 2 récepteurs distants. La distance pour corréler les points sur ces 2 images permet de déterminer la distance à l'objet en tournant autour de l'objet et en raclant les images on obtient un volume en 3D.

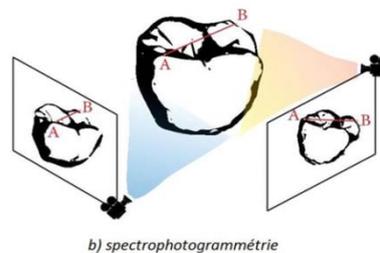


Figure 43 : Principe de stéréoscopie dynamique.

1.1.3- L'imagerie confocale parallèle :

Cette technique se base sur le principe du microscope confocal décrit par Marvin Minsky (1953). La caméra émet une source lumineuse type laser qui va être concentrée à l'aide d'une lentille. La lumière vient balayer l'objet et est réfléchi. Cette lumière réfléchi va être reçue par un récepteur, devant lequel se trouve un petit trou, le sténopé (ce dernier agit comme un filtre et permet d'éliminer les signaux lumineux qui viennent d'autres plans). Cette technique permet d'obtenir des images nettes, qui sont dites in focus, à des profondeurs de champs sélectives.

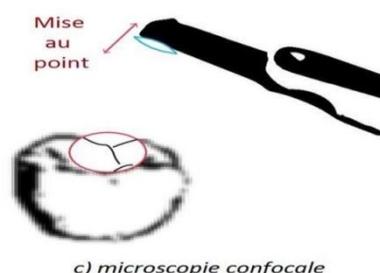


Figure 44 : Principe de l'imagerie confocale.

1.2- Les paramètres de la caméra optique : [53]

1.2.1- Le type d'acquisition :

L'acquisition des volumes bucco-dentaires peut se faire de deux façons, soit par le procédé image par image, soit par un flux numérique continu.

1.2.1.1- Image par image :

L'enregistrement se fait par une succession de prises d'images rapprochées. Le logiciel effectue alors la mise de bout à bout des images grâce à des parties communes qui existent entre celles-ci. Les images qui ne sont pas exploitables sont rejetées en temps direct. Le logiciel indique les zones de manque en fin d'acquisition pour permettre au praticien de reprendre son empreinte au niveau de ce manque. Le praticien place la caméra au-dessus de la zone à enregistrer et c'est à l'aide d'un signal sonore ou visuel que la « prise » du cliché est indiquée durant l'enregistrement.

1.2.1.2- Le Flux continu (full motion) :

Le flux continu ou le flux vidéo permet d'enregistrer les volumes bucco-dentaires en survolant les surfaces. Lors de l'acquisition, le logiciel montre en temps direct un retour vidéo permettant de visualiser la position de la caméra, la construction du modèle virtuel. Si une zone de manque apparaît, il suffit de revenir sur cette dernière afin de pallier au trou noir. Cette prise de vue permet une liberté de mouvement mais un trajet rigoureux doit être respecté. De même un grand nombre d'images peut être enregistré.

1.2.2- Le poudrage :

Consiste à déposer une fine couche de poudre de dioxyde de titane sur le volume buccodentaire à enregistrer. L'absence de poudrage reste néanmoins un sérieux avantage pour de nombreux praticiens du fait du gain de temps. Certaines caméras fonctionnant sans poudrage peuvent nécessiter du dioxyde de titane uniquement pour masquer des surfaces sur-brillantes comme des couronnes métalliques situées à proximité des préparations dentaires.

1.2.3- Rendu colorimétrique des empreintes virtuelles :

Les systèmes utilisant le poudrage donnent des images monochromes ressemblant à un modèle en plâtre. Certains systèmes sans poudrage permettent d'enregistrer les teintes des différentes parties buccodentaires dans une certaine mesure. Les teintes restent plus ou moins réalistes.

Tableau 1 : Caractéristiques des caméras optiques.

Caméra	3M ESPE True définition scanner	3Shape Trios	iTero Element	Carestream CS3500	CS3600	Dentium rainbow ios	GC AADVA	Kavo Lythos
Poudrage	Oui	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
Couleur	Non	Oui	Non	Oui	Oui	Oui	Non	Oui
Mode de capture	vidéo	vidéo	vidéo	Images	vidéo	Images	vidéo	video
Système fichier	Passerelle 3M STL	Format 3Shape	Passerelle iTero STL	Passerelle Carestream STL PLY	Passerelle Carestream STL PLY	Passerelle STL	Passerelle STL	Passerelle STL
Chairside	Via Lyra	Via Lyra	Via IOS, Planméca	Carestream CS3000	Carestream CS3000			Kavo Artica

1.3- Protocole de prise de l’empreinte optique : [46-47-66]

Le déroulement des étapes de la technique directe de la CFAO (Chairside) débute en premier par :

a- La préparation du système :

Il y’a des systèmes qui nécessitent un préchauffage de l’objectif du scanner intra-oral pour éviter la formation de buée. Donc les allumer le système au moins 10 minutes avant la prise d’empreinte. Et d’autres systèmes autonomes sont souvent allumés en permanence, surtout dans les cabinets à plusieurs praticiens.

b- Préparation du dossier patient :

L’assistante crée ou sélectionne le dossier patient sur le logiciel de CFAO. Elle définit ensuite le type de restauration, le choix du matériau restaurateur, et la dent ou les dents à restaurer. Le dossier patient est en général préparé en amont de l’installation du patient au fauteuil.

c- Installation du patient :

d- Préparation des dents :

Il n’existe pas de préparation spécifique à la réalisation par CFAO des restaurations. Cependant, le mode d’enregistrement optique nécessite le respect de certaines précautions. D’une façon générale, le principe de préservation tissulaire et le respect du gradient thérapeutique sont éléments clés lors de cette étape.

e- Empreinte optique :

Ce mode d'enregistrement présente l'avantage sur les techniques « conventionnelles » de ne pas interposer de matériau entre les arcades dentaires, ce qui pourrait être source d'erreurs et qui va suivre les étapes suivantes :

1.3.1- Prise d'empreinte proprement dite :

Flux d'acquisition :

L'objectif de l'acquisition est de convertir un signal analogique en un signal numérique. La denture et les tissus mous du patient ou leur modèle constituent les données d'entrée de l'acquisition. Ces données représentent une surface géométrique continue du monde physique. Un équipement de numérisation (scanner ou caméra) convertit ces données analogiques en données numériques par le traitement d'images. Les données converties constituent un nuage de points, stockés dans un fichier informatique. Les données de sortie de l'acquisition sont donc une géométrie discrète et virtuelle représentant la denture et les tissus mous du patient par plusieurs nuages de points.

Avant de commencer la prise d'empreinte il faut respecter certaines conditions pour réussir l'empreinte :

- ✓ Eviter les sources de lumière extérieure.
- ✓ Le scanner doit être le plus proche possible de la surface dentaire.
- ✓ Sécher la surface dentaire.
- ✓ Varier l'angulation de scanner pour atteindre les zones de contre dépouille.
- ✓ Utiliser les écarteurs.
- ✓ Respecter la stratégie de prise en fonction de type d'empreinte.

La stratégie de numérisation correspond à un schéma bien défini qui va falloir suivre pour prendre l'empreinte.

Commençant sur la face occlusale des molaires cela permet de resituer rapidement le scanner s'il décroche au cours de prise.

Progresser avec un mouvement le plus fluide possible ni trop lentement ni trop rapidement.

Varier l'angulation de scanner pour enregistrer les faces vestibulaires ; linguales et proximales.

L'enregistrement de l'occlusion se fait par l'enregistrement des faces vestibulaires des 02 arcades en occlusion.

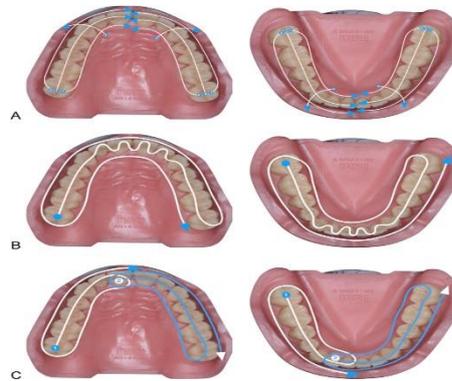


Figure 45 : Exemples de stratégie de numérisation.

Flux de traitement :

L'objectif de la phase traitement de données est de nettoyer et filtrer les données numériques obtenues après l'acquisition. A ce stade, les nuages de points acquis contiennent généralement des points aberrants dus à l'environnement externe d'acquisition et une densité excessive de points dans certaines zones. Une densité excessive de points peut être due au pas de discrétisation associé au fonctionnement de l'équipement de numérisation ou à une acquisition multiple de la même zone lors de la manipulation de l'équipement de numérisation. A ce stade, des algorithmes informatiques sont utilisés pour traiter les nuages de points. Des algorithmes de filtrage, recalage et fusion sont classiquement mis en œuvre pour obtenir une représentation numérique de la denture et des tissus mous du patient avec un nuage de points optimisés.



Figure 47 : Empreinte après traitement.

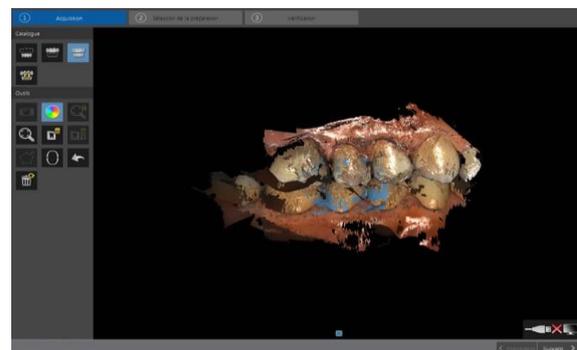


Figure 46 : Empreinte avant traitement.

1.3.2- L'envoi de l'empreinte via des fichiers : [104]

On dénombre quatre formats pouvant être présents dans les modalités d'exportation.

Le fichier natif :

Est spécifique du modèle de la caméra. Pour certaines marques, ce fichier peut être transmis sous cette forme vers le laboratoire, à condition que le laboratoire dispose du logiciel de CAO compatible. C'est le cas pour les caméras 3Shape, Sirona Dentsply et Medit par exemple. Cela permet de transférer l'intégralité des informations enregistrées, tout particulièrement la limite marginale que le praticien n'aura pas manqué d'indiquer.

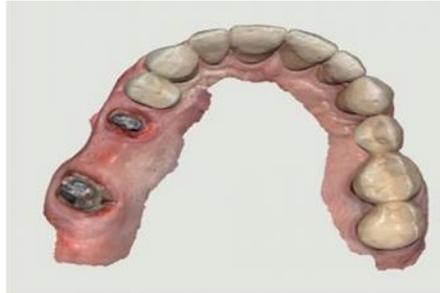


Figure 48 : Format natif.

Le fichier STL :

Est un format de fichier générique monochrome permettant de stocker des données 3D. Le fichier STL stocke les données d'objets 3D au format texte ou binaire. Il est réputé pour sa simplicité : chaque objet est défini par sa géométrie 3D sans aucune représentation de textures, de couleurs ou d'autres attributs de CAO standard.



Figure 49 : Export classique en format STL.

Le fichier PLY :

Est un format de fichier d'image 3D. Le standard PLY (format de fichier polygone ou format triangle de Stanford. Le fichier PLY stocke les objets sous forme de liste de polygones plats pouvant avoir les propriétés de couleur et transparence, description de la surface, coordonnées spatiales. La limite cervicale n'apparaît pas, mais un fichier complémentaire peut être envoyé en même temps et repositionné dans le logiciel de CAO Exocad" 45.

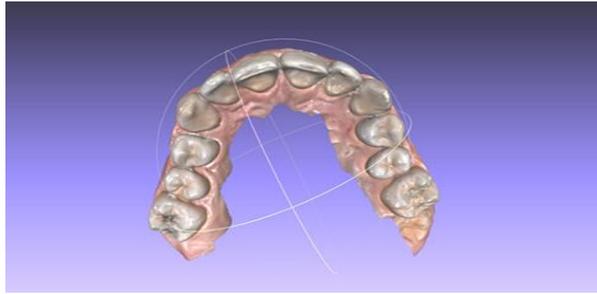


Figure 50 : Export en format PLY.

Le fichier OBJ :

Est utilisé pour stocker des objets 3D créés avec divers logiciels de conception et d'édition. Chaque fichier OBJ peut contenir des données telles que des objets 3D, notamment des coordonnées, des cartes de texture, des informations sur la palette de couleurs et des fichiers de texture. Les fichiers OBJ ne contiennent aucune donnée concernant l'environnement de l'objet. Le format de fichier OBJ a été développé par Wavefront Technologies.

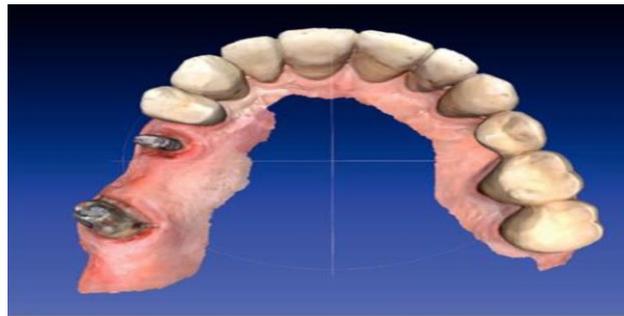


Figure 51 : Fichier en format OBJ.

1.4- Empreinte optique : avantages et inconvénients

Le tableau ci-dessous présente les avantages et inconvénients de l'empreinte optique.

Tableau 2 : Avantages et inconvénients de l'empreinte optique.

Avantages	Limites
- Gain de temps une empreinte optique est prise en 2 minutes.	- Le saignement sulculaire peut masquer des limites des préparations
- L'espace de stockage est faible, disparition des modèles en plâtre.	- Le flux salivaire empêche une réflexion de la lumière adaptée.
- Meilleure communication avec le prothésiste.	- Le coût élevé, et courbe d'apprentissage qui est long.
- Confort pour le patient.	
- Les différentes empreintes peuvent être superposées pour réaliser un guide radiologique.	
- Limiter les imprécisions liées aux propriétés du matériau.	

2 - Conception Assistée par Ordinateur : [105]

Après avoir pris l'empreinte optique, vient l'étape de la conception de l'élément prothétique ce qu'on appelle la Conception Assistée par Ordinateur qui suit l'enchaînement des étapes suivantes :

2.1- La numérisation :

2.1.1- Méthodes d'enregistrement :

- Numérisation par balayage :

La numérisation 3D par balayage peut être définie comme un procédé permettant de mesurer les formes de la surface d'un objet pour en créer un fichier informatique utilisable dans un ordinateur. Ce fichier informatique est appelé "modèle numérique 3D" de l'objet numérisé.

Les équipements de numérisation 3D utilisés fonctionnent en utilisant les senseurs mécaniques, la technologie laser, la lumière structurée ou les procédés photogram-métriques.

- 1. Numérisation de maquettes :

Les tous premiers systèmes d'usinage de zircone capturaient la forme de la surface d'une maquette d'infrastructure en cire, avec un senseur mécanique, pour la transmettre au directeur de commande numérique de la machine. Ce fût, par exemple, le cas du premier centre d'usinage Cercon de Dentsply. C'est le même principe que le pantographe, mais l'automatisation du palpeur mécanisé et de la machine outils remplace l'homme pour répliquer la maquette en cire dans le matériau souhaité.

La numérisation de la maquette physique est aussi un moyen utilisé pour communiquer, via internet, la copie numérique d'une maquette en cire à la machine de fabrication.

- **2. Numérisation des empreintes :**

Les fabricants de systèmes de capture des modèles font évoluer leurs scanners vers la numérisation des empreintes.

Les avantages mis en avant par les fabricants sont la possibilité de réduire le besoin de modèle au minimum et d'accroître ainsi la productivité dans le cabinet dentaire. Ce dernier a désormais la possibilité de numériser l'empreinte et d'adresser sa version numérique par internet au prothésiste, qui peut ainsi démarrer au plus tôt la conception de la prothèse.

- **3. Numérisation intra-buccale :**

La capture numérique intra-buccale autorise la prise d'empreinte sans passer par le moulage. Outre l'élimination des désagréments des empreintes conventionnelles pour le patient, Il est utilisé dans l'objectif de pallier aux sources d'erreur de l'empreinte classique tel que les changements volumétriques des matériaux d'empreinte et l'expansion du plâtre. Le but est notamment de visualiser une arcade dentaire par le biais d'une caméra, d'un ordinateur et d'un logiciel.

Le principal gain, pour la chaîne numérique dentaire, est la précision de la prothèse en supprimant l'imprécision de la pâte à empreinte.

