



HAL
open science

Place des restaurations partielles collées par CFAO directe dans l'ergonomie et l'organisation du cabinet dentaire

Solène Banni

► To cite this version:

Solène Banni. Place des restaurations partielles collées par CFAO directe dans l'ergonomie et l'organisation du cabinet dentaire. Médecine humaine et pathologie. 2022. dumas-03824853

HAL Id: dumas-03824853

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03824853v1>

Submitted on 21 Oct 2022

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

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



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

THÈSE

***POUR OBTENIR LE DIPLÔME D'ÉTAT
DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE***

Présentée et publiquement soutenue devant

Aix-Marseille Université
(Président : Monsieur le Professeur **Éric BERTON**)

Faculté des Sciences Médicales et Paramédicales
(Doyen : Monsieur le Professeur **Georges LEONETTI**)

École de Médecine Dentaire
(Directeur : Monsieur le Professeur **Bruno FOTI**)

***Place des restaurations partielles collées
par CFAO directe dans l'ergonomie
et l'organisation du cabinet dentaire.***

Présentée par

BANNI Solène

Née le 14/04/1997

A Marseille

Thèse soutenue le **Judi 23 juin 2022**

Devant le jury composé de

Président : **Professeur TERRER Elodie**

Assesseurs : **Docteur ABOUDHARAM Gérard**

Docteur RE Jean-Philippe

Docteur BAUDINET Thomas

Invité : **Docteur SILVESTRI Frédéric**

THÈSE

***POUR OBTENIR LE DIPLÔME D'ÉTAT
DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE***

Présentée et publiquement soutenue devant

Aix-Marseille Université
(Président : Monsieur le Professeur Éric BERTON)

Faculté des Sciences Médicales et Paramédicales
(Doyen : Monsieur le Professeur Georges LEONETTI)

École de Médecine Dentaire
(Directeur : Monsieur le Professeur Bruno FOTI)

***Place des restaurations partielles collées par CFAO
directe dans l'ergonomie et l'organisation
du cabinet dentaire.***

Présentée par

BANNI Solène

Née le 14/04/1997

A Marseille

Thèse soutenue le **Judi 23 juin 2022**

Devant le jury composé de

Président : Professeur **TERRER Elodie**

Assesseurs : Docteur **ABOUDHARAM Gérard**

Docteur **RÉ Jean-Philippe**

Docteur **BAUDINET Thomas**

Invité : Docteur **SILVESTRI Frédéric**

ADMINISTRATION

Doyens Honoraires

Professeur	Raymond SANGIUOLO†
Professeur	Henry ZATTARA
Professeur	André SALVADORI
Professeur	Jacques DEJOU

Directeur

Professeur	Bruno FOTI
------------	------------

Directeurs adjoints

Professeur	Michel RUQUET
Professeur	Anne RASKIN

Chargés de missions

Formation Initiale	Professeur	Michel RUQUET
Recherche	Professeur	Anne RASKIN
Formation Continue	Professeur	Frédéric BUKIET

Relations Internationales
Internat et Diplômes d'Etudes Spécialisées
Affaires générales

Professeur	Hervé TASSERY
Professeur	Virginie MONNET-CORTI
Docteur	Patrick TAVITIAN

Responsable Administrative

Madame	Katia LEONI
--------	-------------

PROMOTIONS :

2019 Raymond SANGIUOLO
2020 Gaston BERGER
2021 Joseph MIGOZZI

LISTE DES ENSEIGNANTS

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS – PRATICIENS HOSPITALIERS

BUKIET Frédéric (58-01)
FOTI Bruno (58-02)
LE GALL Michel (56-01)
MONNET-CORTI Virginie (57-01)
RASKIN Anne (58-01)
RUQUET Michel (58-01)
TARDIEU Corinne (56-01)
TARDIVO Delphine (56-02)
TASSERY Hervé (58-01)
TERRER Elodie (58-01)

PROFESSEUR DES UNIVERSITÉS

ABOUT Imad (65)

PROFESSEURS ÉMÉRITES

DEJOU Jacques (58-01)
HUE Olivier (58-01)

MAITRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS – PRATICIENS HOSPITALIERS

ABOUDHARAM Gérard (58-01)	LAN Romain (56-02)
BANDON Daniel (56-01)	LAURENT Michel (58-01)
BELLONI Didier (57-01)	MAILLE Gérald (58-01)
BOHAR Jacques (56-01)	MENSE Chloé (58-01)
CAMOIN Ariane (56-01)	PHILIP-ALLIEZ Camille (56-01)
CAMPANA Fabrice (57-01)	POMMEL Ludovic (58-01)
CATHERINE Jean-Hugues (57-01)	PRECKEL Bernard-Éric (58-01)
GAUBERT Jacques (56-01)	RÉ Jean-Philippe (58-01)
GIRAUD Thomas (58-01)	ROCHE-POGGI Philippe (57-01)
GIRAUDEAU Anne (58-01)	STEPHAN Grégory (58-01)
GUIVARC'H Maud (58-01)	TAVITIAN Patrick (58-01)
JACQUOT Bruno (58-01)	TOSELLO Alain (58-01)
LABORDE Gilles (58-01)	

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITÉS ASSOCIÉS

BALLESTER Benoît (58-01)

BLANCHET Isabelle (58-01)

CASAZZA Estelle (58-01)

SILVESTRI Frédéric (58-01)

CHEFS DE CLINIQUE DES UNIVERSITÉS - ASSISTANTS DES HÔPITAUX

ANTEZACK Angeline (57-01)

ARNIER Canelle (56-01)

BAUDINET Thomas (58-01)

BOREL Guillaume (56-02)

BRINCAT Arthur (57-01)

BROS Agnès (56-01)

CHIARINI Thomas (58-01)

DUPRAT Florence (56-01)

FAURE-BRAC Mathias (57-01)

FERRE Enzo (58-01)

FOUQUES Agathe (56-01)

HAMMOUTENE Stéphane (57-01)

LAFONT Jacinthe (57-01)

LAURENT Camille (58-01)

LIOTARD Alicia (58-01)

MADENIAN Pauline (58-01)

MANSUY Charlotte (58-01)

MARCHAL Paul (58-01)

MARTIN William (56-01)

ONGHENA Tom (56-01)

PASCHEL Laura (58-01)

PILLIOL Virginie (58-01)

PRINCE Fanny (57-01)

RAYNAUD Camille (58-01)

REYNAL Florence (56-01)

ROMAO Vincent (57-01)

ROUSCOFF Eva (57-01)

SADOWSKI Camille (57-01)

TERRER Jérémy (58-01)

VEILLARD Pierre (56-01)

ASSISTANT DES UNIVERSITÉS ASSOCIÉ

GRINE Ghilès (57-01)

Intitulés des sections CNU :

56^{ème} section : Développement, croissance et prévention

56-01 Odontologie pédiatrique et orthopédie dento-faciale

56-02 : Prévention – Epidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale

57^{ème} section : Chirurgie orale, Parodontologie, Biologie Orale

57-01 : Chirurgie orale – Parodontologie – Biologie orale

58^{ème} section : Réhabilitation orale

58-01 : Dentisterie restauratrice – Endodontie – Prothèses – Fonction-Dysfonction – Imagerie – Biomatériaux

L'auteur s'engage à respecter les droits des tiers, et notamment les droits de propriété intellectuelle. Dans l'hypothèse où la thèse comporterait des éléments protégés par un droit quelconque, l'auteur doit solliciter les autorisations nécessaires à leur utilisation, leur reproduction et leur représentation auprès du ou des titulaires des droits. L'auteur est responsable du contenu de sa thèse. Il garantit l'Université contre tout recours. Elle ne pourra en aucun cas être tenue responsable de l'atteinte aux droits d'un tiers

REMERCIEMENTS

Aux membres du jury,

À notre Présidente de jury,

Madame la Professeure TERRER Elodie,

Professeure Universitaire, Praticienne Hospitalière,

Je vous remercie chaleureusement d'avoir accepté de présider mon jury de thèse.

Je garderai d'excellents souvenirs de mes vacances d'OCE avec cette équipe que vous représentez (même ceux d'un travail quelques peu « compliqué » qui circulent aujourd'hui grâce aux photographies de notre ami J.B...).

Soyez par ailleurs assurée que je serai toujours disponible pour un prélèvement de plaque si vous en avez besoin.

Veillez recevoir par ce travail l'expression de ma profonde sympathie et de mon respect, je vous remercie pour votre confiance.

À notre Directeur de thèse,

Monsieur le Docteur ABOUDHARAM Gérard,

Au meilleur directeur de thèse dont je puisse rêver,

Monsieur, ce fût un réel plaisir de travailler avec vous à l'hôpital et pour la rédaction de cette thèse.

Vous avez toujours su trouver les mots justes pour nous rassurer, nous motiver, nous pousser à nous surpasser. Merci pour tout ce que vous nous avez apporté, tant professionnellement que personnellement durant ce cursus, par votre enseignement si chaleureux.

Maître de l'art informatique comme nul autre, je vous remercie infiniment pour l'implication dont vous avez fait preuve et le soutien que vous m'avez apporté lors de la réalisation de ce travail. Le pari est tenu !

Clôturer ces années étudiantes à vos côtés est un honneur, vous avez été un véritable pilier pour moi. J'espère que mon travail saura se montrer digne de votre intérêt.

Encore un grand merci pour tout, je vous souhaite une très belle fin de carrière couronnée d'heureux évènements (des résultats de recherche prometteurs et de très belles vacances sur l'île de Ré).

À notre Juge,

Monsieur le Docteur RÉ Jean-Philippe,

Je vous remercie d'avoir accepté si naturellement mon invitation à composer mon jury de thèse.

Votre sympathie et votre dévouement tant au niveau clinique lors des TP et à l'hôpital, que théorique lors des cours à la faculté, resteront gravés dans ma mémoire et celle de chacun de vos étudiants.

Merci pour la sincérité dont vous avez fait preuve lors de l'appréciation de notre travail en occlusodontologie et pour toute l'aide bienveillante que vous m'avez apportée. Dès les TP de 3^{ème} année, le regard passionné que vous portez sur cette discipline la rend très attrayante et nous pousse à nous surpasser pour la maîtriser.

Merci de m'avoir accueillie dans votre cabinet et pour le soutien indéfectible que vous m'avez apporté durant ces années étudiantes.

Je vous souhaite le meilleur pour la suite de votre carrière (parsemée de congrès d'occlusodontologie à foison) ainsi qu'une excellente continuation pour Agathe dans ces études.

Veillez recevoir par ce travail, l'expression de ma profonde estime et de ma gratitude.

À notre Juge,

Monsieur le Docteur BAUDINET Thomas,

Chef de clinique des Universités, Assistant Hospitalier

Je vous remercie d'avoir accepté de siéger dans mon jury de thèse.

Je me souviendrai toujours de ces vacations d'urgence à vos côtés, vos appréciations bienveillantes et votre soutien indéfectible lors de ces premières pulpotomies tant redoutées. Grâce à vous nous gardons de ces moments d'excellents souvenirs.

Je vous fais part de ma profonde gratitude pour ces belles années d'apprentissage avec votre bonne humeur et votre humour, cela a été un réel plaisir de travailler avec vous.

Évidemment je ne peux pas clôturer ce petit mot sans citer notre sujet favori : les motos. Cela va sans dire que ce sont votre soutien et vos encouragements qui m'ont poussée à prendre cette XSR125. Les recommandations et justifications dont vous faites preuve sur les choix de style de casque me manqueront.

Pour tout cela, je vous remercie chaleureusement et vous souhaite une très belle carrière.

Veillez recevoir par ce travail, le témoignage de ma profonde sympathie.

À notre invité,

Monsieur le Docteur SILVESTRI Frédéric

Maître de conférences des Universités Associé,

Fredo, je te remercie d'avoir accepté cette invitation à mon jury de thèse.

Après cet été 2020 passé au cabinet, j'ai découvert un jeune praticien qui voulait faire une carrière hospitalière. Aujourd'hui, c'est un Maître de conférences et praticien hospitalier chaleureux et dévoué qui se présente auprès des étudiants et je suis très heureuse pour toi que tu y sois parvenu.

Évidemment, je ne pouvais pas imaginer clôturer ces années étudiantes sans que mon professeur d'implantologie préféré soit présent.

Merci pour tout ce que tu nous as apporté avec ta bonne humeur et ta bienveillance.

Je te souhaite une excellente carrière hospitalière entouré de tous ces étudiants qui t'apprécient tant.

Sommaire

I. Introduction	1
II. Les restaurations partielles collées	2
II.1 Définition, indications et extensions des inlays-onlays	2
II.1.1 Définition des RCP	2
II.1.2 Indications des RCP	2
II.1.3. Alternatives des RCP	3
II.1.3.1 RCP ou restaurations directes ?	3
II.1.3.2 RCP ou reconstructions par prothèse périphérique ?	4
II.2 Évolution de la prise en charge des restaurations partielles collées par l'assurance maladie	6
II.2.1 Cas particulier des patients bénéficiant de la CMU-C :	7
II.3 Matériaux utilisés et éléments cliniques permettant d'orienter ce choix	8
II.3.1 Les céramiques pour inlays-onlays.....	8
II.3.1.1 Les céramiques feldspathiques	8
II.3.1.2 Les vitro-céramiques	9
II.3.1.3 Quelle céramique choisir pour la réalisation d'une RCP ?	9
II.3.2 Matériaux composites pour la réalisation des inlays-onlays.....	9
II.3.2.1 Les composites traditionnels.....	9
II.3.2.2 Les RCIP (réseaux de céramique infiltrés de polymères).....	10
II.3.2.3 Quel composite pour la réalisation d'une RCP ?	10
II.3.3 Critères de choix entre matériaux composite et céramique	11
II.3.3.1 Les facteurs biologiques	11
II.3.3.2 Les facteurs fonctionnels et mécaniques	11
II.3.3.3 Facteurs techniques	12
II.3.3.4 Les facteurs esthétiques.....	12
II.4 Stratégies de traitement utilisées.....	14
II.4.1 Matériaux pouvant être utilisés comme substituts dentinaires	15
II.4.1.1 CVIMAR et CVI	15
II.4.1.2 Les ciments silicates tricalciques	15
II.4.1.3 Les composites	15
II.4.2. Spécificités de l'hybridation dentinaire.....	16
II.4.3 Spécificités de la surélévation de marge.....	17
II.4.4 Critères de choix d'une stratégie	17
II.5 Formes et impératifs des préparations pour inlays-onlays	18
II.5.1. Les impératifs biologiques.....	18
II.5.2 Les impératifs biomécaniques.....	18
II.5.2.1 Les impératifs biomécaniques inhérents à l'arcade maxillaire.....	19
II.5.2.2 Les impératifs biomécaniques inhérents à l'arcade mandibulaire	20
II.5.3 Les impératifs liés aux matériaux utilisés, notions de réduction occlusale.....	20
II.5.4 Les impératifs esthétiques	21
II.5.4.1 Situation de la limite cervicale	21
II.5.4.2 Forme de la limite cervicale	21
II.6 Assemblage des inlays-onlays.....	23
II.6.1 Les composites de restauration	23
II.6.2 Les colles composites conventionnelles	24
III. La CFAO directe dans la réalisation de restaurations partielles collées	25
III.1 Définition	25
III.1.1 La CFAO en général, qu'est-ce que c'est ?	25
III.1.2 La CFAO directe.....	25
III.2 Caractéristiques et étapes de la chaîne numérique.....	26
III.2.1 Empreinte optique et fonctionnement du scanner intra-buccal	26
III.2.1.1 La triangulation en lumière structurée.....	26