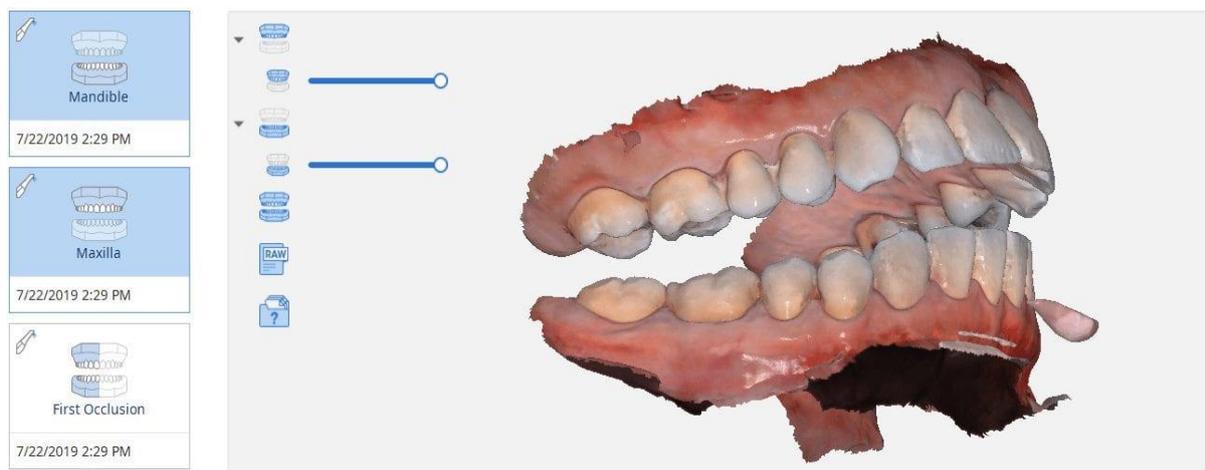


Figure 52 : L'empreinte optique du maxillaire et de la mandibule visionnée sur le logiciel de CAO.

2.2 -Traitement des données :

Un fichier informatique se trouve sous le format STL (stéréolithographie), il est converti par les logiciels de CAO à l'aide d'un noyau graphique de modélisation polygonale

pour ainsi former le modèle en trois dimensions (3D). Ce format est utilisé par tous les systèmes ouverts à la différence des systèmes fermés qui utilisent des formats obligeants l'achat d'un logiciel et d'une machine outils spécifique. Il existe un autre format basé sur la modélisation par courbes, le NURBS qui offre une plus grande précision.

Ce format est utilisé pour les prothèses vissées sur implant exigeant une grande passivité.

2.3 - Les étapes de scannage :

2.3.1- Saisie des données :

A l'ouverture du logiciel, il faudra tout d'abord déterminer pour chaque dent le travail demandé :

- * Moignon;
- * Intermédiaire;
- * Dent adjacente;
- * Antagoniste.

Ainsi que le type de prothèse:

- * Chape simple;
- * Chape anatomique;
- * Couronne pleine;
- * Pontic réduit.

Il faudra également définir le type de matériau à usiner mais celui-ci est modifiable par la suite pour tous les logiciels.

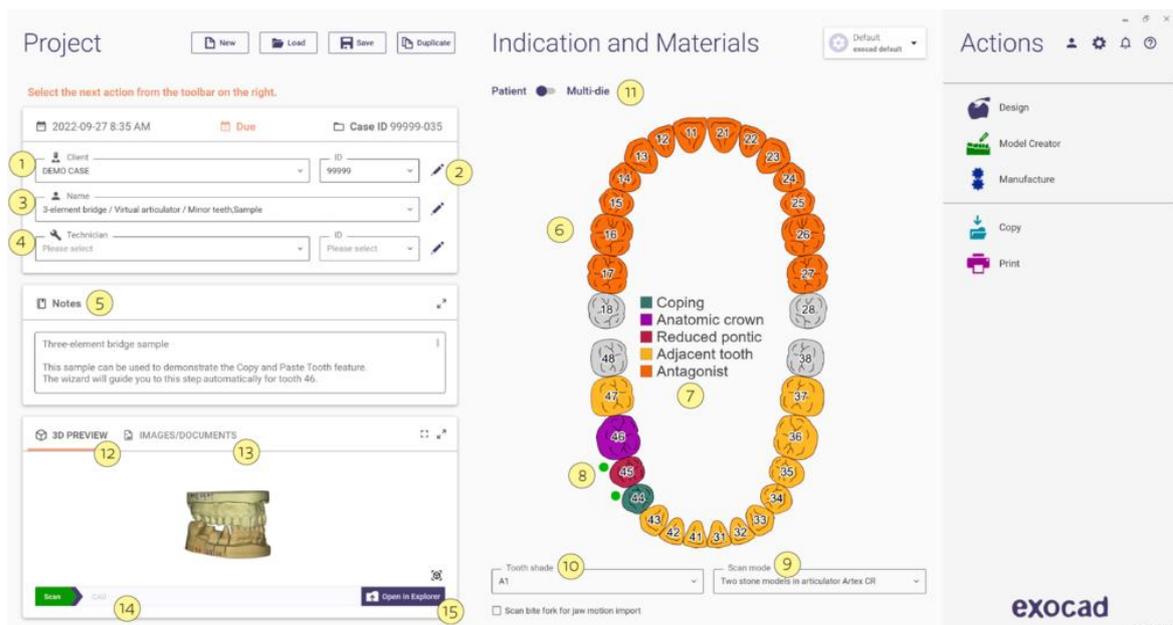


Figure 53 : La fenêtre de définition du travail sur l'exocad.

1.Sélectionnez le client (dentiste) , 2.Pour ajouter un nouveau client à la base de données, 3.Sélectionnez le Nom du patient, 4.Sélectionnez Operateur, 5.Des Notes peuvent être ajoutées ici se rapportant aux détails de l'affaire, 6.Sélectionnez les restaurations et les matériaux en cliquant sur les arcades dentaires, 7.Les couleurs sont utilisées les différents types de restaurations de la dent, 8.Définir les connecteurs à l'aide des boutons, 9.définir le type de scannage, 10.sélectionner La teinte des dents, 11.Mode Multidie(option de travail pour numériser plusieurs chapes, facettes, inlays / onlays, ou waxup utilisant le plateau multi dies spécifique à votre scanner), 12. Permet de visualiser les données de scan dans l'aperçu 3D, 13.Images/Documents, 14.l'indicateur d'état du projet, 15.Ouvrir dans l'explorateur.

2.3.2- Scannage des deux arcades :

Les scanners sont équipés de caméras de prévisualisation et permettent d'éviter l'étape de la réalisation des maitres modèles en plâtre et les scanner après, la sélection est faite sur l'image fournie en direct par la caméra.

Le modèle en 3D est ainsi créé et visible à l'écran. Une vérification sera conduite afin de déceler des zones manquantes en faisant tourner le modèle dans tous les axes, si des zones sont mal définies le scan pourra être réorienté vers celles-ci. Les mêmes étapes seront conduites pour l'arcade supérieure et l'arcade inférieure.

2.3.3 - Scannage de l'occlusion simple :

La conception d'une prothèse depuis un modèle virtuel, comme en méthode traditionnelle, oblige à bien connaître les relations intermaxillaires statiques et dynamiques.

L'enregistrement par empreinte optique de clés vestibulaires permet, depuis cette prise d'occlusion statique, la modélisation d'un mordu négatif au niveau des zones de préparation et la modélisation des surfaces occlusales des futures prothèses.

Nous notons que ce mordu ne nécessite aucune interposition de matériaux d'enregistrement entre les dents antagonistes.

Une fois cette opération effectuée, le logiciel présente les arcades dentaires enregistrées en vue occlusale et définira les points de contact pour une analyse plus fine de l'occlusion et des surfaces occlusales naturelles et prothétiques.

Aussi en O.I.M, la vue vestibulaire permettra de définir si l'espace libre d'occlusion offre suffisamment de hauteur pour le cosmétique en fonction du choix de restauration préalablement établi.

Cependant, la connaissance de l'occlusion dynamique ne peut se dissocier de la réalisation d'une prothèse scellée.

Voilà pourquoi les logiciels intégrés permettent différentes approches partant du : mordu optique, zone de point de départ, le logiciel permet la mise en articulateur virtuel avec un plan d'occlusion réglé sur des valeurs moyennes puis recalculé.

Il apparaît évident que les valeurs : des angles de BENETT, de protrusion, de rétrusion, des pentes condyliennes et incisives ne sont pas celles du patient.

L'occlusion Dynamique n'est qu'une approche de la réalité clinique.

Ceci aboutissant à des morphologies des prothèses dentaires pouvant nécessiter quelques retouches pour optimiser la fonction.

L'évolution des empreintes optiques depuis la prise d'images successives par la caméra à la prise d'un film continu permet de mesurer le mouvement dynamique des arcades, l'une par rapport à l'autre à l'aide d'un film de visualisation vestibulaire.

Si cette dernière méthode semble la plus simple, puisque s'affranchissant des mesures à l'arc facial et permettant un enregistrement réellement dynamique, elle ne tient cependant toujours pas compte d'éventuelles pathologies.

On obtient alors la possibilité d'articuler virtuellement les arcades du patient le plus fidèlement à son occlusion dynamique réelle.

Le logiciel pourra ainsi modéliser et simuler les futures prothèses au plus proche de la fonction des dents concernées.

2.4 - Les articulateurs virtuels : [63]

L'articulateur virtuel est un nouvel outil qui permet de visualiser la cinématique mandibulaire, de positionner les modèles virtuellement sur l'articulateur et d'étudier avec une meilleure précision les contacts occlusaux en statique et en dynamique.



Figure 54 : Articulateur virtuel du CEREC® listant les différents déterminants de l'occlusion.

2.4.1- Ses paramètres :

Différents paramètres sont présents, préalablement réglés selon des moyennes calculées sur la population et modifiables selon un écart type. Ils correspondent aux différents déterminants de l'occlusion : le Bras, la Base, l'angle de Balkwill, la Sagittale et enfin l'angle de Bennett.

Il nous est permis de manière très simple d'accéder à cet outil et de modifier à l'aide d'un stylet les valeurs de chaque paramètre. Cela permet de positionner les modèles sur l'articulateur de manière à représenter la position anatomique du patient. La position des condyles étant prise en compte dans ces différents onglets, l'articulateur virtuel peut être considéré comme un articulateur totalement adaptable.

Le logiciel peut ainsi modéliser des pièces prothétiques en tenant compte, en plus de l'analyse morphologique des dents environnantes, de l'articulation et ainsi proposer différents contacts lors de l'occlusion statique et dynamique.

La première mesure s'appelle le « Bras ». Elle correspond au côté du triangle de Bonwill, c'est-à-dire la distance entre le point de contact centré des incisives mandibulaires au centre du condyle. Il permet le positionnement antéropostérieur des arcades par rapport aux déterminants postérieurs articulaires.

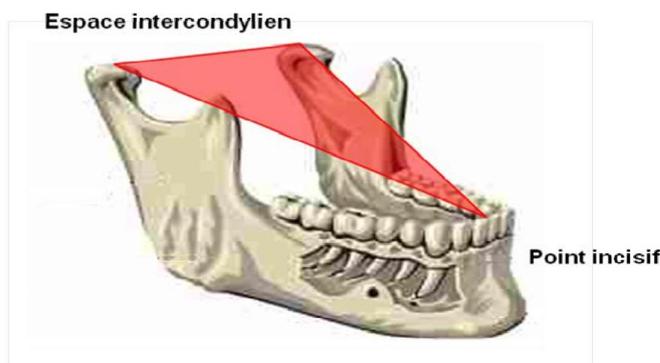


Figure 55: Schéma explicatif du triangle de Bonwill représenté par 3 points : le point incisif et le point central de chaque condyle.

La deuxième valeur à enregistrer est la « Base ». Elle est égale à la distance intercondylienne.

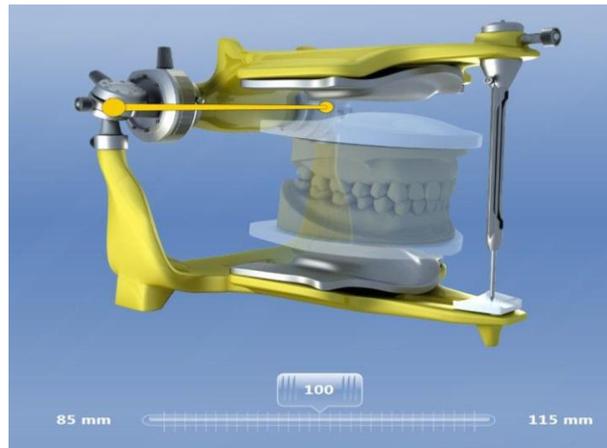


Figure 56 : La valeur moyenne de la « Base » est de 100mm.

La mesure appelée « Sagittale » correspond à l'inclinaison de la trajectoire condylienne dans le plan sagittal (la pente condylienne).



Figure 57 : La valeur moyenne de la pente condylienne est de 35°.

L'angle de Balkwill est l'angle formé entre le plan d'occlusion et le triangle de Bonwill. Il permet le positionnement vertical et horizontal sur l'articulateur des modèles par rapport aux déterminants postérieurs articulaires.

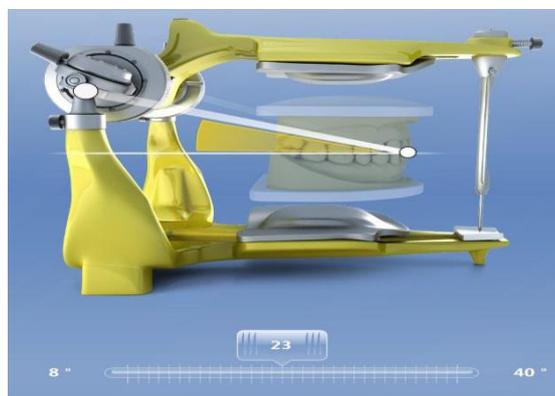


Figure 58 : La valeur moyenne de l'angle de Balkwill est de 23°.

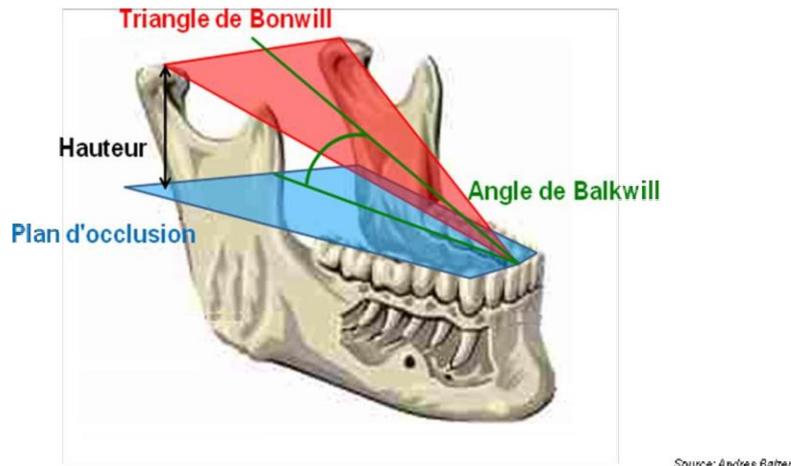


Figure 59 : Schéma explicatif de l'angle de Balkwill.

Enfin, l'angle de Bennett se mesure du côté du condyle non travaillant ou orbitant lors des mouvements de latéralités.

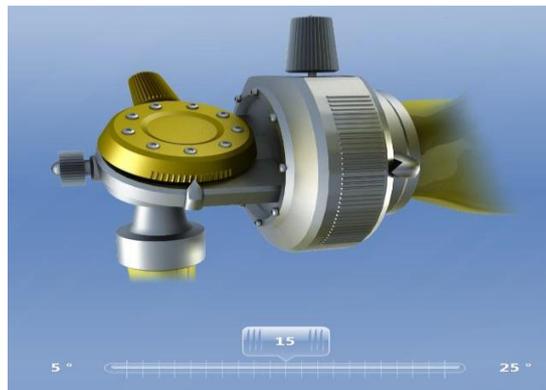


Figure 60 : La valeur moyenne de l'angle de Bennett est de 15°.

L'articulateur virtuel permet, une fois toutes ces valeurs mesurées et enregistrées, de reproduire la cinématique mandibulaire et de visualiser les différents contacts lors de ces mouvements. Cet outil s'appelle « le compas occlusal ».

Chaque mouvement est représenté par une couleur bien légendée pour pouvoir modifier les contacts selon ce que l'on cherche à obtenir (par ex : diminution des contacts en OIM ou augmentation de l'efficacité d'un guide canin, etc....).



Figure 61 : Le compas occlusal de l'articulateur virtuel :

« L'occlusion » correspond à l'OIM

« La protrusion » correspond à la propulsion

« La médiotrusion » correspond à la rétro-pulsion

« La latérotusion » correspond à la diduction travaillante

« La latéroptrusion » correspond à la diduction non travaillante.

Un autre réglage utile dans une analyse occlusale permet de visualiser les trajectoires maximales effectuées par l'arcade antagoniste lors des mouvements de latéralité (schématisation des déplacements mandibulaires effectués lors de la mastication), c'est ce qui est appelé « FGP » (Functionally Generated Path).

La FGP est similaire à un mordu réalisé en bouche avec un matériau plastique pour simuler la fonction masticatoire. Ainsi, nous pouvons visualiser si la restauration sera gênante lorsqu'elle sera mise en fonction et apporter les retouches nécessaires.

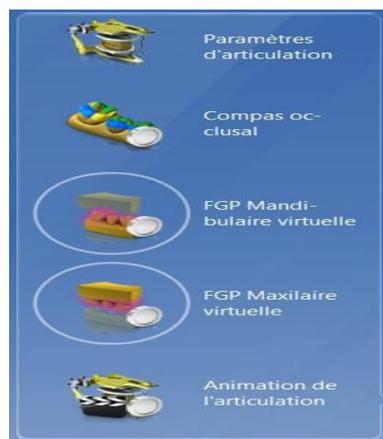


Figure 62 : Les différents outils permettant de visualiser et de régler l'occlusion.

Enfin, il est possible de visualiser le mouvement mandibulaire à l'aide de l'animation virtuelle de l'articulation qu'on ne peut malheureusement pas stopper pour étudier le mouvement au ralenti.

2.4.2- Fonctionnalités :

Ils offrent toutes les fonctionnalités qu'un articulateur physique permet c'est-à-dire la reproduction de tous les mouvements mandibulaires par les déterminants postérieurs et antérieurs.

Ils permettent également de marquer les points d'occlusion comme sur l'articulateur physique à l'aide du papier d'occlusion.

La présence d'interférences ou de prématurités sont également notifiées. Cette fonction ne change pas les habitudes et les repères de l'occlusodontie mais permet une réalité augmentée.

En effet la transparence des moulages qui permet de mieux lire les contacts antagonistes ainsi que le grossissement et la quantification des contacts occlusaux facilite la gestion et la réhabilitation de l'occlusion des patients.

2.5- Paramétrage : [67]

Pour définir la limite cervicale et l'axe d'insertion.

2.5.1- Limite cervicale :

Tous les logiciels proposent un tracé en mode automatique qui permet peu de retouches dans les cas où la préparation et le détournage sont corrects. Cependant une vérification est obligatoire, tous les logiciels permettent de visualiser la dent dans tous les plans. Certains offrent également la possibilité de visualiser la position de la limite de profil améliorant la lecture.

La limite est retouchée à l'aide de la souris si elle est mal lue par le logiciel.

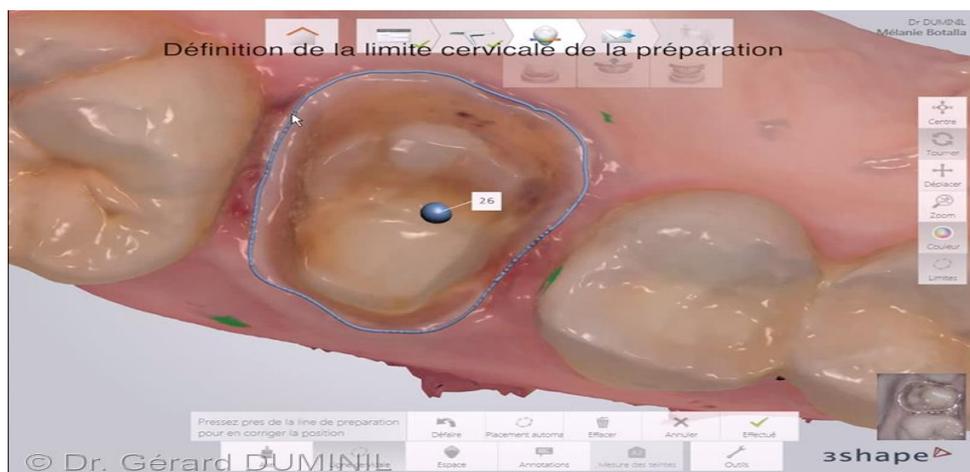


Figure 63 : Définition de la limite cervicale.

2.5.2- Axe d'insertion :

L'axe d'insertion est également automatiquement proposé. Cependant pour une même restauration il existe toujours plusieurs axes possibles et le médecin dentiste préférera le définir lui-même afin d'améliorer l'homothétie en réduisant les contre-dépouilles, certains logiciels les signalent par une alerte.

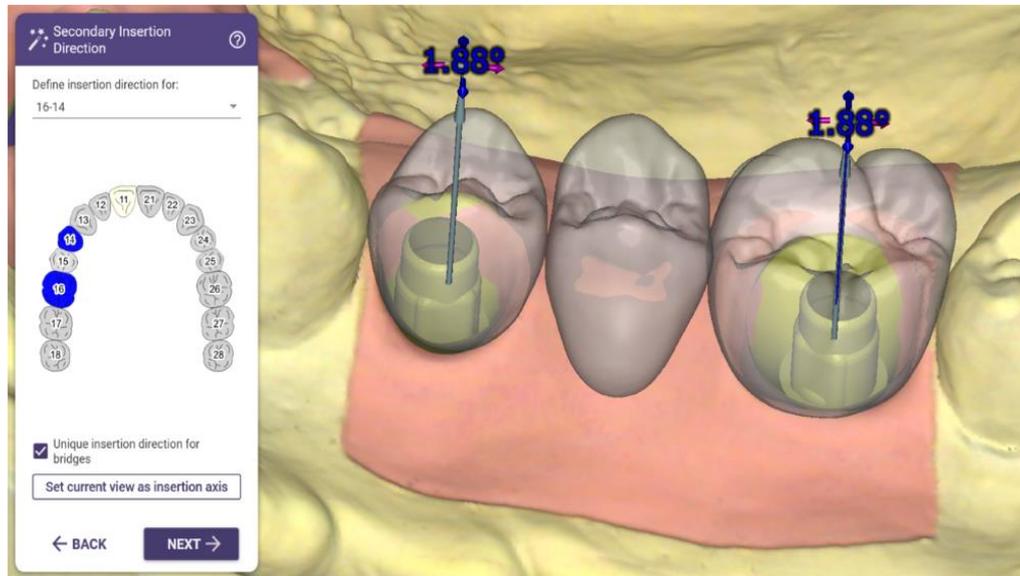


Figure 64 : Définition de l'axe d'insertion.

Le logiciel de CAO est généralement programmé, soit par l'industriel, soit par le praticien, à trois niveaux :

- l'épaisseur minimale d'espace dento-prothétique dans la zone correspondant à celle recouverte par le vernis d'espacement en prothèse fixée conventionnelle : sa valeur est généralement de 1/10 mm;
- l'épaisseur minimale du joint dento-prothétique cervical : sa valeur est généralement programmée à 4/10 mm;
- l'épaisseur minimale de matériau de reconstruction : elle est généralement programmée de 1 à 1,5 mm pour les restaurations monoblocs de recouvrement et les céramiques de recouvrement cosmétiques et à 5/10 mm pour les facettes et les armatures en zircone.

Si la CAO propose une restauration avec des zones inférieures à ces valeurs, elles apparaissent généralement à l'écran selon un code couleur.

Cette programmation enregistrée, la limite cervicale tracée et l'axe d'introduction déterminé, la CAO proprement dite peut être lancée.

Le mode de reconstruction peut faire appel à différents principes :

- la base de données morphologique: le logiciel possède toute une bibliothèque de formes pour une dent donnée. Différentes morphologies sont proposées, qui peuvent aussi se décliner en fonction de l'âge du patient, affichant alors pour une anatomie de base commune une usure cuspidienne différente;

- les propositions informatiques : le logiciel, en se fondant sur la morphologie des dents adjacentes et/ou de la dent restante, propose une reconstruction intelligente de la dent en se rapprochant le plus possible de sa morphologie d'origine.

2.6- Modélisation :

La Conception Assistée par Ordinateur (CAO) est faite en direct, par le praticien. Après avoir fractionné virtuellement le maître-modèle numérique de travail, les limites de préparation sont tracées à l'aide du dispositif de pointage : touch-pad, track-ball ou souris en fonction du système utilisé.

Le modèle étant reconstitué sur le moniteur, le praticien va pouvoir modéliser et concevoir un élément prothétique en réalité augmentée.

Pour ce faire, et après que le modèle de travail est traité numériquement. Ce traitement correspond aux différentes étapes laboratoires de conception qui sont :

- 1/ Corrélacion des arcades.
- 2/ Recherche des axes et du plan d'occlusion.
- 3/ Tracé des limites de préparation.
- 4/ Recherche de l'axe d'insertion prothétique.
- 5/ Vérification de la préparation à l'aide d'outils de contrôle.

(Présence ou non de contre dépouille, netteté des limites de préparation, réduction suffisante, état de surface)

- 6/ Conception de l'élément prothétique.

Il existe en fonction de la situation clinique, différents modes de modélisations pour la réalisation de l'élément prothétique. Les noms de ces modes de conception sont différents selon les systèmes mais les principes décrits ci-après restent les mêmes.

- **Le mode « bio générique »** : Le logiciel reconstitue l'anatomie initiale de la dent après une analyse de sa morphologie résiduelle ainsi que celle des dents antagonistes et adjacentes, une fois la préparation dentaire terminée. En effet, ce mode effectue une analyse métrique personnalisée de la situation dentaire et utilise ces données pour calculer la morphologie occlusale de la dent.

- **Le mode corrélation** : Il permet de réaliser une restauration à partir d'une situation préexistante (amalgame, composite, inlay-onlay), si cette dernière est satisfaisante, ou à partir d'un wax up réalisé en laboratoire. Il permet d'enregistrer les parties de la dent que l'on souhaite reproduire à l'identique sur la restauration (très intéressant pour les faces vestibulaires). Dans cette situation, une empreinte optique complémentaire est faite avant la préparation.
- **Le mode reproduction (modélisation par reproduction en miroir)** : Cette méthode permet de reconstituer une dent grâce à l'effet "miroir". En effet, le logiciel va copier une dent en tout point pour réaliser son clone controlatéral à l'identique. Il est possible de reconstruire des pièces allant de l'angle incisif à la dent complète avec une symétrie parfaite.
- **Le mode base de données**: Le logiciel CAO, propose une série de dents stockée dans une bibliothèque et classée en fonction de l'âge (jeune, adulte, âgé), c'est cette même base de données qui sert à la reconstitution bio générique. Le praticien sélectionne la morphologie souhaitée puis le logiciel adapte cette " préforme" à la préparation, c'est à dire à la limite cervicale, aux points de contact, à l'occlusion et aux dents adjacentes.
Une fois la conception terminée, des outils de contrôle nous permettent l'examen de la restauration ainsi que sa conformité pour la conception et l'assemblage des restaurations céramiques partielles ou périphériques, collées ou scellées.

Avant d'engager la fabrication de la pièce prothétique il est possible de modifier manuellement :

- La forme par ajout ou retrait de céramique,
- La texture par lissage des surfaces,
- L'occlusion et les points de contact de la future restauration grâce à des codes couleurs :
 - vert : contact équilibré.
 - bleu foncé à bleu clair : contact faible à nul.
 - rouge : contact fort, le plus souvent trop important : suroccclusion.

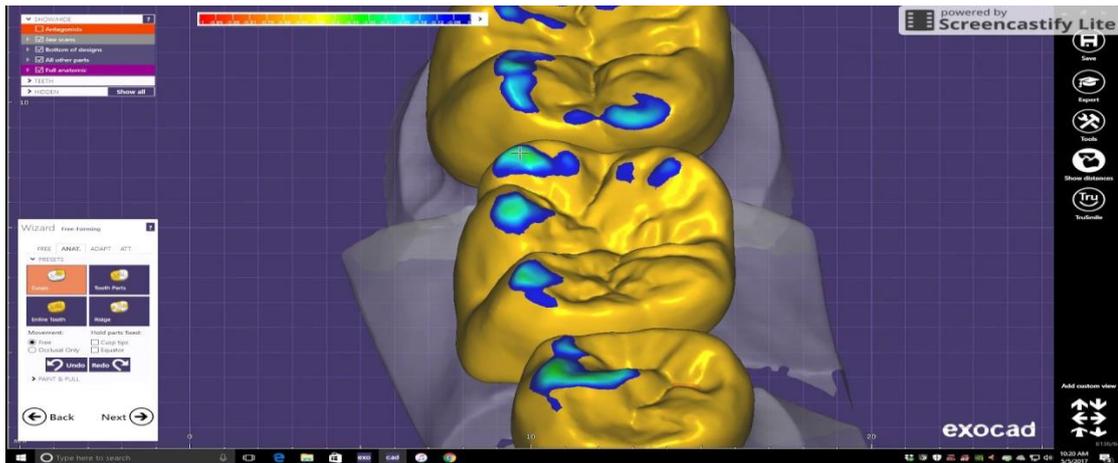


Figure 65 : Code couleur qui permet de corriger l'occlusion.

Si après vérification de tous les paramètres à notre disposition :

- La préparation est conforme: l'usinage de la pièce prothétique peut débuter.

Dans le cas contraire, il faut reprendre la préparation, reprendre l'empreinte optique puis refaire un 2ème contrôle. Si à la suite de ce 2ème contrôle tout est conforme, alors l'usinage pourra débuter.

3- Fabrication assistée par ordinateur (FAO) : [1-67]

C'est un processus de réalisation d'objets donc de matérialisation physique d'un objet virtuel (créé par CAO) par façonnage, par procédé additif ou soustractif et cela se fait par technique informatisée via une chaîne numérique.



Figure 66 : La Fabrication Assistée par Ordinateur FAO.

3.1- Méthode soustractive : Usinage [7]

Procédés de mise en forme travaillant par meulage ou usure de matière, le matériau se présente sous différents aspects (galette, bloc, barre, etc....) placé dans la machine – outil la machines –outils sont contrôlé par un logiciel de FAO.

3.1.1- Le logiciel FAO :

A l'ouverture du logiciel le matériau et son conditionnement doivent être définis, il faut parfois renseigner sur ses caractéristiques (largeur, épaisseur, etc....) et dans le cas de la zircone le coefficient de rétraction doit être informé.

L'opérateur dispose à l'écran les différentes pièces à usiner, à partir des fichiers STL du logiciel de CAO sur le support de matériau. Les éléments sont orientés de manière à ce qu'aucune contre dépouille n'empêche l'accès aux fraises de la machine.

La gomme et la finesse d'usinage sont ensuite définis, elles correspondent aux nombres d'axes que va suivre la machine et au nombre /calibre de fraises utilisés.

Cela définit le niveau de qualité d'usinage et donc le temps de travail de la machine.

3.1.2- Les machines-outils :

Les machines d'établis de taille moyenne convenant aux laboratoires.

Les stations d'usinage utilisées pour la production de masse convenant aux centres d'usinage, ces machines sont encore différenciées en fonction du nombre d'axe sur lequel la pièce va pouvoir tourner, ces axes vont de 1 à 5 :

- Axe 1 : il est vertical permettant le déplacement de haut en bas.
- Axe 2 et 3 : déplacement de gauche à droite et d'avant en arrière.
- Axe 4 : basculement de la pièce de gauche à droite (roulis) permettant l'accès aux contre-dépouilles dans les plans latéraux.
- Axe 5 : basculement d'avant en arrière permettent l'accès aux contre-dépouilles dans les plans frontaux/ rétro-frontaux.



Figure 67 : Usineuse 5 axe inLab MC X5.

3.2- Méthode additive : [7]

Procédés de mise en forme consistant à réaliser la pièce prothétique par ajout de matière. Les différentes technologies sont dites de « prototypage rapide », elles proviennent de l'industrie et sont surtout basées sur l'économie de matériau.

La représentation en 3D de la pièce souhaitée va être fractionnée en couche successive correspondant aux futures couches de matériau qui seront ajoutées, cette étape est nommée tranchage numérique, elles permettent la confection de plusieurs pièces simultanément ayant une anatomie complexe, des technologies et des machines différentes sont utilisées en fonction du matériau à usiner.

Ces technologies subissent de nombreux essais cliniques actuellement notamment pour favoriser l'utilisation des céramiques selon ces procédés encore impossible aujourd'hui.

3.2.1- Les imprimantes 3D :

Utilisés pour la confection de pièce en résine ou en cire destinées à être utilisées comme modèles pour la fonderie à la cire perdue.

Elles utilisent deux procédés de mise en forme, l'injection de résines et polymérisation par UV ou l'injection de cire durcie par chauffe. Le fonctionnement de ces machines est similaire à l'impression par jet d'encre, elles sont facilement utilisables, la productivité est bonne mais chaque machine ne peut fonctionner qu'avec un seul matériau défini, le coût de celui-ci est élevé.