III.2.1.2 La stéréoscopie spatiale ou dynamique	27
III.2.1.3 La microscopie confocale	27
III.2.2 La CAO	28
III.2.2.1 Ouverture des fichiers issus du scanner	28
III.2.2.2 Modélisation	29
III.2.2.2 Prévisualisation d'usinage	30
III.2.3 La FAO (usinage).....	30
III.2.3.1 Le procédé additif	30
III.2.3.2 Le procédé soustractif utilisé en CFAO directe.....	31
III.2.3.2.1 Caractéristiques logistiques des machines	32
III.3 Les matériaux usinables en CFAO directe pour inlays-onlays	32
III.3.1 Les céramiques.....	32
III.3.1.1 Les céramiques vitreuses usinables.....	32
III.3.1.2 Les céramiques polycristallines ou zircone.....	35
III.3.2 Les résines composites.....	35
III.3.3 Les matériaux hybrides ou réseau de céramique infiltré par un polymère : RCIP Enamic®	36
III.3.4. Les alliages métalliques.....	36
IV. La CFAO directe pour les restaurations partielles collées, une candidate à la performance organisationnelle du cabinet dentaire	37
IV.1 Principaux systèmes destinés à la CFAO directe présents sur le marché.....	37
IV.1.1 CEREC®	37
IV.1.2 Trios Design Studio	37
IV.1.3 Planmeca FIT®	37
IV.2 Ergonomie et organisation de l'espace de travail en fonction du matériel utilisé.....	38
IV.2.1 L'ergonomie, définition.....	38
IV.2.2 Critères de choix du matériel de CFAO directe pour une organisation ergonomique de l'espace de travail	38
IV.2.2.1 Critères de choix d'un système d'empreinte optique.....	38
IV.2.2.1.1 Les systèmes d'empreinte optique sous forme de karts.....	38
IV.2.2.1.2 Les systèmes d'empreinte optique connectables en usb.....	39
IV.2.2.1.3 Les systèmes d'empreinte optique intégrés à l'unit.....	41
IV.2.2.1.3 Les accessoires disponibles pour scannage intra-oral	41
IV.2.2.2 Choix d'une interface pour le logiciel de CAO.....	44
IV.2.2.3 Choix d'une machine-outil à commande numérique.....	44
IV.3 Avantages de la CFAO directe pour la réalisation de restaurations partielles collées	45
IV.3.1 Gain de temps.....	45
IV.3.2 Diminution des sensibilités post-opératoires	47
IV.3.3 Disparition du stockage des moulages.....	47
IV.3.4 Efficacité économique	47
IV.4 Limites de la CFAO directe pour la réalisation de restaurations partielles collées.....	47
IV.4.1 Une coopération du patient mise à l'épreuve	47
IV.4.2 Un frein à l'utilisation du système : son coût.....	47
IV.4.3 Les alternatives d'une organisation selon le modèle du « rendez-vous » unique.....	48
IV.5 Les données de l'industrie.....	48
V. Conclusion	49
Liste des figures	A
Liste des tableaux	B
Liste des abréviations	D
Références bibliographiques.....	I

I. Introduction

Les restaurations partielles collées (RCP) sont des restaurations coronaires correspondant à des pertes de substances limitées ne nécessitant ni une couronne, ni un tenon, et pour lesquelles un mode d'assemblage adhésif par technique directe ou indirecte est indiqué (10). Celles-ci sont représentées par les inlays, onlays et overlays. L'objectif est de compenser la perte de substance de la dent tout en augmentant sa résistance (24).

Ce sont des restaurations dentaires dites « indirectes » car elles font intervenir une phase de laboratoire pour la fabrication de la pièce prothétique. Elles peuvent également être réalisées par technique directe grâce au procédé de Conception Fabrication Assistée par Ordinateur (CFAO) directe où la pièce est réalisée sur place, au cabinet dentaire. (8)

Mise au point par l'équipe du Dr François Duret dans les années 1970-1980, elle prend son essor dans les années 1990. Le premier inlay en céramique par CFAO directe a été réalisé par Werner Mörmann et Marco Brandestini en 1985. Aujourd'hui, la CFAO est devenue un outil incontournable dans le quotidien d'un grand nombre de praticiens (25).

Les caméras intra-orales de prise d'empreinte utilisent des technologies différentes. Le logiciel de CAO permet d'améliorer les performances du matériel choisi. L'acquisition des données est de plus en plus rapide. Au cabinet dentaire, la machine-outil à commande numérique (ou usineuse) est une héritière des systèmes dédiés aux laboratoires. Elle permet de réaliser les restaurations par fraisage ou meulage dans un bloc de matériau.

La CFAO a permis une évolution des matériaux utilisés. La résine composite, par exemple, était principalement utilisée pour des restaurations directes au fauteuil. Grâce aux progrès accomplis pour l'amélioration de ses propriétés et au développement de la CFAO, elle est désormais un matériau usinable sous forme de bloc en résine composite à haute résistance (26). Ce sont d'ailleurs les blocs de céramique et de composite qui permettent de réaliser la grande majorité de ces restaurations à ce jour (27).

La gamme des matériaux proposés aux cabinets dentaires est aujourd'hui très étendue. Ils sont de qualité croissante et plus performants.

L'ensemble de ces éléments font de la CFAO une technique très attrayante pour laquelle les innovations sont permanentes. De fait, celle-ci nécessite des professionnels aguerris et formés à son utilisation. La courbe d'apprentissage peut être longue pour les praticiens les moins initiés au numérique et demander une modification des habitudes de travail drastiques.

Des interrogations subsistent aujourd'hui : quelles sont les spécificités de la réalisation des restaurations partielles collées par CFAO directe ? Quel est le fonctionnement du flux numérique qui en découle ? Quels systèmes existent sur le marché aujourd'hui ? Comment organiser son espace de travail en fonction du système utilisé ? Quelle interface, quels accessoires choisir pour optimiser son ergonomie de travail ?

Ce sont autant de questions auxquelles nous allons tenter de répondre de façon la plus claire possible au cours de ce travail de thèse. Ce dernier a pour but d'éclairer le chirurgien-dentiste sur cette pratique et de constituer une aide pour la courbe d'apprentissage.

Après avoir décrit les caractéristiques des restaurations partielles collées, notre travail détaille les spécificités de CFAO directe dans la réalisation de ces restaurations. Enfin, dans une troisième partie, nous tenterons d'expliquer en quoi la CFAO directe pour les restaurations partielles collées est une candidate à la performance organisationnelle du cabinet dentaire. Ses apports en termes d'ergonomie, ses avantages et ses limites seront exposés.

II. Les restaurations partielles collées

II.1 Définition, indications et extensions des inlays-onlays

II.1.1 Définition des RCP

Selon le rapport d'évaluation technologique de la Haute Autorité de Santé (HAS) de Juillet 2009 (27) :

- Un inlay est une pièce prothétique destinée à restaurer une perte de substance dentaire ne nécessitant pas de recouvrement cuspidien. Elle est assemblée par collage ou scellement.
- Le terme d'onlay est employé lorsque la pièce prothétique réalise le recouvrement d'une ou plusieurs cuspides.
- Le terme d'overlay est employé lorsque la pièce prothétique recouvre l'ensemble des cuspides.

Dans la littérature, le terme d'inlay-onlay est le plus souvent employé pour désigner l'ensemble de ces restaurations car la reconstitution est mixte dans de nombreux cas.

II.1.2 Indications des RCP

Les indications des inlays-onlays sont reliées à un certain nombre d'éléments cliniques regroupés dans le tableau suivant (8)(9) :

Le type et du volume de la cavité résultant de la perte de substance	<ul style="list-style-type: none">• Dans la classification historique de Black*, les cavités où la largeur est supérieure au tiers de la largeur vestibulo-linguale avec perte d'une cuspide• Dans la classification SISTA*, les sites 1 et 2 des stades 3 et 4 <i>* La classification proposée par Green Vardiman Black en 1904 est pratiquement aujourd'hui obsolète ; la classification SISTA proposée par le Pr Lasfargues, quant à elle se révèle complexe en pratique quotidienne pour plusieurs auteurs (28) ; dans cet ouvrage, ce 3^{ème} élément suivant ayant valeur de référence pour la HAS sera préféré (29).</i>• Dents postérieures ayant des cavités de moyenne à grande étendue (HAS)
Le nombre de restaurations	Lorsque plusieurs restaurations à réaliser dans un même secteur, il est préférable de les préparer simultanément afin d'obtenir des contacts occlusaux et proximaux précis.
Les impératifs occlusaux	<ul style="list-style-type: none">• Restauration de l'occlusion lorsqu'une augmentation de la dimension verticale est nécessaire (rétablissement des courbes de Spee et de Wilson)• Restauration de dents égressées en permettant une reconstruction de leur face occlusale et une restauration de l'occlusion
Les impératifs biomécaniques	Perte d'une ou plusieurs cuspides avec peu de structure anatomique résiduelle : rétablissement d'une anatomie occlusale correcte avec des contacts statiques et dynamiques optimaux de façon plus aisée (par une étape de laboratoire ou grâce à un logiciel informatique dans notre cas de CFAO).
La situation de la dent sur l'arcade	Difficulté d'accès aux secteurs postérieurs en cas d'ouverture buccale réduite
L'esthétique	Nécessité d'un rendu esthétique de qualité, sous réserve d'une transmission efficace des informations entre praticien et prothésiste ou d'une bonne gestion du logiciel informatique dans notre cas de CFAO

Tableau 1 : indications des inlays-onlays en fonction de différents facteurs et impératifs (8)(9)

II.1.3. Alternatives des RCP

Les différentes alternatives des inlays-onlays sont principalement les restaurations directes par matériau inséré en phase plastique et les reconstructions par prothèse fixée de type couronne périphérique (27)(8).

II.1.3.1 RCP ou restaurations directes ?

La technique de restauration dentaire directe consiste à placer un matériau en phase plastique dans une cavité résiduelle et de l'y faire durcir. Les matériaux utilisés de nos jours dans la technique directe sont les résines composites et les verres ionomères. Les compomères ne représentent plus une alternative actuelle et l'utilisation des amalgames a été restreinte dans les années 2010 pour des raisons environnementales (8).

Cette technique a pour avantage d'être rapide, simple et peu onéreuse. Elle présente néanmoins des inconvénients (27)(8):

- Son principal défaut est la contraction de prise à la polymérisation, laquelle est d'autant plus problématique lorsque le volume de matériau est important. Si la cavité est large et profonde, le risque de décohésion à l'interface entre la couche hybride et le substrat amélaire / dentinaire sera élevé (défaut de qualité du joint). Des infiltrations de fluides à l'origine de sensibilités thermiques et de percolations bactériennes responsables de reprise de carie, sont autant de conséquences cliniques qui peuvent alors se manifester.
- Des faiblesses au niveau de la qualité de la forme anatomique, du profil d'émergence, des contacts proximaux et occlusaux (éléments étant très praticien-dépendants).
- Les parois dentaires résiduelles présentent un risque majoré de fêlure.

Au schéma de réflexion amenant à la réalisation d'inlays-onlays peut s'intégrer l'arbre décisionnel suivant :

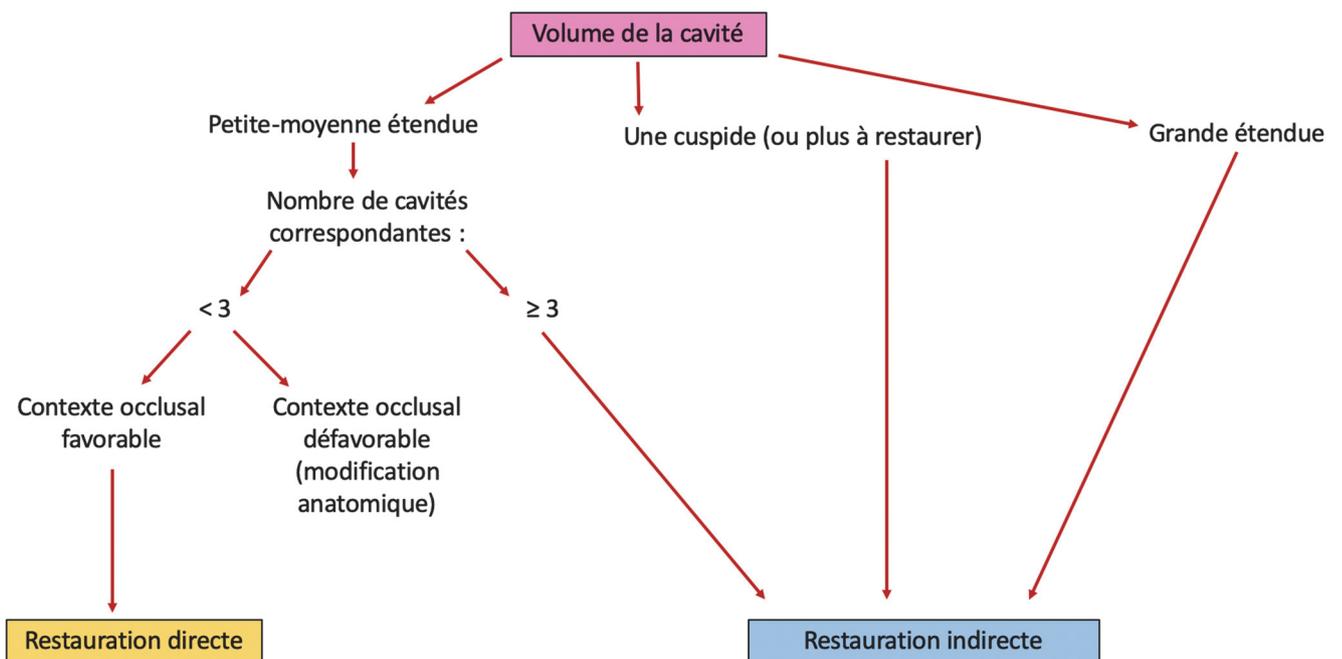


Figure 1 : Arbre décisionnel pouvant être adopté avant la réalisation de restaurations indirectes

II.1.3.2 RCP ou reconstructions par prothèse périphérique ?

Pendant de nombreuses années, on a considéré qu'une dent dépulpée nécessitait la pose d'une coiffe pour limiter le risque de fracture et l'utilisation d'un ancrage radiculaire pour sa restauration ; la dent dépulpée étant considérée comme plus fragile et plus sujette aux fractures (10)(11,12). Cependant, selon les données actuelles de la littérature, c'est davantage la perte de substance dentaire et non le fait de dépulper la dent qui la fragilise (30)(10). Il apparaîtrait donc judicieux de privilégier l'utilisation de restaurations partielles collées lorsque la situation clinique le permet : s'il s'agit d'une lésion initiale, de faibles pertes de substance, dyschromies peu importantes. Ces solutions sont moins invasives et préservent au maximum les structures dentaires résiduelles. (10).

Toutefois, leur utilisation ne doit pas être systématisée et suppose un processus décisionnel reposant sur un examen clinique et radiologique précis. Hormis la perte de substance dentaire qui en constitue le paramètre essentiel, un certain nombre de facteurs généraux (Cités dans le Tableau 2) ainsi que la balance bénéfice/risque de chaque solution thérapeutique (Tableau 3) doivent être pris en compte. (30)

	RPC	Coiffe périphérique
Age du patient	Tout âge	Adulte et personne âgée si parodonte non déficient
Ancienneté de la dépulpage	De préférence récente	Ancienne
Analyse de l'occlusion	OIM stable Protection canine Béance	OIM instable Fonction de groupe Parafonctions

Tableau 2 : Comparaison des indications de couronnes ou de restaurations partielles collées en fonction des facteurs généraux (10)

	Bénéfices	Risques
Restauration partielle collée (RPC)	Biologiques : <ul style="list-style-type: none"> • Solution moins invasive que la couronne • Absence d'agression parodontale*¹ • Réintervention facilitée • Temporisation efficace en endodontie*² et parodontie 	Biologique : <ul style="list-style-type: none"> • Risque de récurrence de carie cervicale Mise en œuvre exigeante
	Mécaniques : <ul style="list-style-type: none"> • Renforcement des structures résiduelles par collage*³ • Ancrage radiculaire inutile*⁴ 	Mécanique : Risque de fracture coronaire (dents antérieures où la nécessité d'un ancrage radiculaire fait plus souvent loi de part un faible volume dentinaire coronaire et un important radiculaire) Peu de recul clinique sur la dent dépulpée
Couronne (coiffe périphérique)	Mécanique : <ul style="list-style-type: none"> • Abaissement du risque de fracture coronaire 	Mécanique : <ul style="list-style-type: none"> • Ancrage radiculaire fréquent augmentant le risque de fractures radiculaires
	Esthétique : <ul style="list-style-type: none"> • limites le plus souvent juxta voire sous gingivales 	Biologiques : <ul style="list-style-type: none"> • Solution la plus invasive • Risque de récurrence de carie cervicale • Aggressions parodontales possibles • Ré-intervention difficile (imposant souvent une dépose de tenons radiculaires associée)
	Procédures éprouvées et recul clinique	
	Pérennité évaluée à environ 10 ans	

Tableau 3 : Rapport bénéfice/risque de chaque solution thérapeutique : RCP ou couronne (11,12)

*¹ Sous respect des profils d'émergence et situation supra-gingivale des limites cavitaires.

*² Exemple : attente d'une fermeture apicale et/ou après obturation « définitive » dans un contexte d'apexification lorsque la fragilisation radiculaire résultante d'une interruption prématurée de la croissance des parois canalaire contre-indique la mise en place d'un tenon radiculaire.

*³ Des données issues d'études in vitro (Dietschi et Coll pour les inlays céramiques, Lopez pour les inlays composites) apportent cette affirmation, cependant des études prospectives in vivo manquent encore aujourd'hui pour démontrer le rôle bénéfique du collage dans la restauration de la dent dépulpée.

*⁴ Autrefois considérés comme un moyen de renforcer les racines, les tenons métalliques préfabriqués, ou coulés apparaissent actuellement plus comme un élément de fragilisation majeur en étant souvent associés à des fractures radiculaires. Une alternative intéressante est aujourd'hui représentée par les tenons fibrés.

C'est donc l'analyse de tous ces paramètres et la mise en balance des bénéfices et risques à court, moyen et long terme qui permet de poser l'indication du type de restauration à effectuer, en accord avec les données modernes de l'odontologie conservatrice. Retenons simplement qu'aujourd'hui, l'affirmation selon laquelle toute dent dépulpée nécessite une couronne pour sa restauration n'a plus de fondement scientifique et doit être nuancée. Des études cliniques multicentriques restent toutefois nécessaires pour tester la fiabilité des restaurations partielles collées dans ces conditions (12)(11,12).

II.2 Évolution de la prise en charge des restaurations partielles collées par l'assurance maladie

En France en 2007, d'après la convention nationale des chirurgiens-dentistes ayant eu lieu en juin 2006, le dépassement d'honoraire était autorisé pour les inlays-onlays, sans précision sur le matériau ou la technique utilisée. Néanmoins, avant cette convention, seuls les inlays-onlays métalliques étaient pris en charge par l'assurance maladie (8).

En 2007, les bases de remboursement des inlays-onlays par l'assurance maladie peuvent être regroupées dans le Tableau 4 :

Libellé	Cotation	Base de remboursement (en euros)	Dépassement moyen par acte (en euros)	Coût total moyen par acte (en euros)
Cavité simple, traitement global (l'obturation de plusieurs cavités simples sur la même face ne peut être comptée que pour une seule obturation composée intéressant deux faces)	SC 7	16,87	145,53	162,40
Cavité composée, traitement global intéressant deux faces	SC 12	28,92	113,10	142,02
Cavité composée, traitement global intéressant trois faces et plus	SC 17	40,97	198,46	239,43

Tableau 4 : Cotation des inlays-onlays en 2007 avec libellé, base de remboursement, dépassement moyen par acte et coût total moyen par acte (8)

Depuis le 1^{er} janvier 2021, les inlays-onlays métalliques ou en composite ou en alliage non précieux sont plafonnés à 350 euros. Les inlays-onlays en céramique ou en alliage précieux eux ne sont pas plafonnés à ce jour (13).

Les bases de remboursement actuelles de l'assurance maladie, que ce soit pour une première, deuxième prémolaire ou une molaire, peuvent être regroupées dans le tableau suivant :

	Panier	Base de remboursement (en euros)	Plafond (en euros)	Code CCAM
Céramique ou alliage précieux	Libre	100	Pas de plafond	HBMD460 : Restauration d'une dent sur 2 faces ou plus par matériau incrusté [inlay-onlay] céramique ou en alliage précieux
Composite ou alliage non précieux	Maîtrisé	100	350	HBMD351 : Restauration d'une dent sur 2 faces ou plus par matériau incrusté [inlay-onlay] composite ou en alliage non précieux

Tableau 5 : Panier, base de remboursement (en euros), plafond (en euros) et code CCAM pour inlays-onlays en céramique ou alliage précieux ou en composite ou alliage non précieux (quelle que soit la dent postérieure : prémolaires ou molaires) depuis le 1^{er} janvier 2021 (13)(14)

La majeure partie de ces actes est ainsi la charge du patient (ou de son organisme complémentaire d'assurance maladie).

Par ailleurs, même si aujourd'hui la prise en charge des RPC n'est pas complète avec les lacunes que comportent ces remboursements, celle-ci a tout de même évolué depuis 2007. Cette dernière, marginale il y a quelques années est maintenant devenue effective. L'utilité de ces restaurations est largement démontrée dans le rapport de la HAS.

Dans cette logique, nous pouvons espérer à termes dans une politique de prévention, avoir une prise en charge intégrale de ce type de restauration.

II.2.1 Cas particulier des patients bénéficiant de la CMU-C :

Initialement, l'Assurance maladie obligatoire et le Fonds CMU prenaient uniquement en charge la base de remboursement de l'inlay-onlay à hauteur de 40,97€ (31) .

Après la réforme et depuis le 1^{er} octobre 2017, l'évolution leur est favorable car l'Assurance maladie obligatoire et le Fonds CMU prennent en charge la base de remboursement de l'inlay-onlay à hauteur de 250€ au maximum, sans dépassement supplémentaire autorisé de la part du praticien (31).

Aujourd'hui, un patient bénéficiant de la CMU-C pourra donc choisir de réaliser un inlay-onlay facturé à 250€ qui lui sera intégralement pris en charge ; ce qui n'était pas le cas avant la réforme, où ces patients pouvaient être plus tentés par la réalisation d'une couronne, qui elle était déjà intégralement remboursée (conditions variant en fonction du matériau utilisé) (32)(31).

II.3 Matériaux utilisés et éléments cliniques permettant d'orienter ce choix

Les matériaux utilisés pour fabriquer les inlays-onlays peuvent être classés en 2 catégories (8) :

- Les matériaux à base d'alliages métalliques
- Les matériaux cosmétiques comprenant essentiellement les matériaux en résine composite et les céramiques.

Il existe de nombreuses données sur les performances à long termes des inlays-onlays en or avec des taux de survie supérieurs à 80% à 20 ans, ceux-ci sont donc aujourd'hui considérés comme la référence en termes de recul clinique (8).

Cependant les alliages tendent à disparaître. En effet, le prix des métaux précieux et la restitution d'un aspect naturel des dents, qui apparaît comme une demande légitime de la part des patients, ont provoqué un rapide engouement pour ces restaurations cosmétiques (27).

II.3.1 Les céramiques pour inlays-onlays

Les céramiques les plus utilisées sont les céramiques à matrice vitreuse car présentant une excellente aptitude au collage. On y distingue 2 sous-familles : les céramiques feldspathiques et les vitro-céramiques (17).

Deux caractéristiques structurales sont essentielles pour expliquer leurs caractéristiques mécaniques : la proportion de défauts ou porosités et la proportion de cristaux.

A savoir que principal échec rencontré avec ces dernières est la fracture. Or, ce sont les cristaux qui s'opposent à la propagation d'une fracture ; à l'inverse, les défauts et porosités en formeront des sites d'initiation (33).

II.3.1.1 Les céramiques feldspathiques

Celles-ci sont mises en forme à l'état de poudre qui est ensuite frittée. Elles sont constituées essentiellement de verre et de quelques cristaux (feldspaths).

Elles peuvent être réalisées de façon artisanale au pinceau, par le prothésiste, dans le cas de céramique d'émaillage. Celles-ci ne doivent pas être utilisées pour des restaurations partielles car comprenant peu de cristaux et un taux élevé de porosités et de défauts.

Elles peuvent aussi être obtenues par CFAO, où la poudre est mise industriellement sous forme de bloc. Celle-ci quant-à-elle peut être utilisée pour les restaurations partielles car comprenant peu de défauts et porosités (17).

II.3.1.2 Les vitro-céramiques

Celles-ci sont mises en forme à l'état de verre, lequel subit ensuite un traitement thermique (la céramisation) permettant une optimisation de la taille et du nombre de cristaux. Elles peuvent être mises en œuvre par 2 procédés : la pressée à partir d'un ligotin ou l'usinage dans un bloc par CFAO. Ces derniers permettent l'obtention d'une céramique comprenant peu de défauts et porosités (17).

II.3.1.3 Quelle céramique choisir pour la réalisation d'une RCP ?

Les critères de choix ont été regroupés dans le Tableau 6 :

Sur le plan biologique	Toutes les céramiques sont extrêmement biocompatibles
Sur le plan mécanique	Plus la restauration sera soumise à des contraintes, plus on choisira une céramique riche en cristaux et monolithique (pressée ou usinée)
Sur le plan esthétique	Une restauration stratifiée sera préférée, les restaurations monolithiques présentant une couche de maquillant céramique qui peut s'user avec le temps dans les zones exposées aux contraintes masticatoires. A noter qu'il existe également pour les restaurations monolithiques des blocs dégradés en teinte et des lingotins à presser dégradés.

Tableau 6 : Critères de choix d'une céramique pour la réalisation d'une RCP (15)(16)(17)

II.3.2 Matériaux composites pour la réalisation des inlays-onlays

II.3.2.1 Les composites traditionnels

De même que les céramiques, les caractéristiques essentielles qui expliquent les propriétés de ces matériaux sont représentées par leur taux de porosités et de défauts mais également par leur taux de charge et de conversion.

Les échecs quant à eux sont principalement liés à une reprise de carie, une fracture ou au vieillissement de l'inlay-onlay (34). Par ailleurs, c'est l'optimisation du taux de charge et du degré de conversion qui permettra d'améliorer leurs propriétés mécaniques.

Rappelons que les matériaux composites sont constitués d'une matrice résineuse (constituée de monomères) et d'un renfort (les charges, souvent minérales). Grâce à la polymérisation, les monomères de la matrice constituent des chaînes pour former des polymères. À la suite de celle-ci, certains monomères peuvent rester libres ou partiellement liés à la chaîne. Le taux de conversion correspond donc au nombre de monomères qui ont réagi, après polymérisation, par rapport au nombre total de monomères au départ, avant polymérisation.

Aujourd'hui les prothésistes travaillent de plus en plus par CFAO et conçoivent leurs restaurations partielles par usinage soustractif au sein d'un bloc. Les blocs de composite usinables, en plein essor commercial (exemples détaillés II.C.2) ont un taux de conversion supérieur à 90 voire 95% (en particulier grâce à une technique de thermo-polymérisation) (35) (36) contre un taux de 50 à 60% pour un composite réalisé de façon directe ou artisanale par le prothésiste (37).

II.3.2.2 Les RCIP (réseaux de céramique infiltrés de polymères)

Avec des machines industrielles, il est possible d'obtenir des matériaux composites dont les propriétés sont très améliorées en réalisant une polymérisation sous pression pouvant atteindre plusieurs milliers bars (38). Une nouvelle classe de matériau ordonnée parmi les résines composites a ainsi pu voir le jour : les RCIP. Ceux-ci sont composés d'une matrice minérale (céramique) et d'un renfort résineux (résine d'infiltration). Leur liaison est assurée, comme pour les composites traditionnels, par un silane (39). On préférera le terme de résine composite à très haute résistance pour cette classe de matériau.

II.3.2.3 Quel composite pour la réalisation d'une RCP ?

Comme précédemment, les critères de choix ont été regroupés dans le Tableau 7 :

Sur le plan de la biocompatibilité	Privilégier un taux de conversion et de charges élevé. Les spécificités des monomères constituant le matériau sont importantes. Par exemple, le TEGMA présente des problèmes de toxicité, le bis-GMA pourrait être à l'origine d'un relargage de bisphénol A tant dis que l'UDMA serait moins à risque (40)
Sur le plan mécanique	Plus la restauration sera soumise à des contraintes (parafunction et/ou molaire), plus il sera recommandé de s'orienter vers un composite dont la polymérisation a été optimisée (thermo-polymérisation et/ou sous pression), et de préférence vers un composite usiné (17).
Sur le plan esthétique	Les restaurations partielles traditionnelles réalisées de façon stratifiées par le prothésiste seront préférées. Les blocs dégradés en teinte étant peu fréquents, les RCP usinées ont une esthétique qui peut être perfectible ; en effet ils peuvent être maquillés à l'aide de composites fluides mais ces derniers seront rapidement éliminés par usure en particulier au niveau des faces occlusales (zones soumises aux phénomènes abrasifs) (17).

Tableau 7 : Critères de choix d'un matériau composite pour la réalisation d'une RCP (17)

II.3.3 Critères de choix entre matériaux composite et céramique

Différents facteurs sont à prendre en compte pour choisir entre une restauration partielle collée en composite ou céramique ; ceux-ci peuvent être classés en facteurs biologiques, fonctionnels et mécaniques, techniques et esthétiques.

II.3.3.1 Les facteurs biologiques

- Si la dent présente un traitement endodontique, le composite semble être le matériau de choix d'après les données in vitro (41,42) , mais avec un très faible niveau de preuve. Une récente revue systématique semble favoriser le composite pour la réalisation d'onlays sur dents dévulpées (43).
- Un terrain atopique peut être un argument en faveur d'une RCP en céramique.

D'après des travaux en cours, pour les composites à très haute résistance dont le taux de conversion est très élevé, en particulier des composites usinés, il semble que leur relargage potentiel de monomères soit presque négligeable par rapport au relargage lié à la colle utilisée. Néanmoins, si le patient s'inquiète de la toxicité potentielle des composites liée à ce phénomène, il est préférable d'utiliser un matériau céramique qui lui est inerte (17). D'un point de vue biologique, la céramique reste le matériau le plus biocompatible.

II.3.3.2 Les facteurs fonctionnels et mécaniques

- Si des ajustements sont nécessaires après le collage de la restauration, une RCP en composite est plus facile à réparer / retoucher qu'une restauration en vitrocéramique ; à noter qu'un polissage minutieux devra être effectué (17).
- Une RCP en céramique peut être fragilisée par l'usinage au niveau de zones de fines épaisseur (0,6-0,8mm), une mise en forme traditionnelle par pressée sera donc préférée pour ces restaurations. En revanche, même pour de très fines épaisseurs, le composite tolère très bien l'usinage (44).
- Des contraintes internes dans le matériau ou la colle peuvent être induites par un différentiel de module d'élasticité noté (E) entre ce matériau et son substrat. Pour rappel, le module d'élasticité d'un matériau est le rapport entre la contrainte appliquée sur le matériau et la déformation élastique subie sous la contrainte par le matériau. Dans notre cas, si le module d'élasticité de la RCP et des tissus dentaires sont proches, ces derniers vont se déformer de façon similaire sous la contrainte, ce qui sera favorable en termes de vieillissement de la restauration et de la dent (45).