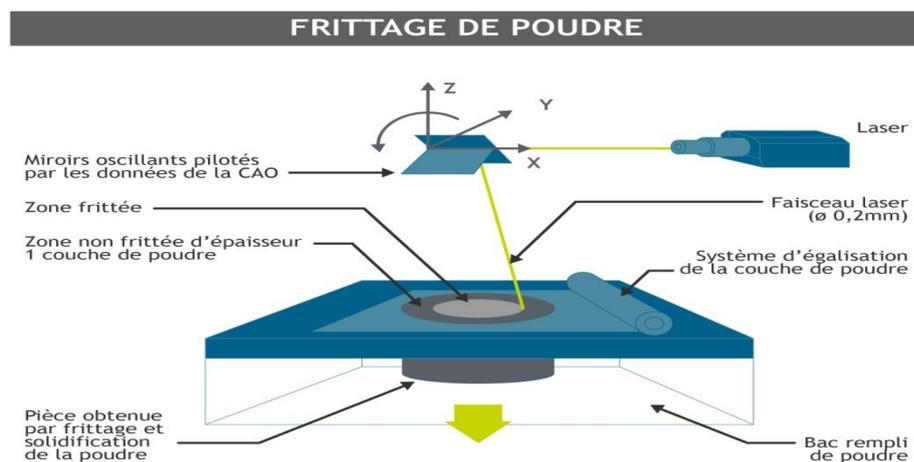


Figure 68 : Principe d'impression 3D par injection de cire.

3.2.2- La stéréolithographie :

Cette technique permet de mettre en forme des matériaux polymères comme la résine, les pièces produites sont destinées à être coulées dans un alliage de choix.

Une résine liquide sert de matériau de base, la résine photosensible est polymérisée de façon très précise par strates successives. A l'aide d'un faisceau laser ou une projection de lumière.

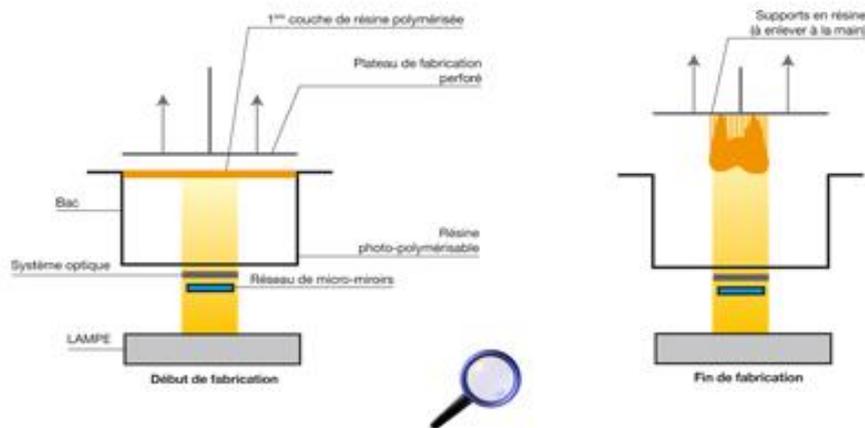


Figure 69 : Principe de conception par SLA et par stéréolithographie par UV sélectif.

3.2.3- La micro fusion (frittage laser) :

Cette technique permet une fabrication directe de pièce prothétique définitive en métal. Souvent utilisées pour la confection de châssis de prothèse amovible en chrome-cobalt, les armatures de prothèse fixée peuvent également être produites.

Le procédé consiste à fondre la poudre selon les paramètres géométriques définis à partir d'un fichier CAO, puis la poudre fondue est solidifiée rapidement formant des cordons de matière solide.

Cette technique permet un gain de temps et économique pour la réalisation de châssis en métal par rapport à la fonderie ou l'usinage.

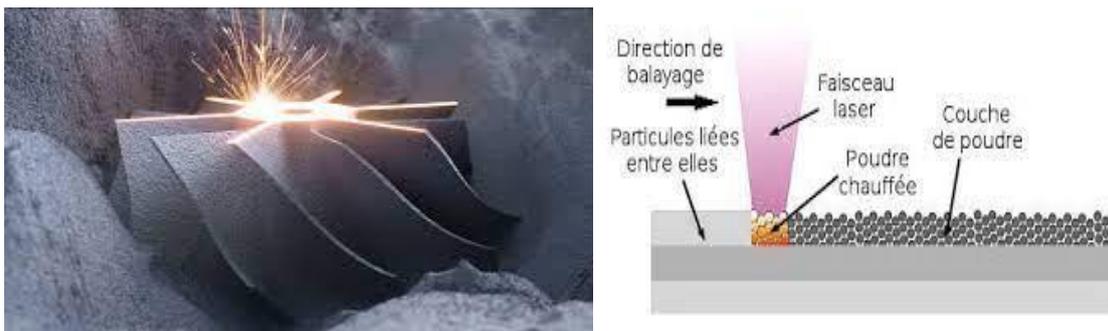


Figure 70 : Procédé de micro-fusion sélective de poudre par laser.

Pour conclure, nous pouvons dire que, même si les techniques de fabrication soustractive sont les plus utilisées actuellement, les techniques additives présentent plusieurs avantages. En effet, ces dernières permettent de produire des objets plus grands, d'éviter le gaspillage de matériau. De plus, ce sont des méthodes de production passives et elles donnent la possibilité de corriger un manque de matière.

CHAPITRE IV

CFAO et prothèse fixée

1- CFAO de prothèse fixée unitaire : [1]

L'essor simultané des systèmes de Conception et Fabrication Assistée par Ordinateur (CFAO) et des systèmes d'assemblage par collage a bouleversé les indications et les procédés de fabrication des restaurations prothétiques comme la prothèse fixée unitaire.

Ce changement de paradigme exige un examen minutieux de la situation clinique afin de choisir le type de restauration le plus respectueux des tissus résiduels de la dent à restaurer.

Il impose aussi de connaître les derniers matériaux mis à notre disposition pour obtenir une reconstitution la plus esthétiquement et bio-mécaniquement compatible ainsi que les voies de fabrications conventionnelles ou assistés par ordinateur des prothèses cliniques de préparations, de prise d'empreinte et d'assemblage sera assurée par la présentation des cas cliniques et des vidéos.

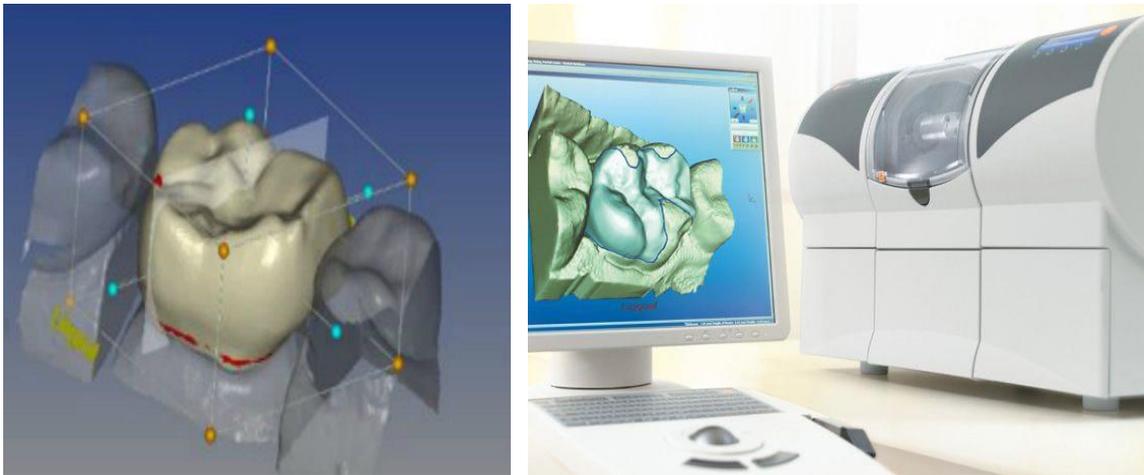


Figure 71 : La CFAO en prothèse fixée unitaire.

1.1- Principe de préparation :

La phase de modélisation concerne les restaurations unitaires à recouvrement totale ou partiel elle se fait à l'aide d'un logiciel de CAO constitué d'un noyau très mathématique sur lequel sont greffés des logiciels spécifiques à la dentisterie.

Une fois le modèle virtuel à l'écran, certains paramètres sont définis par le logiciel :

- Empreinte de l'occlusion.
- Détermination de l'axe d'insertion.
- Traçage de la limite cervicale.

Le logiciel de CAO est généralement programmé à trois niveaux :

✓ L'épaisseur minimale d'espace dento-prothétique généralement de l'ordre de 0.1 mm correspondant à celle recouverte par le vernis d'espacement en prothèse fixée conventionnelle.

✓ L'épaisseur minimale du joint dento-prothétique cervical généralement programmé à 0.4mm

✓ L'épaisseur minimale de matériau de reconstruction généralement entre 1 et 1.5 mm pour les monoblocs et les céramiques cosmétiques et 0.5 mm pour les armatures en zircone.

Si la CAO propose une restauration avec des zones inférieures à ces valeurs, un code couleur apparaît.

La CAO doit être en adéquation avec les possibilités de fabrication des machines-outils et les impératifs mécaniques de la future prothèse, ceci se fait à travers un code couleur.

On peut visualiser les épaisseurs des matériaux de reconstruction et éventuellement l'espace laissé au cosmétique pour n'importe quel point par un jeu de transparence, des coupes dans différents plans, un code couleur ou encore des données chiffrées.

1.1.1- Réalisation de la forme du contour de la dent :

Grâce à la palette d'outils mise à notre disposition, nous pouvons définir les convexités (maximum de bombé vestibulaire et linguaux) sur les faces axiales ainsi que les embrasures, la table occlusale et la forme des embrasures, les profils des faces proximales et points de contact sont également définies à cette étape.

1.1.2- Profil d'émergence :

La limite cervicale est une zone déterminante dans le succès prothétique, elle doit être lissée comme en prothèse conventionnelle pour harmoniser la zone de transition dent /prothèse.

1.1.3- Contacts occlusaux et proximaux :

La gestion de l'occlusion se réalise également à travers un code couleur, les zones de contact apparaissent selon des couleurs différentes en fonction de leur intensité, les outils permettent facilement de soustraire ou de rajouter du volume à la restauration jusqu' à obtenir les contacts idéaux en modifiant virtuellement la morphologie de la face occlusale.

1.1.4- Contrôle de l'épaisseur du joint périphérique :

Deux types d'espacement sont définis ,aperçu du modèle CAO de la prothèse avant usinage (planmeca) l'un sur la zone axiale par analogie au die spacer (verniss d'espacement)

et l' autre au niveau de la limite à partir de la ligne de finition, cet espacement dépend du matériau utilisé et de la technique d'assemblage choisie un dernier contrôle de l'épaisseur des matériaux est réalisé juste avant de lancer l'usinage.

1.2- CAO :

- La modélisation permettant un stockage des données et une reproduction à l'infini de l'objet numérisé, ceci autorise donc une nouvelle conception prothétique en cas de défauts sans que le praticien soit contraint de tout réenregistrer.

- S'abstenir de la coulée des modèles, des risques infectieux, des variations dimensionnelles.

- Création et conservation des modèles virtuels.
- Possibilité de reproduire tous les gestes traditionnels sur le logiciel de CAO
- Contrôle permanent de la conception de la future prothèse.
- Rapidité d'exécution.

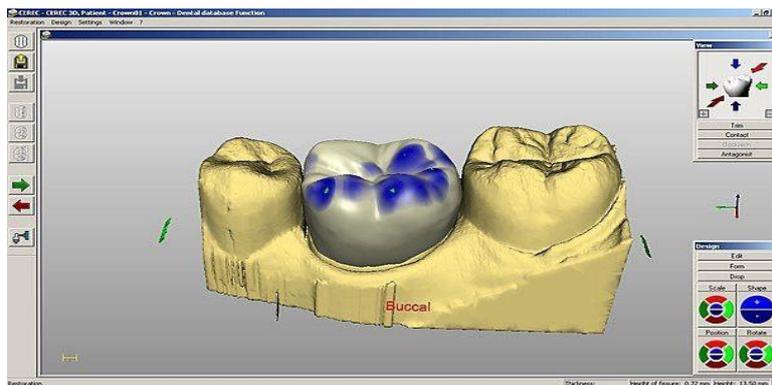


Figure 72 : La CAO en prothèse unitaire.

1.3- FAO :

- Traçabilité des matériaux utilisés.
- Usinage rapide et précis et possibilité de faire des séquences au laboratoire.
- Usinage de la zircone possible.
- Protocole reproductible.
- Possibilités de produire un modèle de travail physique pour ouvrir les possibilités aux cas complexes.

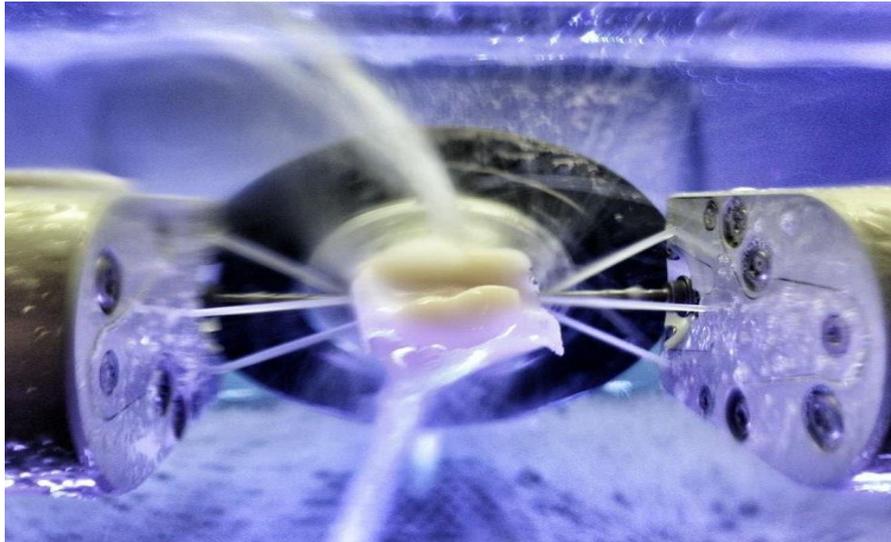


Figure 73 : Fabrication d'une couronne par système FAO.

2- CFAO de bridge :

Les formes et épaisseurs des préparations sont celles des restaurations unitaires.

La largeur maximale pour un élément intermédiaire antérieur ne doit pas excéder 11 mm ; celle d'un élément intermédiaire postérieur, 9mm. Les zones de connexion doivent être de 16 mm².

Afin d'éviter la casse, le fabricant Ivoclar recommande toutefois de ne pas dépasser la seconde prémolaire comme pilier.

Au niveau du choix du bloc, le protocole est le même que pour une restauration unitaire.

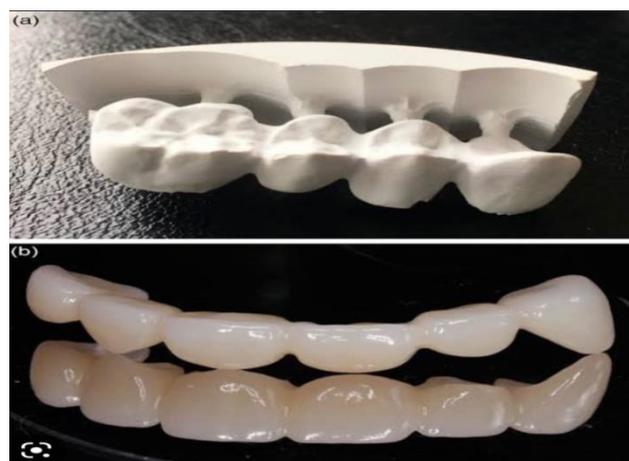


Figure 74 : Bridge en zircone préparé par système CAD/CAM.

3- CFAO des facettes dentaires :

Actuellement la Conception et Fabrication Assistée par Ordinateur (CFAO) permet l'usinage, dans un grand nombre de matériaux, de pièces prothétiques très fines alliant esthétique et résistance. Les restaurations usinées ont d'abord été éprouvées, pendant plus de dix ans, dans les secteurs postérieurs avec les inlays-onlays. Devant le taux de réussite de ces derniers, l'usinage des restaurations antérieures, notamment des facettes, s'est développé.

Le Glossaire des termes prothétiques la définit comme «une mince restauration en céramique collée qui restaure la surface vestibulaire et une partie des surfaces proximales des dents nécessitant des restaurations esthétiques ».

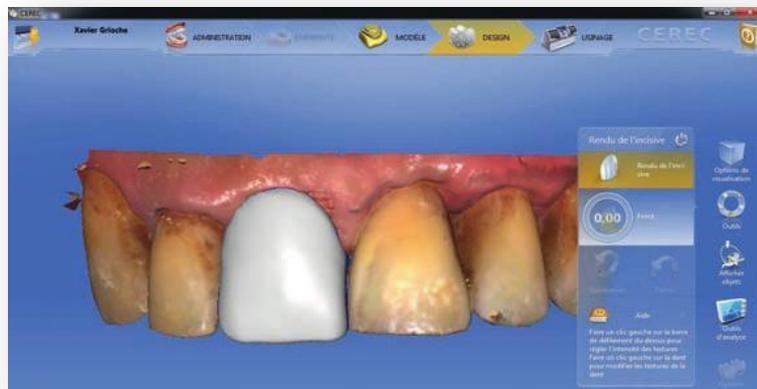


Figure 75 : Conception d'une facette à l'aide du système CEREC.