Ainsi, si le collage a lieu sur de la dentine (perte de substance essentiellement dentinaire dont le $E \approx 10-20$ GPa), il sera préférable de réaliser une RCP en composite ($E \approx 10-13$ GPa) ou en RCIP ($E \approx 30$ GPa). De même, si le collage a lieu sur de l'émail, en particulier dans un contexte d'usure, l'utilisation d'une RCP vitro-céramique sera privilégiée car leur module d'élasticité ($E \approx 60-95$ GPa) est proche de celui de l'émail ($E \approx 70-85$ GPa) (17).

En prenant le même raisonnement et dans un contexte occlusal favorable, si la restauration est fine ou présente une zone de faible épaisseur et doit être collée sur une zone d'émail, une RCP en résine composite à très haute résistance sera préférée. En revanche, une restauration en céramique très fine collée sur une zone de dentine risquera d'y transmettre un maximum de contraintes et donc de se fracturer. Un matériau composite, moins fragile, sera privilégié pour des RCP de fines épaisseurs, devant être collées sur de la dentine (46).

Pour que l'usure de deux dents antagonistes soit équivalente, il est préférable de choisir le même matériau. Si l'une présente une RCP en céramique et l'autre en composite, le composite, plus sensible que la céramique, s'usera et la dent pourra subir avec le temps une égression compensatrice (47).

De même, dans un contexte d'usure (érosion, attrition, abfraction), en sachant que les RCIP et céramiques provoquent une usure des tissus dentaires supérieures aux dents naturelles, une restauration en composite sera choisie préférentiellement (47)(48).

En cas de bruxisme, sous réserve que celui-ci soit pris en charge en parallèle, il est recommandé de s'orienter vers une RCP en composite plutôt qu'en céramique pour tenir compte du risque de fracture augmenté (49). Les alliages précieux peuvent également être une solution.

II.3.3.3 Facteurs techniques

- Bien que les RCP en composite semblent plus tolérantes à la manipulation, celles-ci nécessitent un sablage de l'intrados lors du collage. Cela impose au praticien de disposer d'une sableuse au cabinet ou de demander à son prothésiste de sabler (et éventuellement d'appliquer une couche de silane) sur la restauration avant la livraison (17).
- La communication entre le dentiste et le prothésiste ainsi que l'expérience de chacun demeurent des éléments essentiels pour le choix de chaque matériau.

II.3.3.4 Les facteurs esthétiques

Les céramiques présentent des propriétés optiques supérieures aux résines composites et plus encore dans le temps ; ce sont d'ailleurs les techniques de réalisation traditionnelles de pressée suivie d'un émaillage qui leur permettent d'obtenir les meilleurs résultats (17).

Néanmoins, une RCP en composite peut être maquillée facilement en bouche après collage à l'aide de composites fluides teintés (ou de techniques plus complexes), ce qui représente un avantage non négligeable. Une limite vestibulaire trop visible et non esthétique pourra être aisément retouchée grâce à cette technique (50). L'ensemble de ces éléments ont été résumés dans le Tableau 8 :

	En faveur d'un matériau composite	En faveur d'un matériau céramique
Facteurs biologiques	<ul style="list-style-type: none"> • Dent dépulpée ? (faible niveau de preuves) (41,42) 	<ul style="list-style-type: none"> • Terrain allergique • Patient inquiet vis-à-vis de la toxicité des matériaux dentaires (17)
Facteurs fonctionnels	<ul style="list-style-type: none"> • Nécessité potentielle d'ajustement ou réparation de la face occlusale après collage (17) • Épaisseurs fines de la restauration (par exemple au niveau des bords), avec fabrication par usinage (44) • Perte de substance essentiellement dentinaire (46) (17) • Antagoniste restaurée au moyen de résine composite (47)(48) • Antagoniste usée (47)(48) • Antagoniste implanto-portée 	<ul style="list-style-type: none"> • Perte de substance amélaire (17) (45) • Restauration de faible épaisseur collée sur de l'émail (contexte d'usure par exemple) (46) • Nécessité de stabiliser les contacts proximaux ou l'occlusion
Facteurs techniques	<ul style="list-style-type: none"> • Sableuse au cabinet ou demande au prothésiste de réaliser le sablage au laboratoire (17) 	
Facteurs esthétiques	<ul style="list-style-type: none"> • Limite vestibulaire visible (overlay, onlay) et pas de photographie endo-buccale transmise au prothésiste (50) 	<ul style="list-style-type: none"> • Demande esthétique du patient très élevée (17)

Tableau 8 : Facteurs biologiques, fonctionnels, techniques et esthétiques orientant le choix vers une restauration partielle collée en composite ou en céramique

Résultats d'études :

Une première étude a été mentionnée dans le rapport d'évaluation technologique de la HAS (2009) portant la reconstitution d'une dent par inlay-onlay. Celle-ci a montré que pour des inlays-onlays réalisés par CFAO avec le système Cerec®, des inlays-onlays en composites ou des inlays-onlays en céramique, les taux de succès sont compris entre 76 et 80 % et ne présentent pas de différence significative. (8)

Dans un essai clinique plus récent (2012-2013) intitulé Cecoia, on a comparé l'efficacité d'onlays et d'inlays en composite et en vitro-céramique auprès de 358 patients dans deux centres hospitalo-universitaires et cinq cabinets dentaires. Bien que les résultats définitifs n'aient pas encore été publiés, les 2 matériaux semblent avoir fonctionné de façon équivalente sur une durée de 3 ans (51).

Par conséquent, aujourd'hui, il est permis d'écrire qu'il n'y a pas de matériau idéal, ces 2 matériaux apportant des résultats tout aussi satisfaisants pour la réalisation de ces RCP. Ceci suppose une analyse préalable de la part du praticien qui devra effectuer une pondération des facteurs énoncés ci-dessus afin de faire son choix. A noter qu'en cas d'hésitation entre ces 2 matériaux, les RCIP peuvent en constituer une alternative (17).

Tous ces matériaux nécessitent évidemment des protocoles opératoires bien respectés : respect du protocole de collage, de l'étanchéité et de l'organe pulpaire au moment de la préparation. Un élément clinique doit également être pris en compte : le facteur opérateur-dépendant, au-delà des choix de matériau que doivent faire les praticiens.

II.4 Stratégies de traitement utilisées

Pour rappel, les objectifs biologiques du traitement restaurateur sont les suivants (1):

- 1) Assurer une étanchéité dentinaire, pour empêcher la pénétration intracanaliculaire de toxines ou de bactéries (dent dépulpée) ou préserver les tissus pulpaires (dent vivante),
- 2) Compenser la perte de substance par adjonction d'un matériau biomimétique et biocompatible, celui-ci pouvant disposer de propriétés bioactives,
- 3) Obtenir une surface capable de reproduire l'aspect anatomique de la dent (couleur et forme), assurer la/une biocompatibilité vis-à-vis du tissu parodontal à son contact et résister aux contraintes mécaniques et chimiques (bio-corrosion buccale),
- 4) S'adapter aux critères de faisabilité cliniques en matière de contrôle des étapes de la procédure et de temps opératoire.

Les performances mécaniques des matériaux céramiques ou composites peuvent imiter les propriétés de l'émail ; de la même façon, la fonction de la liaison adhésive aux tissus dentaires sous-jacents pourrait s'apparenter à celle de la jonction amélo-dentinaire (52).

Les caractéristiques de la dentine peuvent être imitées grâce à des matériaux faisant office de substituts dentinaires.

En fonction de la situation clinique, plusieurs stratégies de traitement sont alors possibles et illustrées sur le schéma suivant (1) :

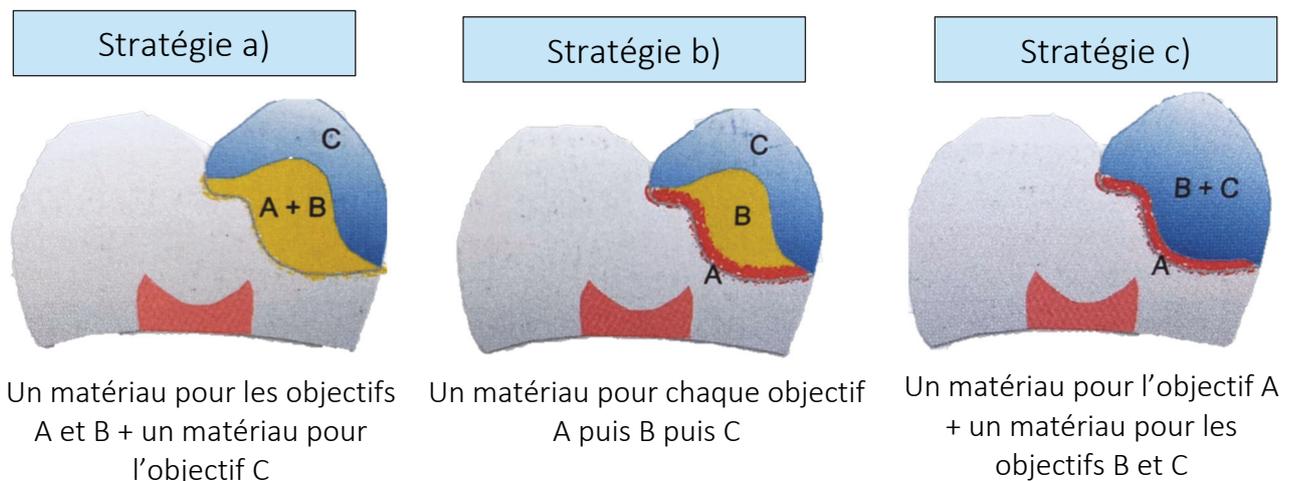


Figure 2 : Différentes stratégies de traitement répondant aux objectifs de reproduction tissulaire (1)

Stratégie a) : Utiliser un substitut dentinaire (silicate tricalcique, CVIMAR) pour compenser la perte de substance et étanchéifier la dentine exposée. Recouvrir entièrement ce dernier pour un substitut de l'émail pour reconstituer l'anatomie de surface (restauration partielle composite ou céramique).

Stratégie b) : Réaliser un traitement d'hybridation dentinaire (ou IDS : *Immediate Dentin Sealing*) pour étanchéifier la dentine exposée, puis utiliser un substitut dentinaire (résine composite) pour compenser la perte de substance et faire un relevé de marge périphérique si nécessaire. Recouvrir le tout par un substitut de l'émail pour reconstituer l'anatomie de surface (restauration partielle composite ou céramique).

Stratégie c) : Etanchéifier la dentine exposée par un traitement d'hybridation dentinaire (IDS), ou si implication pulpaire, par une faible épaisseur de ciment silicate tricalcique. Utiliser directement par-dessus un matériau substitut global de la dentine et de l'émail pour compenser la perte de substance et reconstituer l'anatomie de surface (restauration partielle composite ou céramique).

II.4.1 Matériaux pouvant être utilisés comme substituts dentinaires

II.4.1.1 CVIMAR et CVI

Ceux-ci sont de bons candidats comme substituts dentinaires grâce à certaines propriétés qui sont les suivantes (53) :

- Tolérance vis-à-vis des tissus parodontaux,
- Action reminéralisante en périphérie par la libération de fluor et une action antibactérienne (54),
- Bonne étanchéité médiate et immédiate,
- Coefficient de dilatation thermique proche de celui de la dentine,
- Faible rétraction de prise,
- Capacité d'adhésion propre aux tissus dentaires.

Cependant, exposés aux fluides buccaux ces matériaux ont de faibles propriétés mécaniques (mauvaise résistance à l'érosion et à l'hydrolyse). Leur utilisation dans la stratégie a) doit donc se limiter aux situations où la fragilisation biomécanique est faible (3 ou 4 parois restantes) (1).

II.4.1.2 Les ciments silicates tricalciques

1. Le MTA (*Mineral Trioxide Aggregate*) comme la Biodentine™ (Septodont, France) (dérivés du ciment Portland) ont une résistance à la flexion, une dureté et un module d'élasticité proches de ceux de la dentine (55). Leur étanchéité est équivalente voire supérieure à celle d'un CVIMAR (56). Ils sont aussi bioactifs en pouvant recruter et permettre la différenciation, à leur contact, de cellules précurseurs des odontoblastes. Cependant, selon de récentes études, lorsque la dentine est soumise à un contact large et prolongé avec du MTA ou la Biodentine™, celle-ci subit une diminution de sa dureté et de sa résistance à la flexion (57)(58).

Leur utilisation en tant que substitut dentinaire sous les restaurations partielles (stratégie a)) doit donc rester limitée dans l'attente d'un meilleur recul clinique.

Ce sont néanmoins d'excellents matériaux de protection dentinaire et d'induction de cicatrisation pulpaire à utiliser en faible épaisseur (stratégie c)) dans les situations de coiffage direct ou indirect (59)(60).

II.4.1.3 Les composites

Ceux-ci répondent cliniquement aux critères d'un substitut dentinaire, voire d'un substitut amélaire (1). Selon leur présentation, on les trouve sous 3 formes : les composites microhybrides conventionnels, les composites fluides et les composites « bulk fill ».

Capable(s) de reconstituer une masse dont le comportement physique est proche de celui de la dentine (module d'élasticité entre 6 et 24 GPa), les composites microhybrides conventionnels sont les plus recommandés (61) . Leur point faible est la rétraction à la polymérisation (création de hiatus et risque de déchirure au niveau du joint de colle). Pour limiter ce phénomène, ils sont polymérisés par incrément n'excédant pas 2mm d'épaisseur.

Les composites fluides ne sont pas indiqués comme substituts dentinaires (module d'élasticité <5 GPa) mais peuvent être utilisés en complément de l'IDS pour combler de petites contre-dépouilles ou régulariser une surface, en faible épaisseur (1).

Les composites « bulk fill » sont des composites microhybrides modifiés afin de limiter leur rétraction de prise. Ceux-ci peuvent être utilisés par incréments de 4mm d'épaisseur laissant supposer une utilisation en tant que substitut dentinaire pour des restaurations avec de grandes pertes de substances. Néanmoins, l'attente d'un recul clinique est nécessaire (62) car les études cliniques sur ceux-ci sont quasi inexistantes et celles in-vitro présentent un certain nombre de limites : défaut de polymérisation (63), module d'élasticité <10 GPa (64).

II.4.2. Spécificités de l'hybridation dentinaire

Cette technique, proposée en 2005 par Pascal Magne, est utilisée par de nombreux praticiens au moment de l'assemblage de la pièce prothétique.

Or, depuis plus de 20 ans, de nombreuses études (18,65) ont mis en évidence ses avantages lorsqu'elle est utilisée lors du premier rendez-vous clinique, après débridement/curetage et préparation de la dentine, avant l'empreinte.

Celle-ci correspond à l'obtention d'une couche hybride entre la surface de la matrice dentinaire déminéralisée et un adhésif (18). Aussi nommée scellement dentinaire immédiat (IDS), ses avantages et limites peuvent être regroupés dans le Tableau 9 :

	Avantages	Limites
Mécaniques	<ul style="list-style-type: none"> • Formation d'une couche hybride ayant la meilleure configuration possible sur une dentine fraîchement préparée avec augmentation des valeurs d'adhérence (66) • La couche de bonding est généralement « renforcée » par une épaisseur variable de composite (composite fluide si inférieure à 1mm, de viscosité moyenne dans les autres cas), ce qui permet de combler d'éventuelles contre-dépouilles (66)(65) 	
Biologiques	<ul style="list-style-type: none"> • Obturation des canalicules dentinaires ouverts lors de la préparation : imperméabilisation de la surface dentinaire exposée avec isolation et protection du complexe dentino-pulpaire (67). • Garanti l'étanchéité de la restauration associée • Diminution des sensibilités post-opératoires et durant la phase de temporisation • Aucune nécessité de « coller » la restauration provisoire, évite les contaminations dentinaires par les produits de temporisation (le plus souvent une simple résine photopolymérisable à prise retard (exemple : Telio Inlays™ de chez Vivadent) peut être utilisée pour maintenir les dents adjacentes et antagonistes dans leur position initiale (68) • Anesthésie souvent rendue inutile au moment de l'assemblage (68) 	Dégradation protéique dans le temps, nécessité de procédures complémentaires (nettoyage et désinfection préalable à la chlorhexidine 0,2%) pour lutter contre ce vieillissement (1).

Tableau 9 : Avantages et limites de l'hybridation dentinaire

II.4.3 Spécificités de la surélévation de marge

En cas de limites initialement intra-sulculaires, cette technique a pour but de faciliter la préparation, son enregistrement lors de l’empreinte, la mise en place du champ opératoire ou encore l’élimination des excès lors du collage. Elle revient à réaliser une technique sandwich ouverte sur une faible étendue (proximale généralement) pour aboutir à une préparation avec une limite restituée en position supra-gingivale (69). La procédure se fait aujourd’hui à l’aide d’une résine composite associée à système adhésif en 3 temps (mordançage, rinçage, primer et adhésif chargé). Un composite fluide (pour une hauteur ne dépassant pas 1 à 1,5 mm) et/ou un composite de viscosité moyenne peuvent être utilisés (70).

Néanmoins, même si l’intérêt clinique est intéressant, il convient de rester prudent face à cette technique car le recul clinique et les bases scientifiques sur cette dernière sont faibles. Un contrôle des facteurs de risques locaux (biofilm) et généraux (déséquilibre alimentaire ou comportemental) est imposé car la région cervicale demeure un environnement difficile à maintenir en bonne santé (71). L’utilisation systématique de cette technique reste controversée car très opérateur-dépendante.

II.4.4 Critères de choix d’une stratégie

- Pour une RCP, dans le cas du remplacement d’une faible et superficielle perte de substance, la stratégie c) est la mieux adaptée car elle répond aux critères d’étanchéité biologique, de préservation tissulaire et restauration anatomique (1).
- Dans le cas du remplacement d’une importante perte de substance, les 3 stratégies restent possibles. Deux éléments de choix s’offrent alors au praticien : utiliser une RCP massive (seule avec IDS) ou une RCP associée à un substitut dentinaire (avec ou sans ICDS) (1).

Leurs avantages et inconvénients respectifs peuvent être regroupés dans les Tableaux 10 et 11 :

Avantages	<ul style="list-style-type: none">• Limitation des contraintes de polymérisation et leurs répercussions pulpaire (hiatus, percolations, sensibilités post-opératoires), celles-ci ne s’exerçant que sur la fine épaisseur du joint• Simplification des procédures cliniques par l’utilisation d’un matériau unique• Protection biologique assurée via l’IDS ou via la mise en place d’un ciment silicate tricalcique en cas de proximité pulpaire
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none">• Contraintes internes et uniformité du matériau restaurateur qui éloignent le comportement biomécanique global de la dent de celui d’une dent naturelle

Tableau 10 : Avantages et inconvénients relatifs à l’utilisation d’une RCP massive dans le cas d’une perte de substance importante et profonde (1)

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • Le substitut dentinaire permet de se rapprocher du comportement de la dent naturelle (notion de biomimétisme) • Meilleure répartition des contraintes internes • Répond aux impératifs de préparation et d'insertion des RCP : possibilité de combler des contre-dépouilles ou des extensions localisées de la cavité en direction cervicale (préservation tissulaire) • Permet de dissocier le temps de protection biologique de la dent, de celui de sa restauration anatomo-fonctionnelle (sécurisation de la procédure opératoire)
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • Procédure opératoire complexe

Tableau 11 : Avantages et inconvénients relatifs à l'utilisation d'une RCP associée à un substitut dentinaire (1)

A l'issue d'un débridement carieux ou de la dépose d'une ancienne restauration, c'est l'analyse biologique de la perte de substance et ses répercussions biomécaniques qui guideront le praticien dans l'élaboration de sa stratégie de réalisation de la RCP. A savoir que la préservation des tissus est toujours la meilleure garantie de durabilité de l'ensemble dent-restauration, même lors d'importantes pertes de substances (1).

II.5 Formes et impératifs des préparations pour inlays-onlays

Les préparations pour inlays-onlays-overlays, à la différence de celles pour couronnes, ne sont pas standardisées et peuvent prendre des formes diverses et variées.

Biomécanique et bio-esthétique devront être conciliés, tout en gardant à l'esprit que la perte de substance prime sur le respect de formes de préparation.

4 impératifs de formes de préparation peuvent alors être cités :

- Les impératifs biologiques
- Les impératifs biomécaniques
- Les impératifs liés aux matériaux
- Les impératifs esthétiques.

II.5.1. Les impératifs biologiques

La qualité de l'hybridation dentinaire (voir partie II.3.2) est un élément déterminant dans le collage de ces inlays-onlays car les cavités à préparer y sont essentiellement dentinaires. En effet, les indications des RCP sur ces dents postérieures découlent le plus souvent d'atteintes carieuses et/ou traumatiques (18,66).

II.5.2 Les impératifs biomécaniques

La résistance mécanique d'une dent peut être cliniquement illustrée par 3 éléments :

- La continuité des parois
- Le rapport hauteur / épaisseur des parois
- La quantité d'émail résiduel au niveau cervical

II.5.2.1 Les impératifs biomécaniques inhérents à l'arcade maxillaire

Au maxillaire, d'après la règle qui s'appuie sur l'étude histo-anatomique d'une cuspidie et vise à prévenir les fractures sous la ligne amélo-cémentaire (souvent synonymes d'avulsions), il convient d'effectuer recouvrement cuspidien lorsque le rapport hauteur / largeur d'une cuspidie devient supérieur à 1.

Cette question du recouvrement cuspidien et les critères qui aident à y répondre sont illustrés par la figure suivante (2,3) :

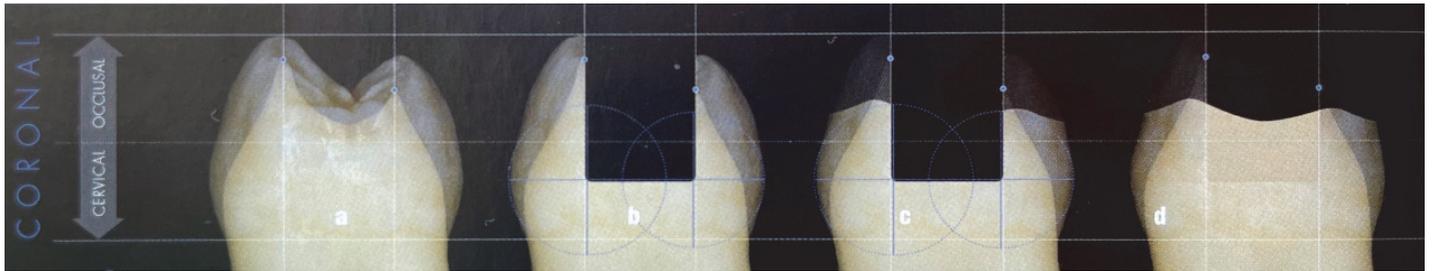


Figure 3 : Critères histo-anatomiques de réduction cuspidienne selon Panaghiotis Bazos (2,3)

a) D'après la structure histo-anatomique d'une prémolaire supérieure, la courbure de la dentine est concave jusqu'à la moitié de la hauteur coronaire et devient convexe au niveau du tiers cervical. Deux étages distincts sont délimités d'un point de vue biomécanique : l'étage occlusal et cervical.

b) Schématisation d'une cavité d'onlay : si la profondeur de la cavité est supérieure à la base d'une paroi résiduelle (hauteur/épaisseur >1), celle-ci doit être recouverte afin de réduire le bras de levier ; si la largeur de la cavité déborde le sommet de la cuspidie concernée dans le sens vestibulo-palatin, celle-ci doit également être recouverte.

c) D'un point de vue clinique, la limite cervicale après recouvrement se situe aux environs du tiers de la hauteur coronaire

d) Afin de ménager une épaisseur constante pour la RCP, le reste de la cavité est comblé avec de la résine composite (rôle de substitut dentinaire)

Gardé intact, il est important de savoir que le cerclage d'émail cervical est capable de supporter de grandes forces de compression et de les transmettre horizontalement à la dentine radiculaire en passant par la jonction amélo-cémentaire. Celui-ci est le garant d'un collage fiable et d'une rigidité suffisante de la dent (72).

Autrement dit, aujourd'hui, si la quantité d'émail cervical est satisfaisante, le manque voire l'absence totale de rétention n'impose pas de réaliser un ancrage radiculaire nécessitant la dépulpage de la dent mais autorise la réhabilitation à l'aide d'une RCP recouvrant toutes les cuspidies de la dent (overlay) (72).

Cette approche doit néanmoins être pondérée par des éléments anatomiques agissant comme des poutres de résistance mécanique qui limitent le besoin de recouvrement : les crêtes marginales, le pont d'émail et le plafond pulpaire (68).

II.5.2.2 Les impératifs biomécaniques inhérents à l'arcade mandibulaire

Comme pour l'arcade maxillaire, dans le cas d'une cavité large et profonde avec perte de substance et donc perte de résistance, la cuspide adjacente se comporte comme un bras en porte-à-faux (73).

D'après un consensus établi par plusieurs études (4,74–77), à la mandibule, le recouvrement est recommandé si l'épaisseur de la cuspide (mesurée au niveau le plus mince de sa paroi) est inférieure à 2mm pour les dents vitales et inférieure à 3 mm pour les dents dépulpées. Celui-ci peut être discuté au cas par cas pour les cuspides supports (vestibulaires) mais doit être appliqué systématiquement pour les cuspides guides (linguales).

II.5.3 Les impératifs liés aux matériaux utilisés, notions de réduction occlusale

Un équilibre entre une économie tissulaire minimalement invasive et une épaisseur de restauration suffisante doit être recherché, les contraintes occlusales postérieures étant importantes (74).

L'épaisseur de réduction du matériau dépend de ses propriétés intrinsèques mais également du support sur lequel il sera collé. En effet, un support plus rigide comme l'émail induira plus de compression sur la restauration alors qu'un support plus souple y induira plus de flexion (78).

Les RCP en composites peuvent être réalisées avec de très fines épaisseurs, de 0,5 à 1 mm, quel que soit le support et présentent la plus haute résistance à la fracture (46)(79) (rappel partie II.2.3.2 module d'élasticité des composites plus proche de celui de la dentine que la céramique).

Les RCP en céramique quant à elles nécessitent une plus importante épaisseur de restauration, de l'ordre de 2 mm (74)(80). Celle-ci peut être légèrement plus faible pour les céramiques renforcées en disilicate de lithium (entre 1 et 1,5 mm). Certaines études montrent même de bons résultats pour des RCP en céramique avec des épaisseurs inférieures à 1 mm (79)(81). Ces conditions « extrêmes » ne peuvent être obtenues qu'en présence d'une importante quantité d'émail (rappel partie II.2.3.2, les céramiques ne présentant pas de capacité de déformation plastique, il est donc recommandé afin d'éviter leur flexion, en cas de pièce prothétique fine, d'avoir un support rigide comme l'émail).

Une pièce dont l'épaisseur n'est pas régulière (1 à 5 mm) est sujette à une libération secondaire de contraintes internes responsables de microfissures (polymérisation pour le composite et refroidissement post-frittage pour la céramique), elle est donc intrinsèquement plus fragile (82)(83).

Rappelons que l'application d'une base de résine composite lors du scellement dentinaire immédiat est un moyen simple pour harmoniser et jouer sur l'épaisseur des pièces (18).

Que ce soit pour une restauration en composite ou céramique, isthmes doivent être supérieurs ou égaux à 2 mm de largeur (75)(76).

II.5.4 Les impératifs esthétiques

Au sourire forcé, les dents maxillaires sont exposées. Deux questions se posent alors lorsqu'un recouvrement cuspidien est indiqué, et plus particulièrement au maxillaire : où situer la limite cervicale et quelle forme lui donner ?

II.5.4.1 Situation de la limite cervicale

Comme dit précédemment, une limite située aux tiers de la hauteur coronaire est satisfaisante du point de vue mécanique. Cependant, une limite située à environ 2mm du sommet d'une cuspide est difficile à appréhender, la couleur à ce niveau étant très dépendante de l'émail avec une reproduction en composite ou céramique délicate (68).

2 solutions s'offrent alors au praticien (68):

- Réaliser une limite juxta-gingivale dans une optique de type « facette » ou « veneerlay » (forme de restauration évoquée par Pascal Magne, étant la contraction de facette (veener) et onlay). Celle-ci est attrayante au niveau des prémolaires mais suppose des difficultés techniques d'isolation, préparation et collage.
- Situer la limite au niveau du tiers cervical de la dent. Du point de vue clinique, la réalisation est aisée et le résultat esthétique est le plus souvent acceptable (bien que jamais parfait). Du point de vue biomécanique, un effet ferrule amélaire important est maintenu (84). Enfin, du point de vue du collage, l'émail résiduel garanti une étanchéité et une force d'adhésion optimales.

Ces caractéristiques font de cette dernière solution le compromis idéal, à noter que l'utilisation de filtres polarisants aide considérablement le praticien à l'enregistrement de la couleur (notamment dentinaire) (68).

II.5.4.2 Forme de la limite cervicale

Une vérification de l'occlusion avec du papier marqueur permet, en amont de la préparation, de s'assurer de l'absence de point de contact au niveau de l'interface adhésive en cas de limite occlusale. En effet, ces derniers, fortement déconseillés, pourraient être responsables de sensibilités post-opératoires, de formation de hiatus ou de lésions carieuses secondaires (69,85).

La forme la plus commune est un congé en quart de rond ou quart d'ellipse. Celle-ci est cependant consommatrice de tissus et assez longue à tailler précisément (68).

Néanmoins, la technique privilégiée à ce jour est la réalisation d'un biseau. Cette dernière est rapide à exécuter cliniquement, minimise la perte d'émail et améliore la qualité du collage en sectionnant les prismes d'émail perpendiculairement à leur grand axe (86).

Ferraris propose une classification des limites de préparations pour onlays et overlays en 2017 ; il en différencie trois : la limite horizontale stricte ou « en butt join », la limite en biseau ou avec un « bevel » et celle avec un épaulement ou « shoulder » (4). Le design et les indications de chacune d'entre elles peuvent être regroupés dans le tableau et la figure suivants :

	Dessins des limites	Indications
Limite horizontale stricte	<ul style="list-style-type: none"> • Préparation la plus « minimalement invasive » • Légère inclinaison suivant le plan d'occlusion, plate 	<ul style="list-style-type: none"> • Présence d'érosion(s) et/ou d'abrasions occlusales • Réduction occlusale pour protéger la dent vis-à-vis des contraintes mécaniques • Fracture d'une cuspidé dans le 1/3 occlusal
Limite en biseau	<ul style="list-style-type: none"> • Sur une longueur de 1 à 1,5 mm • Inclinaison de 45° ou plus 	<ul style="list-style-type: none"> • Augmentation de la surface d'émail améliorant le collage • Création de plus d'espace pour la restauration • Esthétique améliorée (meilleure intégration au niveau de la zone de transition dent / restauration)
Limite avec épaulement	<ul style="list-style-type: none"> • Épaisseur d'environ 1 mm 	<ul style="list-style-type: none"> • Perte de substance ou fracture dans le 1/3 cervical nécessitant, par des techniques de restaurations adhésives directes, une optimisation de l'anatomie de la cavité

Tableau 12 : Dessins et indications des différentes limites de préparation pour restaurations indirectes collées en postérieur selon Ferraris (4)



Figure 4 : Illustration des 3 limites de préparations réalisables pour onlays et overlays selon Ferraris (4)

II.6 Assemblage des inlays-onlays

Le manque de rétention mécanique des préparations conservatrices et la sollicitation du joint à l'interface dento-prothétique qui en découle, imposent l'utilisation d'une colle pour l'assemblage des inlays-onlay (87). Celle-ci doit compenser donc cette faiblesse rétentive des matériaux prothétiques, avoir une forte capacité d'adhésion aux surfaces dentaires et prothétiques et disposer de propriétés optiques comparables aux matériaux dont elle permet l'assemblage (88).