3.1- Analyse esthétique préopératoire :

Le clinicien doit avoir une vision globale des problèmes esthétiques impliqués dans l'arcade maxillaire du patient. L'analyse esthétique du visage, du sourire mais aussi des rapports gingivo-dentaires permet de relever les divergences entre les caractéristiques physiques du patient et celles jugées idéales.

Elle doit être systématique car elle permet d'optimiser le projet esthétique, d'en anticiper les limites et d'en informer le patient.

Projet esthétique :

A partir de l'analyse esthétique, un projet esthétique peut être élaboré afin de préfigurer la future réhabilitation. En fonction de la situation clinique, ce projet esthétique peut être un simple composite disposé sur la dent non préparé ou un mock up issu du wax up destiné à être gardé en bouche plusieurs jours.

Le projet esthétique (composite ou mock up) peut être scanné par empreinte optique et intégré au logiciel de CAO pour servir de référence à la restauration d'usage.

Ce projet esthétique peut également être matérialisé par un Wax up virtuel 2D à partir d'une photographie du patient grâce à des logiciels de simulation.

Le patient voit en direct l'aspect final de la restauration, ce qui en fait un outil de communication intéressant.

3.2- Préparation :

L'étendue de la préparation dépend de la perte tissulaire initiale, du projet prothétique (fermeture de diastème, présence d'anciennes restaurations, fracture coronaire etc.) et du matériau choisi.

3.2.1- Les Principes de préparation :

L'étape de la préparation dentaire prend place dans un projet esthétique clairement établi et validé par le praticien et le patient, et donc avec des objectifs définis.

Les préparations pour restaurations céramiques adhésives doivent permettre une adaptation marginale optimale de la restauration tout en préservant au maximum les tissus durs dentaires. C'est une préparation à minima.

Cependant, la seule recherche de la préservation tissulaire, sans respect des objectifs de la préparation dentaire, amènera irrémédiablement au surcontour de prime abord, et à l'échec à court/moyen terme. En effet, l'intégration idéale des facettes (fonctionnelle, biologique et esthétique) n'est obtenue que si la préparation dentaire satisfait les quatre principes de base des restaurations céramiques adhésives : Rétention, stabilisation, sustentation et adhésion.

La préparation dentaire doit donc répondre à plusieurs impératifs :

- *Ne comporter que des surfaces douces.
- *Reconstituer un profil d'émergence idéal.
- *N'exposer aucun joint dento-prothétique à un point de contact occlusal.
- *Permettre la mise en place d'une épaisseur de céramique de 0,3 à 0,9 millimètres.
- *Permettre le rétablissement de la fonction et de l'esthétique des dents préparées.
- *Ménager au maximum les tissus durs dentaires.

3.2.2- Les types de préparation :

- Facettes céramiques sans préparation "No prep" veneers/ Facettes céramiques en semi ou demi-jacket "Butt margin" / Facettes céramiques pelliculaires : en fenêtre "Window preparation/" Les mini-facettes : Chips / Facettes céramiques avec léger retour palatin "Incisal overlap..

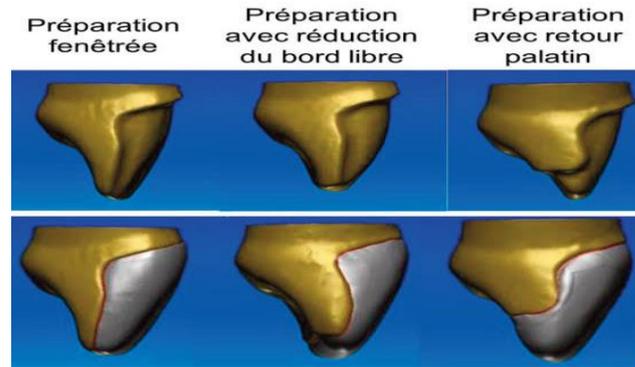


Figure 76 : Les différents principes de préparation des dents pour facettes.

La préparation peut être réalisée de trois manières :

- ✓ **À main levée** : C'est une technique qui demande une grande expérience car très opérateur dépendante.
- ✓ **Par « pénétration contrôlée » à travers le mock up** : grâce à des fraises limitant l'enfoncement. Elle permet de fraiser seulement l'excédent d'émail nécessaire à la mise en place de la facette.
- ✓ **Par « préparation assistée par guidage »** : technique utilisant des fraises spécifiquement conçues pour réaliser des préparations constantes et reproductibles répondant aux critères de la CFAO.

3.2.3- Les étapes pour la préparation d'une facette en céramique :

Préparations proximales :

Mise en place d'un cordonnet déflecteur pour améliorer la visibilité de la limite dento prothétique et protéger la gencive marginale. La limite est généralement supra ou juxta gingivale pour éviter une inflammation du parodonte, faciliter l'hygiène et simplifier le protocole opératoire lors du collage.

Réduction vestibulaire :

- Contrôle de la profondeur et de l'homothétie de la réduction avec la clé en silicone issue du mockup.
- Réduction du bord libre, en évitant de placer la limite au niveau de la concavité palatine, soumise à de fortes contraintes.
- Suppression des angles vifs et polissage pour faciliter la conception informatique et surtout permettre l'usinage).

A la fin de la préparation, et avant l'empreinte, il est préconisé de réaliser l'hybridation dentinaire immédiate, plus efficace sur une dentine fraîchement coupée. Cela permet

d'augmenter le potentiel d'adhésion de l'adhésif et d'éviter sensibilités et infiltrations bactériennes.

3.3- Empreinte :

***Technique indirecte :** empreinte conventionnelle.

La préparation est séchée et un fil de rétraction gingivale est placé dans le sulcus pour une meilleure lisibilité de la limite. L'empreinte des préparations est réalisée avec un vinylpolysiloxane ou un matériau polyéther seuls matériaux ayant une finesse d'enregistrement et une résistance à la rupture suffisantes. Si elles sont jugées satisfaisantes les empreintes sont décontaminées et envoyées au laboratoire. 10 minutes sont nécessaires pour réaliser les deux empreintes, en fonction des temps de prise inhérent à chaque matériau.

***Technique directe :** empreinte optique.



Figure 77 : Scanner intra-orale.

L'empreinte optique permet d'obtenir une image tridimensionnelle des structures bucco-dentaires. Un grand nombre de caméras intra-buccales sont disponibles sur le marché. La précision d'enregistrement est similaire pour les modèles d'une même génération. Elles vont se différencier par leur mode d'enregistrement, la nécessité ou non de poudrage, leur ergonomie, la taille et la forme de l'embout intra-buccal, la génération ou non d'images en couleur etc. Certains dispositifs nécessitent l'application d'une fine couche de poudre mate à la surface des structures à enregistrer. Le logiciel prend en compte cette épaisseur lors de l'enregistrement des surfaces. Cette étape supplémentaire nécessite un apprentissage : quantité de poudre, homogénéité du poudrage. En effet, un manque de poudrage peut empêcher la numérisation de surface tandis qu'un excès va fausser l'empreinte.

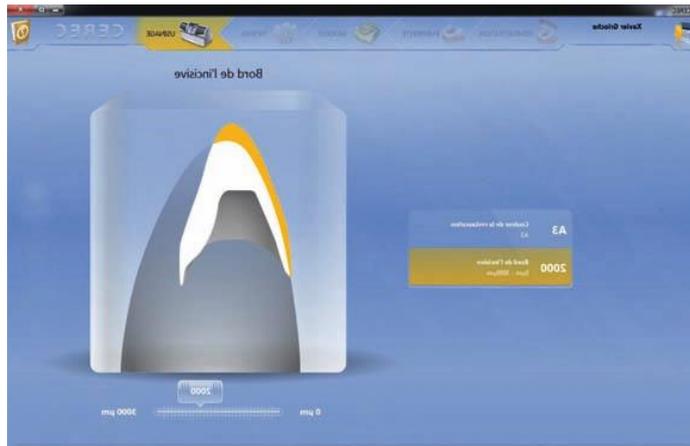


Figure 78 : Modélisation et repérage des bords à l'aide de logiciel CEREC.

3.4- Le choix de la teinte :

La prise de teinte se fait sous une source de lumière stable et équivalente à la lumière du jour, scialytique éteint.

On choisira, dans un premier temps, la luminosité puis la saturation et enfin la teinte.

Si le moignon est dyschromié, on enregistrera également sa teinte afin que le prothésiste opte pour un bloc de céramique avec un pouvoir masquant suffisant. Il existe pour cela des teintiers de moignons qui permettent de faire la correspondance entre la teinte du moignon et celle souhaitée pour la facette

Des systèmes électroniques de prise de teinte peuvent aider à la prise de teinte.

Ces appareillages permettent de prendre, de communiquer, de reproduire et de contrôler la teinte déterminée.

Toutefois, la couleur d'une dent ne doit pas être réduite à la triade « luminosité/saturation/teinte »: l'opalescence, la fluorescence, les caractérisations ainsi que l'état de surface sont des éléments nécessaires pour un résultat naturel

Ces instruments doivent rester un complément à la photographie et à la fiche laboratoire élaborée par le praticien et non s'y substituer.



Figure 79 : Choix de la teinte pour le maquillage des facettes après l'usinage.

3.5- CAO :

○ Au cabinet :

Avant de réaliser la conception proprement dite, une phase de paramétrage de la maquette numérique est nécessaire. Le logiciel va traiter l'image : il sélectionne les points intéressants parmi tous ceux enregistrés, et élimine les données redondantes. L'étape est invisible pour l'opérateur et cela évite un fichier « lourd » qui ralentirait le programme. Puis, le logiciel va automatiquement déterminer les limites de la préparation, ainsi que la ligne de plus grand contour. Mais le praticien peut corriger manuellement, point par point, cette limite.

Le praticien sélectionne « facettes » dans le menu et choisit le programme de conception parmi :

-Base de données morphologiques qui comprend des propositions de restaurations correspondant aux caractéristiques anatomiques de la dent à reconstruire.

-Copie de dents préexistantes.

Ce programme permet de reproduire la forme de la dent avant sa préparation, ou du mock-up, ou encore de reproduire la forme de sa controlatérale par effet miroir.

-Reconstruction informatique.

Un modèle « biogénérique » est défini pour chaque catégorie de dents avec des points de caractérisation communs entre elles. Ainsi lors de la conception, ces points seront reproduits et le reste de l'anatomie sera établi par mise en relation de ces points. Ce programme est surtout utilisé pour les reconstructions intéressant des faces occlusales et n'a que peu d'intérêt pour la CAO d'une facette.

Le logiciel va proposer une forme et une longueur de facette en harmonie avec les dents adjacentes : l'orientation de la facette et la largeur des embrasures cervicales sont définies en fonction de la distance inter-dentaire.

La restauration peut être déplacée dans les trois sens de l'espace et l'opérateur peut remodeler informatiquement cette proposition initiale. À l'aide des outils de design informatique, il peut modifier la position de la ligne de plus grand contour, la position du bord libre, la position ainsi que la force des points de contact, ou encore l'épaisseur de céramique.

L'outil « rendu des incisives », plus spécifique, est très utile dans le cas de restauration antérieure. Il propose de texturer la face vestibulaire en y intégrant lignes de croissance ou mamelons. Une fois la conception terminée, la restauration peut être usinée.

○ **Au laboratoire :**

Dans le système indirect, les empreintes ont été réalisées de manière conventionnelle. Le prothésiste scanne les modèles en plâtre issus des empreintes. Les modèles maxillaires et mandibulaires sont également scannés en occlusion pour pouvoir modéliser la relation intermaxillaire.

Certains logiciels permettent d'éviter l'étape de la coulée en scannant directement les empreintes. Les logiciels de CAO de laboratoire ont le même principe de fonctionnement qu'en Chairside mais sont plus complexes.

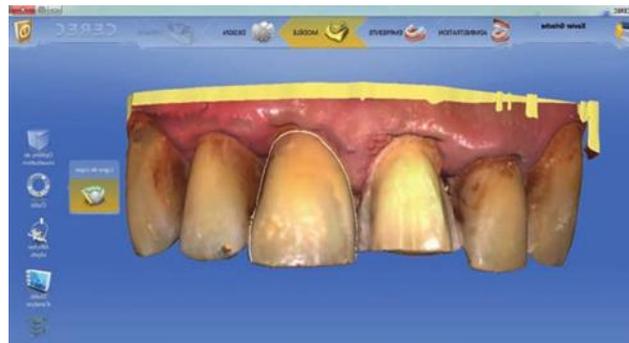


Figure 80 : Modélisation de facettes par CFAO.

3.6- FAO :



Figure 81: Bloc de céramique.

Usinage :

Une fois la CAO réalisée, le logiciel de FAO va piloter, à partir des données informatiques de la CAO, une machine-outil, matérialisant le projet prothétique dans un matériau choisi. Avant de lancer l'usinage, il faut d'abord déterminer la position de la restauration dans le bloc.

Puis l'opérateur choisit l'emplacement du point de séparation qui devra être coupé et poli à la fin de l'usinage. Il doit être positionné sur une surface externe sans contact occlusal ni proximal pour garantir la position et l'intensité optimale du contact inter dentaire. Ainsi, il est généralement placé sur la face vestibulaire.

La tige d'usinage doit être sectionnée à distance de la facette puis usée progressivement afin d'éviter tout écaillage.

La précision de la pièce usinée dépend à la fois de la capacité du logiciel de FAO mais aussi du nombre d'axe de la machine-outil.

Le logiciel gère le trajet des outils en fonction de la forme et du volume de la pièce à fabriquer tandis que le degré de sophistication de la pièce augmente avec le nombre d'axes.

-l'axe Z est celui du déplacement vertical. Le principal avantage de l'usinage à 5 axes est que le positionnement de la fraise par rapport à la pièce à usiner est toujours optimal du fait des mouvements de pivotement que permet cette technique. La vitesse de coupe est également mieux respectée et les vibrations moindres qu'avec une usineuse à trois axes. Cela se traduit par une meilleure qualité de surface de la pièce, par une moindre usure des outils de coupe et par des temps d'usinage plus courts.

4- CFAO des implants : [130]

L'Implantologie Assistée par Ordinateur [IAO] :

La première préoccupation d'un patient qui, ayant perdu une ou plusieurs dents, pense à des implants dentaires pour retrouver la pleine fonctionnalité de mastication et d'esthétique.

La dentisterie moderne qui a connu ces dernières années d'énormes progrès dans tout le secteur et en particulier en implantologie, a grandement facilité la procédure d'insertion d'implants dentaires et rendu le parcours postopératoire plus confortable.

Tout cela a été possible grâce à l'implantologie assistée par ordinateur sans douleur.

Il s'agit d'une technique d'implantologie moderne qui consiste à planifier le positionnement des implants dentaires sur l'ordinateur : de cette manière le dentiste obtient des résultats précis, car le logiciel permet des mesures sophistiquées, capables de détecter automatiquement le canal nerveux.

Ça permet donc de déterminer la longueur et la position exactes des implants dentaires. De plus, on obtient un modèle tridimensionnel qui sert de guide (le guide chirurgical) pour positionner les implants au point le plus approprié, en fonction de l'os et de la structure anatomique de l'arcade dentaire.

Le guide chirurgical :

Le guide chirurgical est la réplique exacte de l'étude informatique et permet de poser des implants dans des situations délicates évitant ainsi parfois des chirurgies plus complexes tels les soulevés de sinus.

Ce guide peut être fabriqué par usinage ou par impression 3D.



Figure 82 : Modélisation d'un guide chirurgical.

Les possibilités offertes par cette technique sont nombreuses, notamment en termes de personnalisation des implants et de réduction des délais de fabrication.



Figure 83 : La CFAO au service d'implantologie : l'enregistrement du profil d'émergence et du collet.

4.1- Possibilités des empreintes sur implants :

Les empreintes sur implant sont une innovation récente dans le domaine de la médecine dentaire. Elles permettent de créer des prothèses dentaires personnalisées pour chaque patient, en utilisant des technologies avancées.

L'un des principaux avantages des empreintes sur implant est leur précision. En utilisant des scanners intra oraux et des logiciels de modélisation 3D, les dentistes peuvent créer des modèles numériques très détaillés de la bouche du patient.

Ces modèles peuvent ensuite être utilisés pour fabriquer des prothèses dentaires qui s'adaptent parfaitement à la forme et à la taille de la bouche du patient, offrant un confort et une fonctionnalité supérieurs par rapport aux prothèses dentaires traditionnelles.