Les ciments, dont les performances mécaniques sont faibles à moyennes sont donc déconseillés pour ces situations cliniques (89).

3 types de colles répondent à ces indications :

- Les composites de restauration,
- Les colles composites conventionnelles,
- Les colles auto-adhésives

Seuls les composites de restaurations et les colles composites conventionnelles seront exposés, pouvant être adaptés à diverses situations et disposant du meilleur recul clinique à ce jour (88).

A noter qu'un traitement de surface dentaire et prothétique est indispensable à leur utilisation. Spécifiques à chaque type de surface prothétique, le traitement des surfaces prothétique permet une liaison chimique et micro-mécanique qui en améliorent les propriétés adhésives. Pour un collage fiable et reproductible, l'assemblage impose également l'utilisation d'une digue en caoutchouc pour obtenir une isolation rigoureuse du site vis-à-vis des fluides buccaux, de l'humidité et des bactéries (88)

II.6.1 Les composites de restauration

Exclusivement photopolymérisables, ils sont associés à un adhésif amélo-dentinaire (aucun potentiel adhésif) et présentent trois intérêts cliniques majeurs, regroupés dans le Tableau 13 :

Bonne stabilité chromatique	<ul style="list-style-type: none">• Absence d'amines pouvant se dégrader et provoquer un jaunissement du joint
Temps de travail quasi-illimité	<ul style="list-style-type: none">• Gestion des excès facilitée : possibilité de coller les éléments deux par deux, élimination complète des excès possible avant polymérisation• Possibilité de diminuer sa viscosité pour faciliter la mise en place de la pièce prothétique : utilisation de réchauffeur dédié et d'inserts d'assemblage ultrasonores (technique consistant à vibrer lae pièce en pression à 2 reprises à l'aide de l'insert permettant la fusée de composite en excès au-delà des limites.
Taux de charge plus élevé	<ul style="list-style-type: none">• Meilleure résistance à l'usure et vieillissement plus lent du joint

Tableau 13 : Avantages des composites de restaurations utilisés pour l'assemblage d'inlays-onlays (18)(19)

Parmi ceux-ci peuvent être cités Tetric Prime d'Ivoclar, Gaenial® de GC et Estelite Sigma Quick de Tokuyama. Enfin, il est recommandé d'utiliser pour la photopolymérisation des lampes puissantes (1000 mW/cm²), sous gel de glycérine, à l'abris de l'air et une minute par face (88). Cette technique reste cependant limitée à la photopolymérisation et à l'épaisseur de la pièce qui conditionne l'absorption de la lumière.

II.6.2 Les colles composites conventionnelles

Les colles composites conventionnelles ressemblent aux composites de restaurations mais sont plus fluides et ont une prise, la plupart du temps, duale (88).

La grande majorité ne possède aucun pouvoir d'adhésion et impose l'utilisation d'un système adhésif sur les surfaces dentaires (avec ou sans mordantage préalable selon les colles) et d'un primaire sur les surfaces prothétiques (exemple de colle sans potentiel adhésif de basse viscosité associée à un adhésif amélo-dentinaire : Variolink™ de chez Esthetic LC ou RelyX Ultimate de chez 3M Espe). D'autres possèdent un potentiel adhésif et peuvent être utilisées avec leur primer dédié ; Panavia 21 de Kuraray ou Panavia™ F 2.0 peuvent être citées pour exemple (23).

Bénéficiant d'un excellent recul clinique, ces colles (avec ou sans potentiel adhésif) offrent une grande longévité (90)(91) et d'excellentes performances esthétiques et adhésives à court et long terme (90,92).

Les colles dont la prise est duale sont avantageuses pour les polymérisations profondes (pièces de plus de 5mm d'épaisseur). Cependant, certains auteurs préféreront l'utilisation d'une colle strictement photopolymérisable (93).

En effet, les colles duales utilisées « en mode chémo » sans être photo-activée pendant plusieurs minutes (permettant une réduction du stress de polymérisation), présentent les mêmes écueils que les colles strictement chémo-polymérisables, à savoir une augmentation brutale du stress de polymérisation lié au praticien. En effet, la chémo-polymérisation de la colle limite le temps de travail et engendre un durcissement général de la colle (93).

Néanmoins, des « flash polymérisations » (1 seconde) successives en différents points, réalisées avant la chémo-polymérisation et suivies à chaque fois d'une cassure de l'excès de colle à la sonde, permettent de contourner cette difficulté (88).

III. La CFAO directe dans la réalisation de restaurations partielles collées

III.1 Définition

III.1.1 La CFAO en général, qu'est-ce que c'est ?

Celle-ci est fondée sur 3 éléments (20,94) :

- Un système de relevé de mesures : le scanner ou empreinte optique. Il permet la numérisation de l'arcade entière ou d'une partie d'arcade afin d'obtenir la modélisation de la (ou des) préparation (s) et de ses rapports antagonistes.
- Un système de conception assistée par ordinateur, la CAO : il permet, à l'aide d'un logiciel informatique spécifique et à partir de la modélisation issue de l'empreinte optique, de rendre visible l'empreinte et le futur projet prothétique.
- Un système de fabrication assistée par ordinateur, la FAO : c'est la matérialisation du projet prothétique, validé par les étapes précédentes, par l'intermédiaire d'une machine-outil pilotée par un logiciel informatique adapté.

III.1.2 La CFAO directe

Héritière des premiers principes décrits par François Duret, elle porte la philosophie de la « *one dentistry* » ou séance unique. Aussi appelée « *chair-side* » par les Anglo-Saxons, elle permet de réaliser intégralement la prothèse au cabinet dentaire (95) .

La chronologie des étapes est la suivante :

- Empreinte optique : se fait dans la cavité buccale, au fauteuil
- CAO : se fait sur place, au fauteuil
- FAO : se fait sur place. Après usinage, les finitions de la pièce prothétique sont réalisées par l'opérateur par polissage mécanique et/ou maquillage/ glaçage.

La CFAO directe est par ailleurs à différencier de la CFAO indirecte et de la CFAO semi-directe (20) :

- La CFAO indirecte est réalisée entièrement au laboratoire. Avec cette technique, le prothésiste n'est pas limité dans le choix des matériaux ou le type de prothèse. Il peut réaliser des prothèses fixées complexes. La chronologie des étapes est la suivante :
 - Empreinte chimico-manuelle classique : se fait au fauteuil, elle sera coulée en plâtre chez le prothésiste puis passée au scanner de table pour en obtenir la modélisation informatique
 - CAO : se fait au laboratoire
 - FAO : se fait au laboratoire

- La CFAO semi-directe est un mélange entre la CFAO directe et indirecte. Proposée pour la 1^{ère} fois par la société 3M, la chronologie des étapes est la suivante :
 - Empreinte optique : se fait au fauteuil puis est envoyée via internet chez le prothésiste*
 - CAO : se fait au laboratoire
 - FAO : se fait au laboratoire

A noter que des prothèses fixes plurales complexes, des armatures (destinées à être stratifiées) peuvent être réalisées grâce à cette technique. Cependant des modèles physiques d'arcades sont nécessaires au prothésiste pour les réglages de l'occlusion et l'ajustage des armatures ou des pièces prothétiques pleines une fois usinées.

L'empreinte optique peut alors être envoyée si nécessaire par le prothésiste vers un centre de production qui lui permettra d'obtenir des modèles d'arcade complète ou d'hémi-arcade, généralement en résine polyuréthane. Ceci lui permet également de disposer d'un montage sur articulateur pour un ajustage précis des pièces prothétiques.

CFAO directe	CFAO semi-directe	CFAO indirecte
Empreinte optique au fauteuil	Modèle de travail scanné au laboratoire	Empreinte optique au fauteuil
CAO au fauteuil	CAO au laboratoire	CAO au laboratoire
FAO au fauteuil	FAO au laboratoire	FAO au laboratoire

Tableau 14 : Les différentes CFAO (20)

III.2 Caractéristiques et étapes de la chaîne numérique

III.2.1 Empreinte optique et fonctionnement du scanner intra-buccal

A l'heure où plus d'une dizaine de scanners sont commercialisés en France, 3 techniques d'acquisition d'image sont proposées (94)(6):

III.2.1.1 La triangulation en lumière structurée

L'objet, l'émetteur de lumière et le capteur CDD (Charged Coupled Device ou Dispositif de Transfert de Charges) forment un triangle. La lumière est projetée sur la dent (objet) au travers d'une grille (ou trame). Le système capte la lumière réfléchiée par la dent et la déformation qui en résulte est mesurée. Des calculs effectués par comparaison de la trame projetée et la trame observée permettent de déduire la forme de l'objet.

Des variations de longueur d'onde de la lumière émise, de forme de la grille et d'optiques (relevant de secrets industriels) font aujourd'hui l'objet d'évolutions sur ces scanners (96).

A noter que la présence de sang ou de salive est susceptible de perturber l'enregistrement. Certains systèmes requièrent, encore aujourd'hui, l'application d'une poudre fine sur les surfaces à scanner. Cependant l'évolution tend vers l'utilisation de scanners qui suppriment cette étape grâce à l'utilisation d'une lumière phosphorescente ou fluorescente pour restituer la couleur (94).

Des microprocesseurs dans le corps de la caméra permettent la conversion du signal analogique en signal numérique, ce qui explique leur fragilité et leur encombrement, lequel restant relatif (6).

III.2.1.2 La stéréoscopie spatiale ou dynamique

Basée sur le principe de la triangulation et utilisée par le cinéma 3D, cette technique utilise non pas un mais 2 récepteurs distants permettant de capter la lumière réfléchi avec un maximum de recouvrement. Celle-ci est une LED infra-rouge qui sera perçue par la caméra grâce à un système filtrant la lumière ambiante (6) .

2 images vues sous des angles différents sont alors associées pour définir des points analogues. Sur le logiciel informatique de l'ordinateur, ces points sont enregistrés comme des coordonnées dans un espace tridimensionnel. Ils sont ensuite, par traitement informatique, convertis par triangulation en un canevas puis en un modèle 3D (94).

Ces caméras de 2^{ème} génération sont moins fragiles, plus légères et plus petites (97).

III.2.1.3 La microscopie confocale

Cette technique consiste à observer un objet à travers un objectif en faisant varier la distance focale. La lumière émise est une lumière laser. Dans la tête de scan, le faisceau laser émis est réfléchi par un miroir dichroïque puis envoyé sur des miroirs galvanométriques, qui en pivotant sur leur axe, vont permettre le balayage rapide de la surface à enregistrer (miroirs de balayage).

Le faisceau laser réfléchi passe ensuite par ces miroirs et un diaphragme confocal avant d'arriver au détecteur (tube photomultiplicateur) (5).

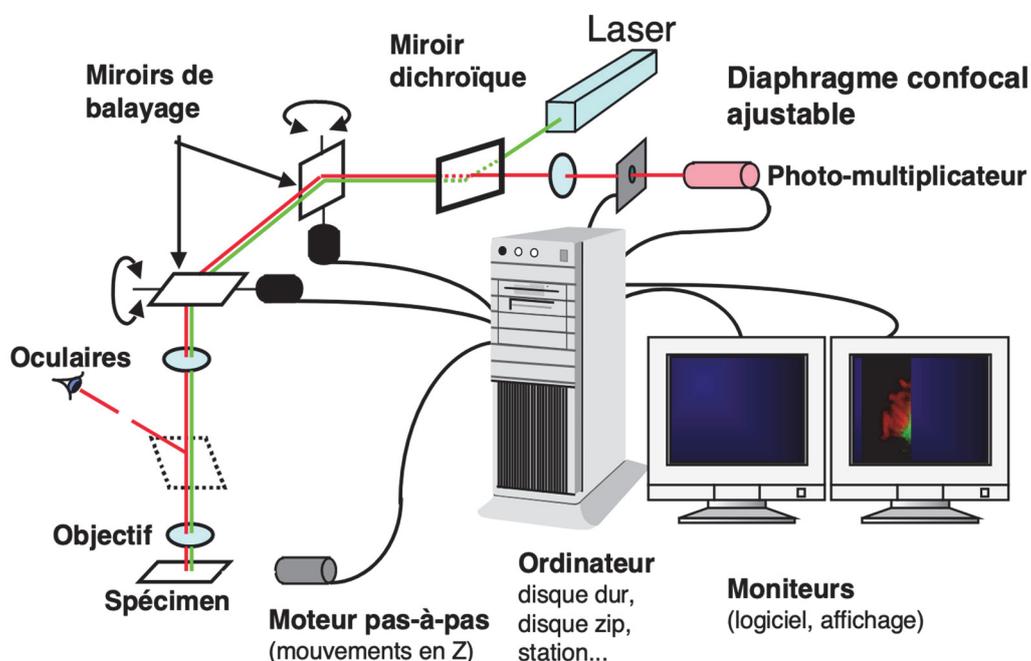


Figure 5 : Principe de la microscopie confocale (5)

Le détecteur envoie un signal électrique amplifié à l'ordinateur où il sera digitalisé et affiché.

Avec cette technique, la profondeur de champs est améliorée et la distance à l'objet correspond à la distance focale pour laquelle l'objet apparaît le plus net (94).

Technologie de prise d'empreinte optique	Triangulation en lumière structurée	Stéréoscopie spatiale ou dynamique	Microscopie confocale
Scanner intra-buccal correspondant	<ul style="list-style-type: none"> • Cerec Omnicam® • Cerec Bluecam® • Apollo DI • Carestream CS3500 et 3600 • Planmeca Planscan® 	<ul style="list-style-type: none"> • CondorScan de Biotech • DWIO de Dental wings 	<ul style="list-style-type: none"> • Trios de 3Shape • Cerec Primescan®

Tableau 15 : Exemples de scanners intra-buccaux associés à leur technologie de prise d'empreinte optique (21)(22)

III.2.2 La CAO

III.2.2.1 Ouverture des fichiers issus du scanner

Actuellement, les fichiers stockant les objets 3D issus de l'empreinte optique peuvent être exportés sous 4 formats (6)(98) :

- Format de logiciel fermé : format natif (ou RAW)
- Formats de logiciels ouverts : formats .STL, .PLY ou .OBJ.
- Le fichier natif est spécifique du modèle de la caméra. Il est dit fermé car impose au cabinet (ou au laboratoire dans le cas de CFAO semi-directe ou indirecte) de disposer d'un logiciel de CAO compatible. Sa lecture ne peut donc se faire que dans le même environnement logiciel que celui à partir duquel il a été créé. Ce format génère un fichier dit « personnalisé » et permet de transférer l'intégralité des informations enregistrées : notifications, positionnement des limites cervicales et couleurs.
- Le fichier .STL est un format de fichier générique monochrome qui stocke les données au format binaire ou texte. Il permet également de stocker des données CAO. Il ne présente pas d'information de texture, couleur ou autre attribut de CAO standard, chaque objet y est défini uniquement par sa géométrie 3D.

- Le fichier .PLY stocke les données sous forme d'une liste de polygones plats avec leurs coordonnées spatiales, une description de leur surface et des données sur leur couleur / transparence (pas d'apparition de la limite cervicale mais possibilité d'envoi d'un fichier complémentaire en même temps qui sera repositionné dans le logiciel).
- Le fichier .OBJ ne contient aucune donnée sur l'environnement de l'objet. Il présente par ailleurs des informations sur sa palette de couleurs, des coordonnées, des cartes et des fichiers de texture.

Ces 3 derniers formats sont dits ouvert car ils peuvent être lus à partir d'un autre logiciel que celui qui a permis sa création. Cependant, selon la marque du scanner utilisé au départ, certains formats ne peuvent pas être utilisés (97).

Type de fichier	Carestream	iTero	Medit	Planmeca	Primescan	Trios 3 Shape	Wow
Natif			✓		✓	✓	
.STL	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
.PLY	✓	✓	✓	✓		✓	✓
.OBJ	✓		✓	✓			✓

Tableau 16 : Type de fichier exporté selon les scanners (6)

III.2.2.2 Modélisation

Un noyau graphique de modélisation polygonale est utilisé par ces logiciels. Celui-ci était utilisé à l'origine par les premiers systèmes. Ils ont permis d'obtenir, grâce à des maillages en couleurs et très fins, des modélisations de plus en plus proches de la réalité (25).

Sur le logiciel, le maître modèle numérique de travail est dans un premier temps virtuellement fractionné par l'opérateur de la même façon qu'on réalise en prothèse conjointe conventionnelle un (ou plusieurs) modèle positif unitaire (MPU).

Certains logiciels déterminent automatiquement les limites de la préparation grâce à un algorithme de reconnaissance des arrêtes, associé à un module d'intelligence artificielle ; l'opérateur prend la main pour ajuster la proposition du logiciel si besoin.

Si le logiciel ne les détermine pas automatiquement, c'est à l'opérateur de tracer les limites à l'aide d'un dispositif de pointage (*touch-pad*, *track-ball*, souris).

La forme de la restauration proposée par le logiciel est calculée à partir de plusieurs critères :

- L'axe d'insertion optimal défini par l'opérateur
- Les limites de la préparation
- La morphologie des dents antagonistes et voisines (99)

L'opérateur peut ensuite prendre la main sur la proposition clinique faite par le logiciel par l'intermédiaire de diverses fonctions :

- Modification de la morphologie occlusale
- Modification de l'axe d'insertion
- Adaptation du choix du matériau aux contraintes d'épaisseurs imposées par la préparation (les zones présentant une épaisseur inférieure à celles recommandées par le fabricant pouvant être visualisées) (25).

L'analyse du profil d'émergence, la visualisation des contacts occlusaux et proximaux de la restauration grâce à un code couleur (variant en fonction de l'intensité du contact) permettront, à cette étape, une auto-analyse critique des formes de préparation par l'opérateur. Certains praticiens voient d'ailleurs à celle-ci une opportunité considérable d'améliorer leur pratique clinique (100).

III.2.2.2 Prévisualisation d'usinage

A ce stade, le logiciel affiche à l'écran la pièce prothétique telle qu'elle sera obtenue après usinage ; l'opérateur peut alors intervenir sur plusieurs éléments (25):

- La taille du bloc de matériau utilisé (possibilité d'utiliser un bloc plus grand que celui qui était initialement proposé par le programme)
- La position de la restauration au sein du bloc, et ce pour 2 raisons :
 - L'ajustement de la position de la tige d'usinage ou position de la dernière partie de la restauration à être usinée ; celle-ci reliera la restauration au bloc de matériau. La tige, éliminée manuellement par l'opérateur, devra être positionnée de préférence au niveau d'une zone de moindre importance esthétique (face linguale par exemple).
 - L'ajustement colorimétrique de la restauration si utilisation de blocs présentant un dégradé de teinte ou de saturation.
- L'application d'un *offset* (ou décalage), sur l'extrados de la pièce pourra être :
 - Positif en prévision d'une suppression de matière par polissage de la pièce
 - Négatif en prévision d'un ajout de matière par application de maquillants et d'une glaçure à la surface de la pièce

III.2.3 La FAO (usinage)

III.2.3.1 Le procédé additif

Il repose sur le principe « d'empilement » de couches successives solidarisiées entre elles pour fabriquer toute forme d'objet. C'est le principe de prototypage rapide (101). Le modèle 3D est découpé en strates 2D, chaque strate programmée par l'usineuse correspondant à un « pas ». Ces strates seront empilées et solidarisiées jusqu'à recréer la forme initiale de l'objet 3D issu du fichier de CAO.

Ce procédé permet de créer :

- Des maquettes de fonderie à partir de cire ou de résine, qui seront ensuite traitées par coulée de façon conventionnelle
- Des pièces « finies » par traitement du métal

Trois méthodes de prototypage rapide existent : la stéréolithographie, l'impression 3D et la microfusion laser (20).

Il a été dit précédemment (cf. partie I.3) que les restaurations partielles collées sont essentiellement réalisées en céramique ou composite (27), or le traitement de la céramique par méthode additive tend à disparaître au profit de l'usinage, bien qu'un mode de prototypage de la céramique soit à l'étude et à l'essai (20). A ce jour, il n'existe pas de machines de fabrication de restaurations partielles collées en vitro-céramique par addition destinées à un usage au fauteuil (20). Quelques machines de fabrication d'inlays-onlays en résine composite existent par impression 3D au fauteuil. Non encore citées dans les référentiels car d'apparition récente, un exemple sera décrit dans la partie IV.2.2.3.

III.2.3.2 Le procédé soustractif utilisé en CFAO directe

Celui-ci permet d'usinage d'une pièce prothétique par soustraction de matière. C'est un robot, une fraiseuse dont les commandes sont numériques, qui permet de fabriquer la pièce dans un intervalle de précision et de tolérance donné (norme ISO 3002 : notion de base en usinage) (102).

La précision de ces machines est donnée selon les constructeurs dans un intervalle de 1 à 30 μm (20).

En se basant sur la CAO précédemment réalisée, un programme informatique pilote la machine-outil, c'est-à-dire dicte la rotation et le trajet des fraises afin de fabriquer l'élément modélisé attendu. Le fraisage des céramiques et des blocs composites (cf II.3 les matériaux usinables en CFAO directe) se fait avec des fraises diamantées sous irrigation par un liquide de refroidissement comprenant de l'eau et un additif lubrifiant (25).

La qualité d'usinage va dépendre (94):

- Du logiciel de pilotage : plus les mouvements commandés sont fins et complexes, plus la reproduction sera fidèle à l'objet 3D modélisé
- De la machine-outil : elles sont plus ou moins complexes, équipées de moteurs de puissance différentes et d'axe de déplacement, ou de rotation (3 à 5 axes). Plus les axes sont nombreux, plus les trajets effectués par les fraises sont complexes. Les 3 premiers axes x-y-z gèrent les pièces sans contre-dépouille : avant-arrière, vertical, droite-gauche. Le 4^{ème} axe permet de gérer l'intrados, on parle d'axe « de position ». Pour une machine comportant 5 axes dite « vraie », les axes supplémentaires sont des axes de rotation : A : rotation de la pièce, B : rotation de l'outils et de la broche (94,102).
- De la bonne compatibilité entre les logiciels de CAO et de FAO (102) (20).
- De la précision et de la qualité de la préparation du support dentaire : sa géométrie doit être en adéquation avec les capacités du robot à usiner des limites cervicales et un intrados (102) (20).
- De la qualité des fraises : plus elles sont fines, plus elles pourront sculpter des formes complexes telles que des sillons secondaires ou une limite cervicale précise (20)(102).

III.2.3.2.1 Caractéristiques logistiques des machines

Elles sont généralement l'adaptation d'usineuses destinées au laboratoire au cabinet dentaire.

Leurs caractéristiques sont les suivantes :

- **Poids** : peut atteindre les 100 kg,
- **Taille** : réduite par rapport à celles destinées aux laboratoires car conçues pour ne pas encombrer le cabinet dentaire
- **Niveau sonore** : assez élevé
- **Alimentation électrique** : prise de courant simple pour certaines, d'autres nécessitent un raccordement au compresseur
- **Alimentation du réservoir** : eau pour la plupart, additionnée ou non d'un lubrifiant
- **Mode de connexion au poste informatique pilote** : connexion sans fil en général, possible également par câble ou via clé USB sur laquelle la pièce à modéliser est enregistrée.
- **Temps d'usinage** : 5 à 25 minutes variable selon le nombre de broches qui travaillent simultanément, la vitesse de rotation des broches, le chemin d'usinage et le matériau utilisé qui peut être plus ou moins « tendre à usiner »
- **Nombre de fraises** : une seule généralement, parfois 2 (CEREC®Planmill®).
- **Usure et coût des fraises** : variables. Leur changement peut se faire après (Lyra Mill®) ou automatiquement pendant l'usinage selon les machines.
- **Qualification selon la chaîne de CFAO** : soit maillons d'une chaîne déjà montée et souvent de la même marque (exemple : Sirona, Carestream, Planméca) ; soit indépendantes (ouvertes).

III.3 Les matériaux usinables en CFAO directe pour inlays-onlays

On distingue les céramiques, les résines composites (plus ou moins chargées), les matériaux hybrides (matériaux composites à très haute résistance) et les alliages métalliques (103).

III.3.1 Les céramiques

III.3.1.1 Les céramiques vitreuses usinables

- **Renforcées par des cristaux de feldspaths** : Vitablocs® Mark II

Ce sont des blocs monochromes à usiner totalement frittés. Ceux-ci sont renforcés essentiellement par un feldspath potassique, la sanidine ($KAlSi_3O_8$). Associés depuis 1985 au système Cerec de Sirona, ils prennent le nom de Cerec Blocs pour les systèmes Sirona. Une personnalisation de surface est possible (colorants Vita Akzent Plus) ou du bord incisif après cut-back de cette zone (colorant Vita VM9).

Il existe également les Vitablocs® TriLuxe (3 couches de saturation) et TriLuxe Forte (4 couches de saturation en dégradé) qui entrent dans la réalisation d'onlays mais non d'inlays (23).

- **Renforcées par dispersion de leucite type Empress® CAD :**

Ils se présentent sous la forme de blocs à usiner totalement frittés, disponibles sous une forme monochrome ou polychrome (Empress Multi). Caractérisées par des colorants en pâte qui sont cuits au four, ceux-ci représentent la version CFAO de Empress® Esthetic avec la même composition et microstructure (23).

- **Renforcées par dispersion de disilicate de lithium type e.max® CAD :**

Avec ce bloc, l'obtention de la restauration finale résulte d'un double traitement de cristallisation pour éviter d'usiner le matériau à un stade totalement fritté – une première subie par le bloc à usiner chez le fabricant (donnant un verre renforcé par des cristaux de métasilicate de lithium, qui apportent la couleur bleutée au matériau) – une deuxième, après usinage, subie par la restauration (30min à 850°C). Cette dernière permet d'obtenir les propriétés optiques et mécaniques définitives du matériau.

De la même façon qu'Empress® CAD, e.max® CAD est la version CFAO d'e.max® Press (23).

- **Renforcées par dispersion de silicate de lithium et de dioxyde de zirconium (ZrO₂) type Vita Suprinity® et Celtra® Duo :**

- Le bloc Celtra® Duo de Dentsply-Sirona est sous une forme totalement cristallisée avant usinage. Une caractérisation esthétique est possible (colorants Celtra™).
- Le bloc Vita Suprinity® PC, translucide, nécessite un traitement thermique de cristallisation après l'usinage ; une version cristallisée Vita Suprinity® FC doit par ailleurs arriver sur le marché. Une personnalisation chromatique de surface est possible (colorants Vita Akzent Plus) ou après cut-back occlusal (Vita VM11) (23).

Mise en œuvre CFAO	Structure	Résistance à la flexion	Ténacité	Acide fluorhydrique	Module d'élasticité	Dureté
Vitablocs (Vita Zahnfabrik)	Phase continue de verre (70 %) Phase dispersée de feldspaths (sanidine)	130 MPa	1,4 MpaÖm	60 s	60 Gpa	6,3 Gpa
Empress CAD® (Ivoclar Vivadent)	Phase continue de verre (55 %) Phase dispersée de leucite	160 Mpa	1,2 MpaÖm	60 s	62 Gpa	6,2 Gpa
e.max® CAD (Ivoclar Vivadent)	Phase continue de verre (30 %) Phase dispersée de disilicate de lithium	360 Mpa	2,3 MpaÖm	20 s	90 Gpa	5,9 Gpa
Suprinity® PC (Vita Zahnfabrik)	Phase continue de verre Phase dispersée de disilicate de lithium et ZrO2	420	2 MpaÖm	20 s	70 Gpa	7 Gpa
Celtra-duo (Dentsply-Sirona)		180 Mpa métrasilicate		30 s		

Tableau 17 : Récapitulatif des céramiques vitreuses usinables : Vitablocs®, Empress® CAD (Ivoclar Vivadent), e.max® CAD, Suprinity® PC – Celtra Duo : mise en œuvre, structure, traitement de surface et propriétés mécaniques (23)

Le Tableau 21 récapitule les différentes vitro-céramiques disponibles sur le marché et accessibles par usinage à ce jour (17).

Type de cristaux (% en vol)	Usinage (bloc)
Feldspaths (≈30)	Mark II, TriLuxe forte (Vita), Cerec blocs C, C PC et C in (Sirona)
Leucite (35-45)	IPS Empress CAD (Ivoclar), Initial LRF bloc (GC)
Disilicate de lithium (65-70)	IPS e.max CAD (Ivoclar), LiSi CAD, Lithium disilicate blocks (BeautyZir)
Silicate de lithium et zircon	Celtra Duo (Dentsply Sirona), Suprinity PC (Vita)

Tableau 18 : Les vitrocéramiques accessibles par usinage pour inlays-onlays (17)

III.3.1.2 Les céramiques polycristallines ou zircon

Il est à noter que Cerec propose depuis peu une zircon colorée, translucide usinable au fauteuil et frittée dans le four Speedfire. Celle-ci ne sera cependant pas détaillée car n'entrant pas dans la réalisation de restaurations partielles collées à ce jour (17,23).

III.3.2 Les résines composites

Ce sont des résines composites classiques à haute teneur en charges. On peut citer Cerasmart de GC, HC de Shofu, Lava™ Ultimate de 3M Espe. Cette dernière a fait l'objet de la plupart des études réalisées à l'heure actuelle sur ces matériaux. En la prenant pour exemple, elle est constituée de 80 % de charges de silice et de zircon sous forme de nanomères et de nanoclusters silanés (23).

Mise en œuvre CFAO	Structure	Résistance à la flexion	Tenacité
Lava Ultimate (3m Espe)	Phase continue de polymère Phase dispersée de Céramique	200 Mpa	2 MpaÖm
	Sablage	Module d'élasticité	Dureté
	Alumine 50 microns 2 bars de pression	13 GPa	1,1 GPa

Tableau 19 : Lava™ Ultimate (3m Espe) : mise en œuvre, structure, traitement de surface et propriétés mécaniques (23)

III.3.3 Les matériaux hybrides ou réseau de céramique infiltré par un polymère : RCIP Enamic®

Mis au point par Michael Sadoun et son équipe, ceux-ci n'existent d'ailleurs que sous la forme de bloc à usiner. Rappelons que cette structure spécifique permet de combiner les caractéristiques des céramiques et des polymères en obtenant des propriétés mécaniques optimisées telles que l'élasticité ou la ténacité. Un seul matériau est à ce jour commercialisé depuis 2013 : Vita Enamic®. Une caractérisation de surface à l'aide de poudres colorées et de résine composite (Vita VM LC pour des caractérisations de forme) est également possible (17,23).