Grâce aux empreintes sur implant, les dentistes peuvent créer des prothèses dentaires entièrement personnalisées pour chaque patient. Les modèles numériques permettent de prendre en compte les spécificités anatomiques de la bouche du patient, ainsi que ses préférences esthétiques.

En outre, les empreintes sur implant permettent également de créer des prothèses dentaires plus résistantes et durables, grâce à l'utilisation de matériaux de haute qualité et à la précision de la fabrication.

Malgré leurs nombreux avantages, les empreintes sur implant présentent également certaines limites, tel que leur coût qui peut être élevé, ce qui peut rendre cette technologie inaccessible à certains patients.

De plus, les empreintes sur implant nécessitent une formation spécialisée pour les dentistes, ainsi que des équipements et des logiciels coûteux. Enfin, certains patients peuvent ne pas être éligibles à cette technique en raison de problèmes de santé ou d'anatomie buccale particulière.

4.1.1- Corps de scannage :

Le corps de scannage des implants dentaires est un dispositif médical révolutionnaire utilisé pour la numérisation précise des implants dentaires.

Cet appareil utilise une technologie avancée de balayage laser pour capturer des images en 3D de l'implant dentaire et de sa structure environnante, permettant ainsi aux dentistes de planifier avec précision les procédures de restauration dentaire.

Le corps de scannage des implants dentaires est utilisé dans une variété d'applications cliniques, notamment pour la planification de la restauration dentaire, la surveillance de la croissance osseuse et la détection de complications post-opératoires.

Il est également utilisé pour la fabrication de guides chirurgicaux sur mesure, ce qui permet aux dentistes de réaliser des procédures de restauration dentaire plus précises et plus efficaces.



Figure 84 : Corps de scannage intra-oral.

Fonctionnement du corps de scannage :

Le corps de scannage des implants dentaires fonctionne en émettant un faisceau laser de haute précision sur l'implant et la zone environnante.

Le laser scanne ensuite l'implant et crée une image en trois dimensions qui peut être utilisée pour planifier la restauration dentaire. Cette technologie de pointe permet une numérisation précise et rapide des implants dentaires, ce qui réduit considérablement le temps nécessaire pour planifier et effectuer les procédures de restauration dentaire.

Bien que le corps de scannage des implants dentaires soit un outil extrêmement utile pour les dentistes, il présente également certaines limitations.

Par exemple, il peut ne pas être en mesure de numériser certains types d'implants ou de structures osseuses, ce qui peut nécessiter l'utilisation de méthodes de numérisation alternatives. De plus, le coût élevé de l'appareil peut limiter son accessibilité pour certains dentistes et patients.



Figure 85 : Principe de l'empreinte optique en implantologie.

4.1.2- Vis de scannage :

Les implants dentaires sont devenus une option populaire pour remplacer les dents manquantes et restaurer la fonction masticatoire. Cependant, le processus de guérison après la pose d'un implant peut être long et compliqué.

C'est là que les vis de cicatrisation scannables entrent en jeu. Ces petites vis en titane ont été conçues pour faciliter la guérison des tissus autour de l'implant et améliorer le processus de cicatrisation globale.

Les vis de cicatrisation scannables sont placées sur l'implant dentaire après son tissu environnant.

La particularité de ces vis est qu'elles sont équipées d'un code-barres qui peut être scanné à l'aide d'un appareil spécialisé. Ce code-barres permet aux professionnels de suivre la progression de la guérison et de s'assurer que tout se déroule comme prévu.

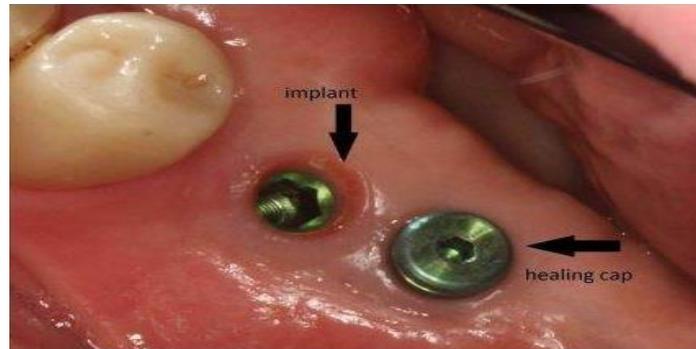


Figure 86 : Vis de cicatrisation.

4.2- Possibilités des pièces prothétiques :

Les pièces prothétiques en CFAO des implants sont des prothèses dentaires conçues pour s'adapter aux implants dentaires. Elles sont fabriquées à partir de matériaux de haute qualité tels que le zircon, le titane et la céramique, qui garantissent leur durabilité et leur résistance. Les pièces prothétiques en CFAO des implants sont fabriquées sur mesure pour chaque patient, en utilisant des modèles numériques de la bouche du patient.

Les pièces prothétiques en CFAO des implants comprennent des couronnes, des bridges et des prothèses dentaires complètes. Elles sont conçues pour s'adapter parfaitement aux implants dentaires, offrant ainsi une solution permanente pour remplacer les dents manquantes.

Les pièces prothétiques en CFAO des implants sont également plus esthétiques et plus confortables que les prothèses dentaires traditionnelles, car elles sont conçues pour s'adapter parfaitement à la bouche du patient. Le processus de fabrication des pièces prothétiques en CFAO des implants commence par la numérisation de la bouche du patient à l'aide d'un scanner intra-oral. Les données numériques sont ensuite utilisées pour concevoir la pièce prothétique en utilisant un logiciel de CAO. La pièce prothétique est ensuite fabriquée à l'aide d'une machine-outil à commande numérique, qui sculpte la pièce à partir d'un bloc de matériau.

Une fois la pièce prothétique fabriquée, elle est fixée à l'implant dentaire à l'aide d'une vis. La pièce prothétique est ajustée pour s'assurer qu'elle s'adapte parfaitement à la

bouche du patient. Une fois que le processus est terminé, le patient peut profiter d'une prothèse dentaire permanente qui est à la fois esthétique et fonctionnelle.

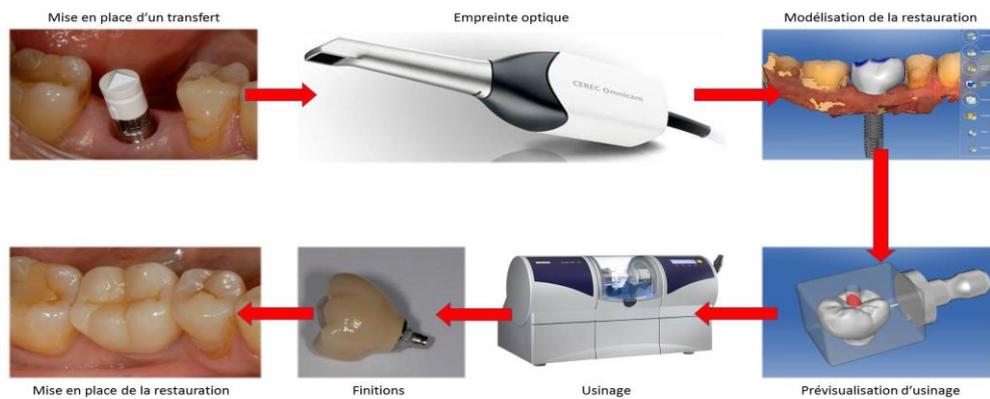


Figure 87 : La chaîne numérique en IAO : prothèse implanto-portée.

CHAPITRE V
Apport de la CFAO

Presque toutes les disciplines de la dentisterie se tournent vers la CFAO et son futur prometteur. De nombreux domaines sont déjà acquis à la cause de la CFAO (dentisterie restauratrice, prothèse conjointe, prothèse supra implantaire, implantologie, prothèse adjointe).

Un des arguments principaux de l'utilisation de la CFAO est la précision, acceptant des erreurs de l'ordre de quelques microns. De plus, n'ayant plus de transport physique des empreintes, il n'y a plus de perte d'information due aux matériaux à empreinte.

Un des autres arguments principaux est le gain de temps, tant au niveau du temps entre les acteurs de la réalisation de la prothèse qu'au niveau du temps de réalisation de la prothèse elle-même. Et le patient est fourni avec le confort et le traitement complet qui est effectué en une session dans le contexte de la pratique dentaire, bien sûr à condition que le dentiste dispose d'un système CFAO qui s'appelle Chairsaide CAD / CAM. Ceci signifie en fait que tout l'équipement peut être placé dans la zone de cabinet dentaire. C'est un remarquable avantage, car il élimine la nécessité de continuer à travailler dans les laboratoires techniques dentaires, ainsi élimine les coûts supplémentaires.

1- Les avantages de CFAO : [53-73]

Apport financier :

- ✓ Économie de matériau à empreinte.
- ✓ Longévité de l'empreinte.
- ✓ Possibilité de soin en une seule séance.
- ✓ Pas de provisoire.
- ✓ Peu de casse donc de dents à refaire.
- ✓ Pas besoin d'investir dans des portes empreintes de différentes tailles également.
- ✓ Productivité et rentabilité.

Apport temps :

- ✓ Empreinte plus rapide.
- ✓ Une seule séance possible.
- ✓ Peu de dents à refaire limite les imprécisions.
- ✓ Supprimer plusieurs étapes.
- ✓ Rapidité d'exécution des pièces prothétiques.
- ✓ Les délais de fabrication raccourcis.

Apport technique :

- ✓ Travail en moyenne deux fois plus précis.
- ✓ Connexion possible avec CBCT planification implantaire possible planification ortho.
- ✓ Un protocole rationnel des résultats.
- ✓ Evite de nombreuses imprécisions inhérentes aux techniques conventionnelles.
- ✓ Fabrication avec meilleur reproductibilité et qualité de matériaux relativement constante.
- ✓ Une meilleure traçabilité ainsi que la régularité des dispositifs.

Apport d'organisation :

- ✓ Le plan de travail reste propre.
- ✓ L'espace de stockage est faible, disparition des modèles en plâtre.
- ✓ Gestion du cahier de rendez-vous facilitée.

Apport au prothésiste :

- ✓ Qualité des empreintes augmentée.
- ✓ Transmission facilitée des empreintes possibilité pour le labo de faire valider le design avant usinage de la dent.
- ✓ Définition réelle de la force des points de contact proximaux et occlusaux en fonction des préférences du praticien.

Apport au patient :

- ✓ Meilleur confort pour le patient, absence de reflexe nauséeux. L'empreinte peut être réalisée facilement chez un patient avec une ouverture buccale limitée.
- ✓ Matériaux à haute biocompatibilité peu de casse.
- ✓ Economie tissulaire.
- ✓ Fin des dévitalisations pour des raisons mécaniques.
- ✓ Des explications argumentées au patient à l'écran.
- ✓ Pas de provisoire à payer.

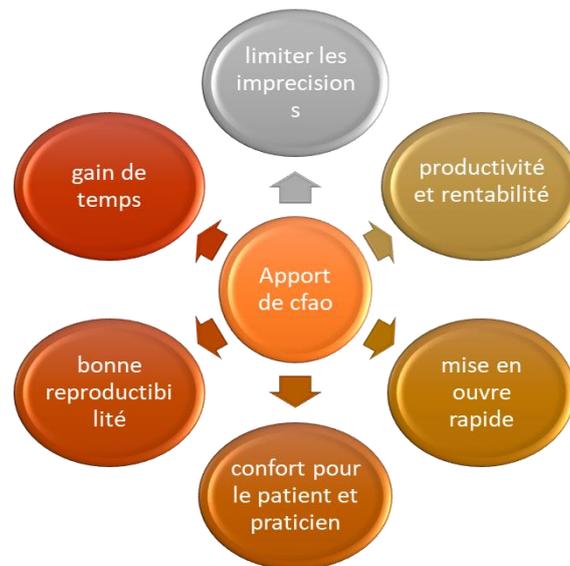


Figure 88 : Apport de CFAO dentaire.

2- Les inconvénients :

Cependant la CFAO présente quelques limites :

- ✓ Le coût élevé de l'équipement et les frais de maintenance qui sont parfois dissuasifs.
- ✓ La céramique usinée maquillée qui est bien souvent qualifiée de qualité moindre contrairement à la céramique stratifiée qui est obtenue par la méthode conventionnelle.
- ✓ Courbe d'apprentissage long
- ✓ Les préparations doivent :
 - Etre extrêmement rigoureuses.
 - Respecter une certaine « standardisation » qui conduit à une bonne reproductibilité.
- ✓ Lors de l'empreinte optique :
 - Il est nécessaire de bien préparer le terrain avant l'enregistrement (préparation parodontale, technique d'accès au sulcus,..).
 - Il faut être exempt de tout fluide buccal.
 - Il est préférable de respecter le protocole d'acquisition en fonction de la caméra.

CHAPITRE VI
Cas cliniques

Premier cas clinique :

Il s'agit de monsieur MB âgée de 27 ans qui présente à notre consultation pour des douleurs intense au niveau de la 16 qui déjà bénéficié d'une restauration à l'amalgame qui veut une reconstitution plus esthétique.

A l'examen clinique le patient ne présente aucune maladie générale.

L'examen exo buccale :

Le patient présente aucune symptomatologie ni pathologie exo buccale
Egalité des étages.

Examen de la denture : les dents présentent en bouche selon le schéma suivant :

18 17 16 15 14 13 12 11	21 22 23 24 25 26 27 28
48 47 46 45 44 43 42 41	31 32 33 34 35 36 37 38

CAO = 3

Examen de l'occlusion :

Il présente une DDM par microdonte relative.

Examen du parodonte :

Le patient présente une hygiène satisfaisant sans problème parodontale.

Diagnostic :

Une pulpite aigue suite à une carie récurrente sous l'amalgame.

Décision thérapeutique :

Un traitement endodontique suivi d'une reconstitution complexe de la dent par technique indirecte.



Figure 89 : Etat initial de la 16.



Figure 90 : Réduction et repérage de marges.



Figure 91 : Prise d'empreinte.

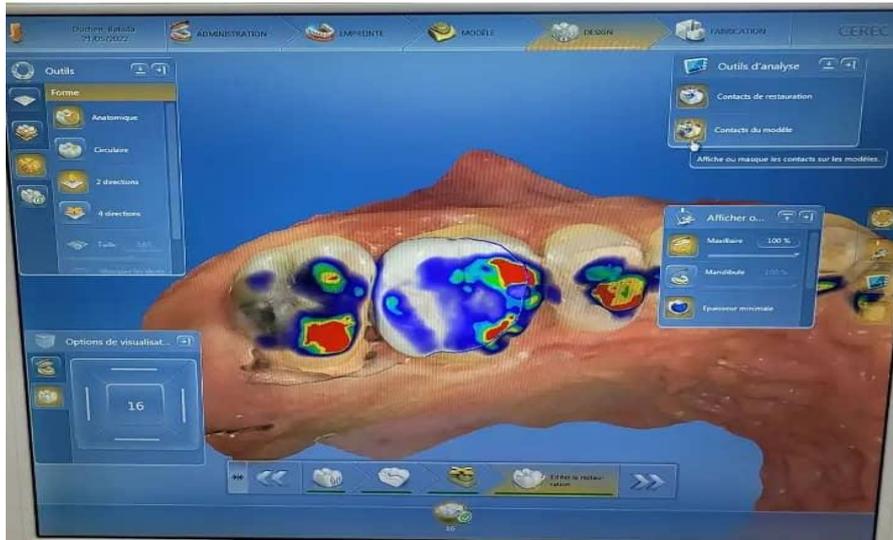


Figure 92 : Conception et vérification de l'occlusion.

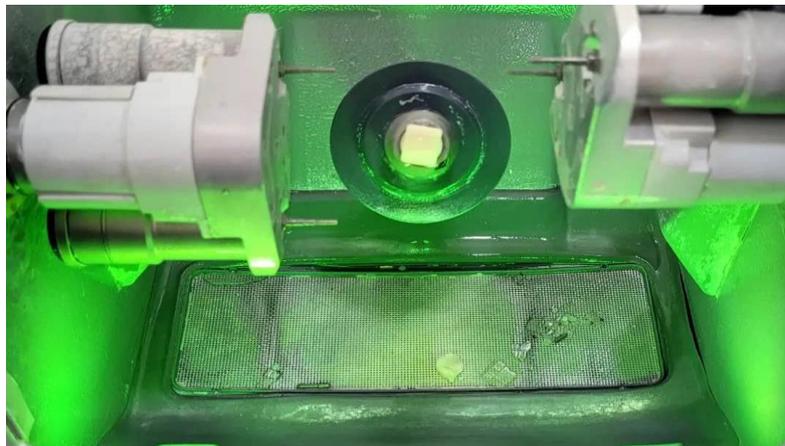


Figure 93 : Fabrication en cours de l'overlay.



Figure 94 : Après cuisson et finition de l'overlay.



Figure 95 : Etat final après collage.

Deuxième cas clinique :

Il s'agit de Mme A.A âgée de 50ans, qui s'est présentée au niveau du cabinet pour un rétablissement esthétique et fonctionnelle.

A l'examen clinique la patiente ne présente aucune maladie générale.

Examen exo buccal : la patiente ne présente aucune symptomatologie ni pathologie musculo-articulaire.

Egalité des étages de la face.

Examen de la denture : les dents présentent en bouche sont représentées selon la numérotation internationale, dans le schéma suivant selon quatre quadrants de la bouche :

A A A A A C A C	C C C 24 A C A A
A A A 45 44 43 42 41	31 32 33 34 35 A A A

CAO = 21

Examen de la gencive : a montré une hygiène bucco-dentaire insuffisante, avec présence d'une gingivite généralisée.

Diagnostic : remplacement des dents absentes.

Décision thérapeutique : sur le plan général le patient ne présente aucune contre-indication pour la prothèse fixée, donc la décision thérapeutique pour ce cas est la réalisation d'un bridge de 7 éléments (13, 12, 11, 21, 22, 23, 24).

Plan de traitement :

- Motivation à l'hygiène bucco-dentaire.
- Détartrage.
- Soins endodontiques.



Figure 96 : Etat initial.



Figure 97 : Prise d'empreinte optique intra orale.

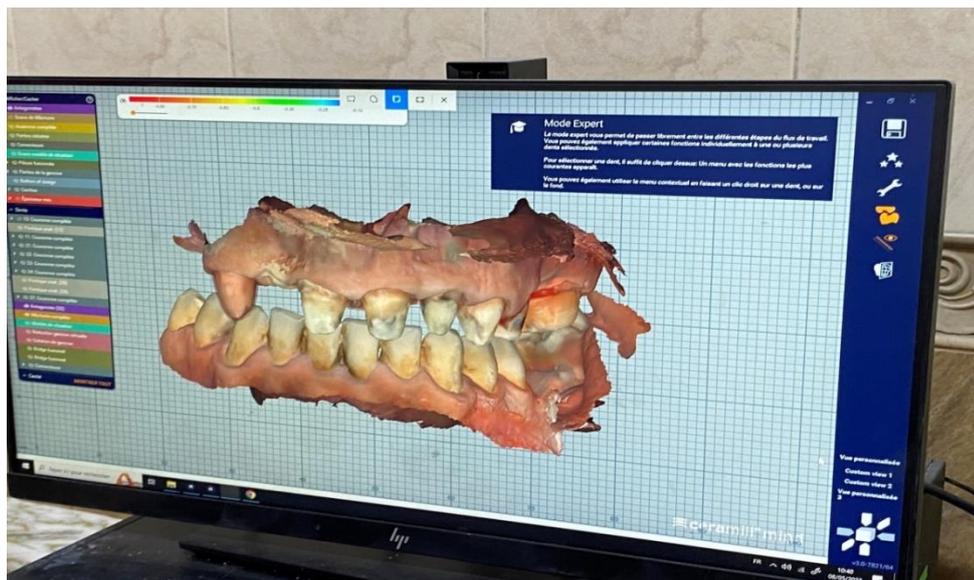


Figure 98 : Visualisation l'empreinte sur logiciel CAO.

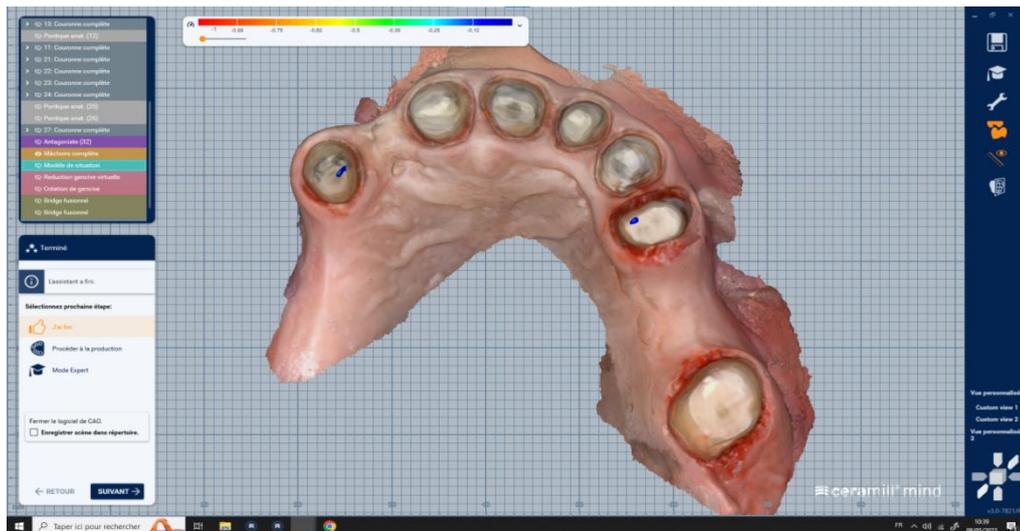


Figure 99 : Détermination de l'axe d'insertion de bridge.

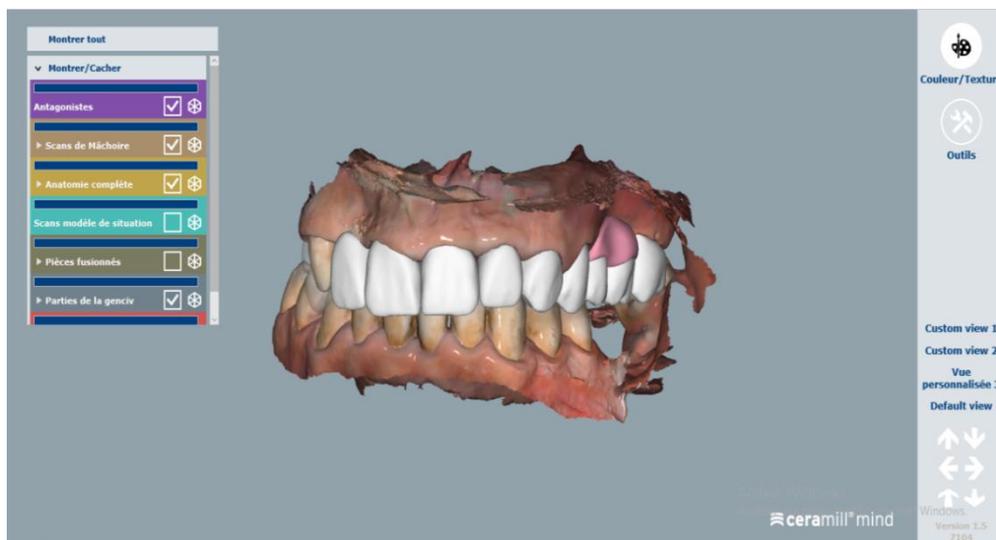


Figure 100 : Modèle virtuel de bridge.



Figure 101 : La Fabrication Assistée par Ordinateur.



Figure 102 : Polissage du bridge.

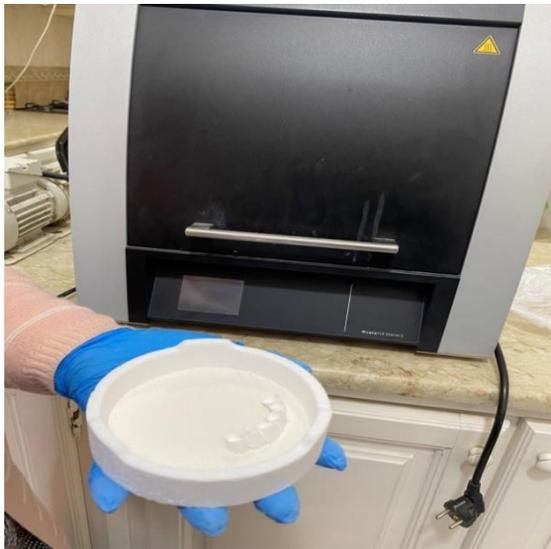


Figure 103 : Bridge prêt à être cuit dans le four de sintérisation.



Figure 104 : Four céramique.



Figure 105 : Résultat final.

CONCLUSION

La Conception et la Fabrication Assistée par Ordinateur en prothèse est le sujet incontournable des congrès et des salons dentaires, en effet l'évolution rapide des technologies et l'intérêt croissant des industriels ont permis aux praticiens une nouvelle approche de la dentisterie à travers de nouveaux matériels et de nouveaux biomatériaux.

La CFAO a permis de remplacer les étapes classiques de prothèse fixée telles que le moulage des modèles, le montage de céramique par stratification..etc.

La séance unique et l'apport de la CFAO, c'est la mise en application d'une dentisterie moderne numérique en fonction des exigences du patient, de communication et de la confiance qui peut s'établir avec l'équipe soignante, cette technologie numérique de l'empreinte optique à la réalisation prothétique constitue un outil précieux ! Avec des séances courtes, efficaces et confortables, avec une meilleure reproductibilité, qualité de matériaux relativement constante ; et rapidité d'exécution, les patients ont la sensation d'un traitement « sur mesure » et réellement personnalisé.

Néanmoins la CFAO présente quelques limites intrinsèques à la technique telle que le choix limité de teinte et de taille des matériaux, une esthétique moindre.

Une réelle expansion de l'utilisation de ces techniques peut être envisagée sous conditions que les fournisseurs continuent à perfectionner les outils propres à la CFAO et donc pallier ces limites, mêmes si le coût, principal frein de l'investissement pour le médecin dentiste, ne serait pas autant diminué.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

1. Ababsa KH , Azzaz A , Boumedjou K, Apport de la CFAO en prothèse fixée unitaire, 2019 , faculté de médecine d'Alger 1.
2. ATTAL, J.-P. (2009). La CFAO appliquée à l'odontologie restauratrice et la prothèse. *Réalités Cliniques*, 20(4).
3. Badre Asbie S, Suganne M, Kamalakkanan J, Saaf J, CÉRAMIQUES DENTAIRES EN PROTHÈSE DENTAIRE, *African journal of Dentistry and Implantology*, 2020.
4. Barone, S. (mars-avril 2012). La CFAO à la faculté d'odontologie de Nancy. *Stratégie prothétique*, 12(2).
5. Benbelaid R, Kamagate SF, Tramba P. La désinfection des empreintes au cabinet dentaire. *Strat Proth* 2005 ; 5: 55-60.
6. BENNASAR B, FAGES M, MARGERIT J. La CFAO pour la réalisation des maquettes de fonderie en prothèse fixée. *Les cahiers de prothèse* N° 146, Juin 2009 : p 23-31.
7. Berdaoui A, Hamidouche H ,Khedim Kh , Louzri A , Merine F , Serrah M ,la CFAO en prothèse dentaire, 2022, faculté de médecine Blida 1.
8. BERGER E, Soyez connecté !, *Stratégie prothétique* 2010 • vol 10, n°5:(1-8).
9. BERMES-KLAINE R, La fabrication assistée par ordinateur en prothèse, 2013, Université Henri POINCARÉ NANCY I.
10. BERRUET J.L, CIAFFOLONI R, PELISSIER B, La CFAO en cabinet dentaire avec laboratoire, *Quintessence du congrès de l'ADF*, 2012: p.272-275.
11. Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D, Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations, 2008, *BRITISH DENTAL JOURNAL VOLUME 204 NO. 9*: (505-511).
12. Bie C. L'EMPREINTE OPTIQUE AU CABINET DENTAIRE [Internet]. UNIVERSITE TOULOUSE III; 2015 [cité nov 2017]. Disponible <http://thesesante.ups-tlse.fr/984/1/2015tou33069.pdf>.
13. Bindl A, Mörmann W H, An up to 5-Year Clinical Evaluation of Posterior In-Ceram CAD/CAM Core Crowns, *The International Journal of Prosthodontics* Volume 15, Number 5, 2002 : (451-456).
14. Boitelle p et al, Evaluation de l'adaptation des restaurations prothétiques fixées réalisées par CFAO et facteurs de variation : revue de littérature. *Les Cahiers de prothèse*, mars 2013; 161 :59-75.
15. Boujenah O, La dentisterie numérique... simplement, 2021, *AO NEWS#046* : (10-12).
16. BOUQUET, F. (2009). intégration de la cfao direct au cabinet. *Réalités Cliniques*, 20(4).
17. Brochu M. Focalisation sur les scanners dentaire numérique la science à l'appui. *Can J Rest Dent Prosthodont* 2009;2(2):45-48.
18. BUSSON B. Céramique biocompatible de l'avenir : la zircone. *Technologie dentaire*, N°192,2002: (17-22).
19. CASAS T, Zircone translucide & CFAO directe : une réponse pertinente pour de nombreuses situations cliniques, *AOS* n° 283 – 2017 : (1-6).
20. Cazier S, L. D, approche clinique des bridges collés, 2010, *L'INFORMATION DENTAIRE* n° 23.

BIBLIOGRAPHIE

21. Cazier S, Moussally C. Descriptif des différents systèmes d'empreinte optique. Rev Odont Stomat [Internet]. mai 2013 [cité 1 déc 2017];42(2).
22. CHARON JL. Mesures sans contact. Méthodes optiques. www.techniquesdel'ingenieur.fr .[En ligne]2003.
23. CHAUVIN A, Les facettes céramiques par CFAO en méthode directe et indirecte : Indications et protocoles angélique chauvin, 2017, Université de bordeaux.
24. CHIEZE JB et al, Réalisation d'une couronne, Réalités Cliniques vol. 20 n°4, 2009 : (235-242).
25. Chotard Karine. Critères de choix des matériaux à utiliser dans le cadre d'une réhabilitation conjointe en CFAO. Thèse de doctorat de chirurgie dentaire, Université Toulouse III Paul Sabatier, 2013; 142p.
26. CIESLAK S, Les facettes avec et sans préparation dentaire : aspects actuels, 2015, Université de lorraine faculté d'odontologie de Nancy.
27. Clément M, Noharet R, Viennot S. Réalisation clinique d'une prothèse fixée unitaire : optimisation du résultat esthétique. EMC - Médecine buccale 2014;0(0):1-17 [Article 28-815-L-90].
28. CNIFPD - UNPPD. Le guide de la cfao dentaire, 2009.
29. Coelho Santos Jr G, Boksman Len, Jacinta Moraes Coelho Santos M, CAD/CAM Technology and Esthetic Dentistry: A Case Report, 2013, COMPENDIUM Vol 34, N° 10: (764-770).
30. CORDELETTE M, CIVEL P. JORDAN F, CFAO directe : une réponse de choix aux objectifs de restauration partielle collée. Clinic 2017; 38 : 179-187.
31. CORDELETTE M, JORDAN-COMBARIEU F. Evolutions majeures de la CFAO directe. Information dentaire. 2014 Mai 21;(20):38-46.
32. COUDRAY L, G. T.-P. (2009). les matériaux accessibles par cfao. Réalités Cliniques, 20(4).
33. COUDRAY L, TIRLET G, ATTAL JP. Les matériaux accessibles par CFAO. Réalités cliniques, vol 20, N°4, 2009 : p 251-255.
34. Cour 4eme année fac de Sétif Dr Bouhai.
35. Courtin N, critères de choix d'un pilier implantaire en prothèse fixée, 2012, Université de Lorraine.
36. Daouahi N, Hadyaoui D, Hajjemi H, Saafi J, Harzallah H, Cherif M, Restauration des incisives érodées avec les couronnes tout céramique : cas clinique, AFRICAN JOURNAL OF DENTISTRY & IMPLANTOLOGY : (45-50).
37. Davido N, L'internat en odontologie : Odontologie conservatrice et Endodontie Odontologie prothétique, 2014.
38. Davidowitz G., Kotick P.G., The use of CAD/CAM in dentistry, Dental clinics, 2011: p.559-570.
39. Demang, R. (6 juin 2012). La CFAO dans notre quotidien. L'INFORMATION DENTAIRE(23).
40. Dendouga S, Les facettes en céramique collées : étude clinique comparative des différents types de préparations coronaires, 2015.
41. Descamp F. Pratique de l'empreinte en prothèse fixée : du pilier naturel à l'implant, des techniques classiques à la CFAO. 2012.PARIS :Ed CdP. 137 p.

BIBLIOGRAPHIE

42. DI RoCCO D, Le système CEREC en pratique quotidienne : Réhabilitation esthétique dans la région des dents antérieures - présentation d'un cas clinique, Rev Mens Suisse Odontostomatol Vol. 119 7/2009 : (724-729). Disponible sur: <http://lexpertdudentaire.com/cfao-cabinet-dentaire-bonne-strategie/>.
43. Duminil G, O. L, Trois systèmes de CFAO à l'épreuve de la clinique, 2010, Stratégie prothétique, vol 10 n° 3.
44. Duret F, Duret B, Pelissier B. Histoire vécue : Le Temps des pionniers (CAD CAM : real life story : pioneers time. Inf Dent. 2007;29:1659-63.
45. DURET F, PELISSIER B, DURET B. Peut-on envisager de faire des empreintes optiques en bouche ? Stratégie prothétique Février 2005, Volume 5, n° 1, p 67-74.
46. DURET F, PELISSIER B, FAGES M. Empreintes optiques et perspectives d'avenir. Stratégie prothétique, Septembre-Octobre 2010, 10 (4) : p 239-247.
47. Duret F, Pélissier B. Différentes méthodes d'empreinte en CFAO dentaire. <https://www-em--premium-com.docadis.ups-tlse.fr/data/traites/mb/28-38844/>[Internet]. 23 déc 2016 [cité 30 déc 2017]; Disponible sur: <https://www-em--premium-com.docadis.ups-tlse.fr/article/1098196/resultatrecherche/1>.
48. DURET F, PELLISIER B. Les différentes méthodes de prise d'empreintes pour la CFAO. Stratégie prothétique, Novembre 2003, Volume 3, n°5, P343-349.
49. DURET F., Interview : Le congrès dentaire des technologies 3D et CAD/CAM. CONGRES IMAGINA DENTAL. 2013, Monaco.
50. DURET F., La grande avancée de la CFAO, IDS de Cologne 2011, Fil Dentaire Magasine, 2011.
51. Ender A, Mehl A. Accuracy of complete-arch dental impressions: a new method of measuring trueness and precision. J Prosthet Dent 2013;109(2):121-28.
52. Etienne O, Hajto J. Les matériaux céramiques en « prothèse sans métal ». Cahiers de Prothèse 2011;155:5-13.
53. ETIENNE O. Le tout céramique. Information dentaire, N°11, Mars 2009 : p522-524.
54. FAGES M, B. B, L'empreinte optique intra-buccale en pratique quotidien, 2011, Stratégie prothétique, vol 11(n° 2).
55. FAGES M, RAYNAL J, TRAMINI P, MARGUERIT J, CUISINIER F, CORN S, SLANGEN P, IENNY P, RIOU P. Biomécanique : influence de la géométrie de la préparation sur la résistance de coiffes tout céramique monobloc réalisées par CFAO. Stratégie prothétique. 2014 Mar-Avr;14(2):91-98.
56. Fasbinder D J, Clinical performance of chairside CAD/CAM restorations, JADA (American Dental Association), Vol. 137, 2006 (22s-31s)<http://jada.ada.org>.
57. FAZIER S, MOUSALLY C. Descriptif des différents systèmes d'empreinte optique. Revue d'odontostomatologie. 2013.
58. FERRARI JL, SADOON M. Classification des céramiques dentaires. Les cahiers de prothèse, Mars 1995, N°89 : p 17-25.
59. GAILLARD C, J. B. (novembre-décembre 201). Restaurations implanto-portées utilisant la technique CFAO Nobel Procera™ Considérations cliniques. Stratégie prothétique, 10(5).

BIBLIOGRAPHIE

60. Galibourg A. Le Numérique en Prothèse Fixée. 2016.
61. GHANDOUR, I. (novembre 2008). La CFAO révolutionne le monde dentaire. Stratégie prothétique, vol 8(n° 5).
62. GOURRIER Y, BONGERT P, LEPAGE K. Le système DCS Précident. Stratégie prothétique, Février 2003, 4 (1) : p 17-25.
63. GUERIDON S, L'articulateur virtuel du Cerec Software 4.2 : véritable outil de diagnostic ou simple aide à la modélisation d'éléments prothétiques ?, 2014, Université Nice-Sophia Antipous.
64. Hanouchine L, Évolution des Ponts Dentaires dans le temps, 2020, Université Mouloud MAMMERI.
65. Henry Schein. Lava Precision Solutions : Scanner intra-oral Lava C.O.S. L'empreinte numérique au cabinet dentaire [Internet]. Henry Schein. [cité 4 avr 2018]. Disponible sur: https://www.henryschein.be/be/fr/images/dental/OUTLET_LavaCOS_FR.pdf.
66. Hollender M, Allard Y, Richelme J, Casu J, La CFAO indirecte, 2014, L'INFORMATION DENTAIRE n° 20 : (22-29).
67. Hosmalin R, conception et réalisation de prothèse fixée par CFAO indirecte médecine humaine et pathologie , 2015.<http://www.sop.asso.fr/ros/revue-odonto-stomatologique/ROS0000336>.
68. ISRAEL L, ISRAEL J. Endocouronnes et CFAO directe. CDF. 2012 Fév 23; (1517).
69. Jean-Baptiste CHIEZE, S. C. (2009). place de La CFAO directe en omnipratique quadrant ,couronne ,facette. Réalités Cliniques, 20(4).
70. Jef M van der Zel, Ceramic-fused-to-metal restorations with a new CAD/CAM system, Quintessence International Volume 24, Number 11/1993 : (769-777).
71. Jordan M, Simulation virtuelle de l'occlusion : perspectives actuelles, 2020, Université de Lorraine.
72. KANNENGIESSER F, Le Modèle de Travail en Prothèse Fixée : Concepts et Préceptes, 2013, Université de Lorraine.
73. Khalil A. Technologies LTCC et stéréolithographie céramique 3D appliquées à la conception de dispositifs millimétriques et submillimétriques. Thèse faculté des sciences et techniques, Limoges, 2010.
74. KHEDHIRI-DEROUICH C, La pratique quotidienne de la CFAO en cabinet dentaire. Volume 1, Présentation des matériaux et indications cliniques sur dent naturelle, 2018, Université Paris Descartes.
75. KRIEF A. Couronnes, bridges et facettes Procera, la synthèse entre esthétique et fiabilité. Information dentaire, N°37, Octobre 2002 : p 2781-2783.
76. KURDYCK B. De l'usage du titane en prothèse dentaire. Information dentaire 1997, 79 (16) : p 1073-1081.
77. Lacroix P, Laurent M, Laborde G. Quels sont les critères de choix des porte-empreinte et des adhésifs? Strat Proth 2004 ; 4 : 363-368.
78. Landwerlin O., Fages M. L'empreinte optique : silence on tourne ! Stratégie Prothétique 2014;14(2):115-128.
79. LAURENCE LUPI-PEGURIER ; MULLER, M. ; Décontamination des empreintes en orthopédie dento-faciale ; Le journal de l'Edgewise, vol. 40, 1999.

BIBLIOGRAPHIE

80. Le Chaffotec W, Denis C. La chaîne numérique en implantologie : exemple du système Sirona en cabinet d'omnipratique. [Rennes]: UFR d'odontologie de Rennes I; 2016.
81. LEBRAS A. Quelle zircone pour quelle prothèse dentaire ? *Stratégie prothétique* 2003, 3 (5): p 351-361.
82. MAGNE P, WILLIAM HD. Optimisation de la résilience et de la répartition des contraintes dans les facettes en céramique utilisées pour le traitement des incisives fracturées. *Parodont. Dent.Rest.* Vol 19, N°6, 1999 : p 543-553.
83. Mangin P. CFAO AU CABINET DENTAIRE: QUELLE EST LA BONNE STRATEGIE ? [Internet]. *L'Expert du Dentaire*. 2017 [cité 6 janv 2018].
84. Margossian P, Laborde G, *Restaurations céramocéramiques*, 2007, EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), odontologie, 23-272-C-15 : (1-9).
85. Marwan DAAS, M. D. (2009). Implantologie assistée par ordinateur la précision des guides stéréolithographiques. *Réalités Cliniques*, 20(4).
86. Maxime J, Sébastien F, *Occlusion et CFAO*, 2014, *L'information dentaire* n°20 : (48-56).
87. Missika P, Benhamou-Lavner A, Kleinfinger-Goutmann I, *Accéder à l'implantologie*, 2003, Editions Cdp, p (19-25).
88. Miyazaki T, Hotta Y. CAD/CAM systems available for the fabrication of crown and bridge restorations. *Aust Dent J* 2011;56:97-106.
89. Montenero J, *La CFAO indirecte dans un laboratoire de prothèse*, 2009, *Réalités Cliniques* vol. 20 n° 4 : (257-263).
90. MOUSSALLY C, CHIEZE JB, ATTAL JP. Inlay céramique par CFAO directe. *Information dentaire*. 2007;29:1671-1674.
91. Moussally, C. (19 mai 2010). La CFAO directe au service de l'esthétique. *L'INFORMATION DENTAIRE*(20).
92. Nasr K, Nouveaux paradigmes et outils pour les préparations unitaires postérieurs en CFAO directe, *LE FIL DENTAIRE* n°119 : (12-16).
93. Nguyen J, Ruse D, Sadoun M. Nouvelle classe de matériaux composites. *Entret Bichat* 2013;37-40.
94. Noharet R, Giordanengo G, Apport de la cfao dans un nouveau dessin d'armatures en prothèse implantaire transvissée chez l'édenté total, 2014, *CFAO et armatures Stratégie prothétique* vol 14, n° 5 : (307-313).
95. Otto T, Computer-Aided Direct All-Ceramic Crowns: Preliminary 1-Year Results of a Prospective Clinical Study, *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, Volume 24, Number 5, 2004, (447-455).
96. Perrier C, Conception et fabrication assistée par ordinateur directe et usures sévères : à propos d'un cas, 2018, Université de Lorraine.
97. Person A, Andersson M, Oden A, Sandborgh-Englund G. A three-dimensional evaluation of a laser scanner and a touch-probe scanner. *J Prosthet Dent* 2006;95(3):194-200.

BIBLIOGRAPHIE

98. Petitjean Y, Schittly J. Les empreintes en prothèse fixée. 1994. PARIS. Ed CdP. 145 p.
99. Pierre M, Le « tout-céramique » en C.F.A.O. dentaire directe : Concepts actuels et critères de choix en prothèse fixée, 2017, Université de Lorraine.
100. RAYNAL, D. J. (2008). La dentisterie moderne à l'heure de la CFAO directe par le CEREC3 3D. LE FIL DENTAIRE (33).
101. Reichelt, D. E. (mai 2008). Possibilités de traitement prothétique avec des structures céramiques CFAO individualisées sur un implant. LE FIL DENTAIRE(33).
102. RICHELME J, CASU JP, P. VERMEULEN, Du projet esthétique à la confirmation par les provisoires : Quelles méthodologies ?, Stratégie prothétique 2011 • vol 12, n° 3 (187-197).
103. Rinke S, Pabel A, Rödiger M, Ziebol D, Case report Chairside Fabrication of an All-Ceramic Partial Crown Using a Zirconia-Reinforced Lithium Silicate Ceramic, 2016, Hindawi Publishing Corporation Case Reports in Dentistry, ArticleID1354186, 7 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2016/1354186>.
104. Sarfati E, D. M, limites techniques et environnementales de l'empreinte optique et de la Prothèse fixe usinée par cfao en implantologie, 2017, Université PARIS DIDEROT - PARIS 7.
105. Sastre T, Alric S, Chapuis X, Claverie Ch, Duminil G, Elkaim D, Etienne O, Fortin T, Giacomelli Ch, Hitmi L, Maxime J, Li D, Mariani Ph, Moussally Ch, Pennard J, La dentisterie numérique, 2021, p :
106. Schittly J. Les cahiers de prothèse : témoin de l'évolution des empreintes en prothèse fixée depuis 1973. Cah Prothèse 2010; 150 : 69-75.
107. SHILLINGBURG H, JACOBI R, BRACKETT S. Les préparations en prothèse fixée. Paris :Edition CdP; 1988.
108. Stéphane CAZIER, J.-B. C.-A. (2009). place de La CFAO directe en omnipratique inlay onlay. Réalités Cliniques, vol. 20(4).
109. Tasci E, Intérêts de la CFAO : de la planification à la réalisation d'une restauration prothétique implantoportée unitaire, 2018, Université de Lorraine.
110. Thèse d'exercice/Université de RENNES 1 UFR D'odontologie. <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01759067>.
111. TINSCHERT J., NATT G., HASSENPFUG S. et al., Status of current CAD/CAM technology in dental medicine. Int J Comput Dent, 2004. 7(1) : p. 25-45.
112. TOUATI B, MIARA P, NATHANSON D. Dentisterie esthétique et restaurations en céramique. Paris : Edition CdP; 1999.
113. Unger, F. (s.d.). La CFAO en questions. LE FIL DENTAIRE.
114. Van Noort, R., The future of dental devices is digital. Dental Mater, 2012 ; 28 : 3-12.
115. Walter B, Barthet P, De March P, Dot D, Fages M, Le Guehennec L, Jacquot B, Laborde G, Laplanche O, Launois C, Laviolle O, Lemoine S, Millet C, Offner D, Prothèse fixée Approche clinique, 2016, p : 153-172.
116. WILLIAMS RJ, BIBB R. CAD/CAM fabricated removal partial denture alloy frameworks. Practical procedure for aesthetic dentistry, Jul 2008, 20 (6): p 349-351.

BIBLIOGRAPHIE

117. Williams, R.J., Eggbeer, D., Lapcevic, A., Trifkovic, B., Puskar, T., Budak, I., Jevremovie, D, RE-CAD/CAM Approach in design and manufacturing of dental ceramic crowns in combination with manual individualization, 2012, Journal of Production Engineering Vol. 15 n° 2 : (91-94).
118. Zarina R, Jaini JL, S Raj R, Evolution of the Software and Hardware in CAD/CAM Systems used in Dentistry, Int J Prev Clin Dent Res 2017;4(4):284-291.
119. Zimmermann M ,Mehl A Mörmann,W.H.& Reich,S-Intraoral scanning systems-a current overviews.Int.J.comput.Dent.18,101_129(2015).

WEBOGRAPHIE

120. <HTTPS://www.cours-dentaire.blogspot.com>.
121. <HTTPS://www.centredentairedeslilas.com>.
122. <https://dr-decker-veronique.chirurgiens-dentistes.fr/les-choix-esthetiques/inlay-onlay-et-overlay-une-technique-conservatrice>.
123. https://facmed-batna.medespace.fr/articles.php?article_id=350.
124. <https://www.lefildentaire.com/articles/>
125. <https://fr.dental-tribune.com/news/titane-et-chrome-cobalt-metaux-durs-pour-la-fabrication-cadcam/>.
126. <https://dr-benichou-bernard.chirurgiens-dentistes.fr/soins-cabinet-dentaire/prothese-dentaire-fixee-paris/>
127. <https://www.dentisfuturis.com/>
128. <https://www.idweblogs.com/>
129. <https://fr.slideshare.net/AbdeldjalilGadra/cfao-conference-a-presenter>
130. <https://www.dentistiinalbania.com/fr/implantologie-assistee-par-ordinateur-sans-douleur/>

Résumé

La Conception et Fabrication Assistée par Ordinateur connaît un essor considérable et devient un des éléments incontournables de la profession, elle ne cesse d'évoluer et de se perfectionner.

Elle permet d'améliorer les traitements proposés aux patients, les rendre plus prévisibles, plus confortables, plus esthétiques, plus biologiques.

Dont la prothèse fixée qui nécessite pour sa réalisation, l'enchaînement de plusieurs étapes que l'introduction du numérique a permis de les réduire tout en augmentant la précision et améliorant les qualités des traitements prothétiques.

Le gain de temps, la procédure simplifiée, et la facilité de production qu'offre la CFAO exige sa présence de plus en plus dans notre pratique pour assurer le confort du patient et répondre à ses souhaits.

Mots clés : CFAO, prothèse fixée, numérique, empreinte optique.

Abstract

Computer-Aided Design and Manufacturing is experiencing considerable growth and is becoming one of the essential elements of the profession, it is constantly evolving and improving.

It allows to improve the treatments proposed to the patients, to make them more predictable, more comfortable, more aesthetic, more biological.

One of these is fixed prosthesis, which requires several steps for its realization, which the introduction of digital technology has reduced while increasing the precision and improving the quality of prosthetic treatments.

The time saving, the simplified procedure, and the ease of production that CAD/CAM offers requires its presence more and more in our practice to ensure the comfort of the patient and to meet his wishes.

Keywords: CAD/CAM, fixed prosthodontics, digitization, optical impression.

تلخيص :

شهد التصميم والتصنيع بمساعدة الكمبيوتر نموًا كبيرًا وأصبح أحد العناصر الأساسية للمهنة، فهو يتطور ويتحسن باستمرار.

إنه يجعل من الممكن تحسين العلاجات المقدمة للمرضى، مما يجعلهم أكثر قابلية للتنبؤ، وأكثر راحة، وأكثر جمالية، وأكثر عضوية.

بما في ذلك الطرف الاصطناعي الثابت الذي يتطلب تحقيقه، فإن سلسلة الخطوات العديدة التي سمح إدخال الرقمية بتقليلها مع زيادة الدقة وتحسين صفات العلاجات الاصطناعية.

توفير الوقت والإجراء المبسط وسهولة الإنتاج التي يقدمها CFAO يتطلب وجوده أكثر فأكثر في ممارستنا لضمان راحة المريض وتلبية رغباته.

الكلمات الدلالية : محاكاة التصميم، تركيب الاسنان الثابتة، التطور الرقمي، البصمة الرقمية.