Mise en œuvre CFAO	Structure	Résistance à la flexion	Ténacité
Enamic® (Vita Zahnfabrik)	Phase continue de Céramique Phase dispersée de Polymère	150 MPa	1,5 MpaÖm
	Acide fluorhydrique	Module d'élasticité	Dureté
	60 s	30 GPa	2,5 GPa

Tableau 20 : Enamic® : mise en œuvre, structure, traitement de surface et propriétés mécaniques (23)

III.3.4. Les alliages métalliques

L'alliage chrome-cobalt est disponible sous forme de bloc mais son utilisation est anecdotique (103)(104) (17).

IV. La CFAO directe pour les restaurations partielles collées, une candidate à la performance organisationnelle du cabinet dentaire

IV.1 Principaux systèmes destinés à la CFAO directe présents sur le marché

IV.1.1 CEREC®

Les premiers systèmes de CFAO directe commercialisés adaptés à la réalisation de restaurations unitaires telles que les inlays/onlays comprenaient :

- Une caméra : le scanner intra-buccal
- Un kart : petit meuble mobile regroupant un ordinateur et un écran
- Un logiciel d'empreinte et de conception
- Une usineuse (fabrication)
- Un four céramique pour le maquillage et le glaçage des pièces (finition cosmétique)

Cette formule, regroupée sous la marque Cerec® et première à être commercialisée, a été mise au point en 1980 par le Pr Werner Mormann et l'ingénieur Mario Brandestini. Produit dans un premier temps par la société Siemens puis par la société Dentsply Sirona, ce système est aujourd'hui le représentant emblématique de la CFAO directe (20,25).

Il comprend aujourd'hui (25)(105) :

- Une unité autonome de prise d'empreintes optiques dite « acquisition center » : CEREC AC®
- Un scanner intra-oral qui existe sous 2 modèles : CEREC Omnicam® et CEREC Primescan®
- Un logiciel de CFAO : le CEREC Software 5 (nouvelle génération (106), intégré dans l'unité de prise d'empreintes
- Une machine-outil à commande numérique : PrimeMill®.

Compte tenu de l'intérêt de cette technique et de l'évolution rapide des technologies, d'autres systèmes ont été développés, nous citerons Trios Design Studio de 3Shape et FIT® de Planmeca.

IV.1.2 Trios Design Studio

Produit par la société 3Shape, celui-ci comprend (25) :

- Une unité autonome de prise d'empreintes optiques appelée le Trios® Move® +
- Scanner intra-oral qui existe sous 3 modèles : Trios 3® Basic, Trios® 3 ou Trios® 4
- Logiciel de CFAO : le Design Studio, installé sur l'unité de prise d'empreintes
- Machine-outil à commande numérique qui y est connectée de façon automatique

Pour ce système, le praticien peut choisir parmi un « catalogue » d'usineuses qui sont éligibles à cette connexion ; ceci en fait d'ailleurs sa particularité.

IV.1.3 Planmeca FIT®

Mis au point par la société Planmeca, ce système est composé (107)(25):

- D'un scanner intra-oral qui existe sous 2 formes : Planmeca Emerald® S et Planmeca Emerald® ; lesquels sont reliés à un ordinateur portable
- D'un logiciel de CFAO (installé sur l'ordinateur portable) : Planmeca PlanCAD® Easy
- D'une machine-outil à commande numérique qui existe sous 2 modèles : Planmeca Planmill® 30 S et Planmeca Planmill® 40 S.

IV.2 Ergonomie et organisation de l'espace de travail en fonction du matériel utilisé

IV.2.1 L'ergonomie, définition

L'ergonomie (nom féminin) (108) est une étude scientifique des conditions de travail, visant à leur amélioration et à l'accroissement de la productivité. Elle constitue une étude des relations entre l'homme et la machine, visant à une meilleure adaptation. Il en résulte la qualité d'un matériel conçu de cette manière. Pour la CFAO directe, elle s'applique en adaptant les machines de façon que l'exercice de l'art dentaire soit plus performant et moins fatigant.

IV.2.2 Critères de choix du matériel de CFAO directe pour une organisation ergonomique de l'espace de travail

Actuellement, plus d'une dizaine de scanners sont commercialisés en France. Cet outil, qui est aujourd'hui un instrument d'usage fréquent, doit pouvoir s'intégrer dans l'environnement du cabinet et répondre à des conditions d'utilisation ergonomique (6).

IV.2.2.1 Critères de choix d'un système d'empreinte optique

IV.2.2.1.1 Les systèmes d'empreinte optique sous forme de karts

Il a été dit précédemment que les premiers systèmes commercialisés comprenaient un kart, soit un petit meuble mobile regroupant un ordinateur, un écran et sur lequel est relié un scanner intra-buccal ; le système CEREC® en étant le promoteur. D'autres systèmes d'empreinte optique sous forme de kart ont ensuite été développés tels que Lava TDS de 3M et Trios® 3 de 3Shape (Trios Cart) (108).

Aujourd'hui des systèmes plus récents tels que IOS Aadvia de GC™, iTero (Itero 1 de Cadent / Straumann dont l'évolution est iTero 2 de Cadent / Align) et Dental Wings font de même. Ceux-ci, bien que leur fonctionnement soit le même, proposent des ensembles qui accordent une importance particulière au design (108).

Cette solution en kart a été la seule disponible pendant quelques années. Celle-ci est présentée par les forces de vente comme un avantage de par sa mobilité, en pouvant être déplacée dans plusieurs cabinets. De fait, elle peut être partagée entre plusieurs praticiens. Elle représente un système « tout-en-un », prêt à l'emploi.

Cependant, il est relevé que ce petit meuble ne trouve pas facilement sa place dans l'environnement du cabinet ou n'est pas forcément disposé à la meilleure place pour l'opérateur, Figure 6. En effet, il peut être responsable d'un problème de positionnement ou d'encombrement par rapport à son champ de vision.

L'écran tactile (souvent présent sur les karts) impose au praticien ou à l'assistante d'avoir le bras à proximité de l'écran. Cette situation doit être compatible avec leur position de travail (6) (108).

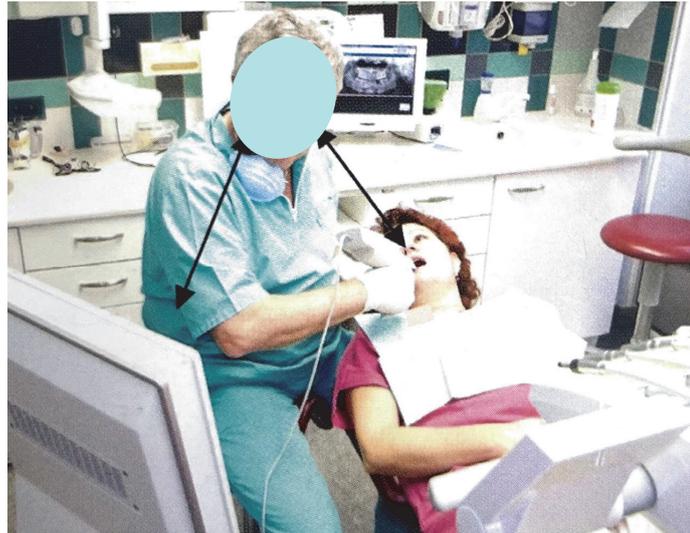


Figure 6: Situation d’empreinte optique avec utilisation d’un kart contraignant le praticien à un contorsion inconfortable (108)

Certains agents commerciaux prétendent alors que le praticien peut facilement s’adapter à une telle configuration. Cependant, d’autres argumentent que c’est au matériel d’être adapté au confort et à l’ergonomie de travail du praticien.

Le déplacement du système nécessite également sa mise en arrêt pour être rallumé lors de sa réutilisation, représentant une perte de temps non négligeable. Certains fabricants prennent alors ceci en compte en commercialisant des nouveaux karts disposant d’un onduleur qui permet un déplacement sans éteindre le système (108).

Même avec cet onduleur, la question d’une panne ou d’une sortie d’un nouveau modèle de caméra se pose : pendant combien de temps le praticien serait privé de l’outil d’empreinte optique le temps avant qu’une réparation soit effectuée ? Respectivement, la caméra est-elle interchangeable afin d’obtenir le nouveau modèle ou ce dernier impose le changement complet du système (celui-ci étant plus cher qu’une caméra seule) ?

Ainsi, pour certains praticiens le partage d’une caméra est rapidement une contrainte. Son utilisation n’étant pas forcément programmée, une disponibilité de la caméra de façon permanente et immédiate peut être préférée. Ces karts présentent donc une ergonomie de travail qui reste discutable.

IV.2.2.1.2 Les systèmes d’empreinte optique connectables en usb

Pour une ergonomie de travail améliorée, une majorité de fabricants ont alors récemment développé des caméras pouvant directement se connecter sur le port USB d’un ordinateur. Ce système, moins encombrant qu’un kart, trouve sa place plus facilement dans des espaces de travail réduits.

L’ordinateur en question peut y être dédié ou déjà avoir des fonctions dans le cabinet. Il doit néanmoins répondre à certaines exigences techniques pour gérer la conception 3D de la pièce :

- Un processeur rapide, une mémoire vive importante,
- Une carte graphique performante
- Un gros disque de stockage (conditions en général retrouvées sur les ordinateurs destinés aux jeux vidéo) (108)(6).

Sont adeptes de cette configuration les caméras (109):

- Carestream CS 3500
- Planmeca (Emerald® S et Emerald®)
- Trios 3 Basic
- iTero Element Flex scanner

3Shape est actuellement le seul fabricant à proposer une caméra sans fil connectée à un ordinateur : Trios® 3 et Trios® 4 (formes Trios POD) (109).

Dans cette configuration, un écran secondaire peut être placé dans l'axe de vision de l'opérateur pour améliorer le confort de travail, Figure 7. Il suffit alors de connecter ce 2^{ème} écran via un câble HDMI (ou VGA selon ce que l'ordinateur dispose) de la même façon que l'écran d'origine. En effet, les ordinateurs utilisés disposent généralement de 2 ports HDMI ou VGA, Figure 8 (des tutoriels sur l'utilisation de 2 écrans en simultané pour une même carte graphique sont facilement accessibles (110).

Une tablette peut également servir d'interface en la connectant par Wifi par le biais d'un logiciel de copie d'écran, par exemple le logiciel Splashtop®, Figure 9 (6).



Figure 7 : Placement d'un écran secondaire dans l'axe de vision de l'opérateur (6)

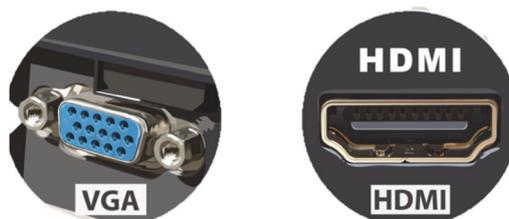


Figure 8 : Repérage de l'emplacement du port VGA ou HDMI sur l'ordinateur sur lequel est raccordée la caméra en USB permettant d'y connecter 1 ou 2 écrans

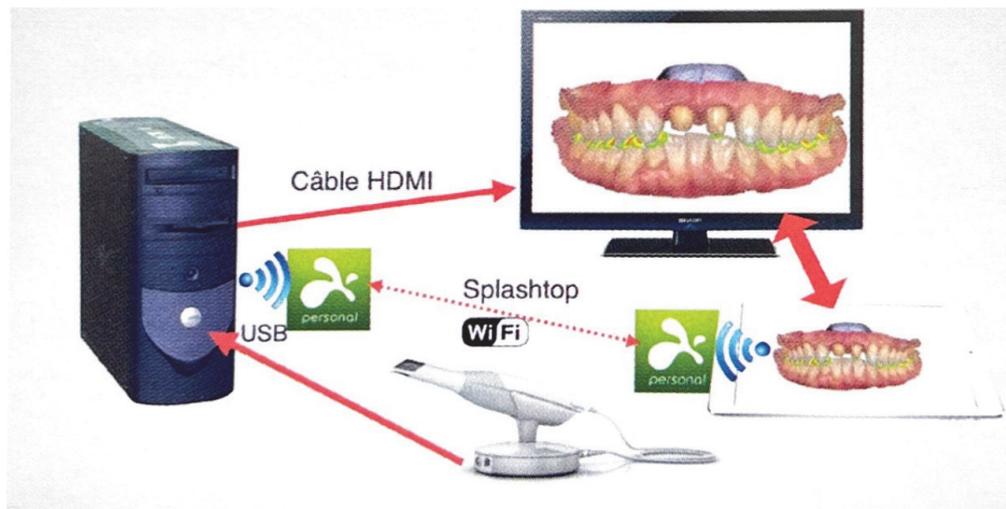


Figure 9 : Exemple de configuration de travail : scanner Trios 3 Basic connecté en USB à l'ordinateur, écran d'origine de l'ordinateur ou écran secondaire connecté via câble HDMI à la carte graphique de l'ordinateur, tablette connectée en Wifi à l'ordinateur servant d'interface grâce au logiciel de recopie d'écran Splashtop® (6)

Il ne va pas sans dire que pour maîtriser l'utilisation de ces systèmes, la CFAO requiert des compétences informatiques.

La prise en main et le poids du scanner doivent être pris en compte. Son accès en bouche doit être aisé sans contorsion ou position inconfortable de l'opérateur. Il convient alors d'essayer le scanner dans des conditions d'utilisation avant son achat (autrement que debout, en scannant un moulage en position assise par exemple).

La décontamination, la stérilisation et l'entretien et le coût de remplacement des embouts intra-buccaux sont également à considérer.

IV.2.2.1.3 Les systèmes d'empreinte optique intégrés à l'unit

Certains modèles de caméras sont installés directement au fauteuil avec les portes instruments rotatifs. C'est le cas des systèmes suivants (111)(112) :

- Trios (Trios Chair Integration)
- Planmeca (Planmeca Planscan®).

Cette configuration est très séduisante mais doit en général être prévue lors de l'achat du fauteuil pour avoir la place de l'y intégrer.

Une attention particulière doit également être portée au câble de la caméra lorsqu'il est dans une position de fouet pouvant à termes l'endommager (108).

IV.2.2.1.3 Les accessoires disponibles pour scannage intra-oral

Quelques accessoires peuvent faciliter la prise d'empreinte. Nous pouvons citer (113):

- Des écarteurs de lèvres (écarteurs photo ou Optragate®),

- Des écarteurs intra-buccaux de couleur noire qui maintiennent la joue et la langue et évitent des reflets pouvant « éblouir » la caméra, exemple : écarteur Capodent® Figures 10,11.

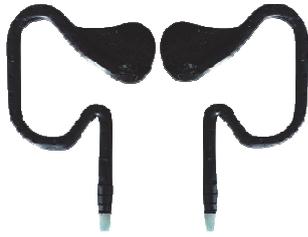


Figure 10 : Paire d'écarteurs gauche et droit Capodent®



Figure 11 : Ecarteur Capodent en place secteur 3 dégageant la joue et la langue du champ de la caméra

- Des gants de couleur noire. Ceux-ci sont préférables pour la même raison que celle citée ci-dessus pour les écarteurs.
- Des lunettes de réalité augmentée connectées en Wifi à l'ordinateur. Celles-ci représentent une alternative très intéressante à un écran principal situé de façon inconfortable, dans le dos ou sur le côté du praticien. Un mini-écran de haute résolution est intégré dans les verres de vision. Le praticien peut alors réaliser l'empreinte sans quitter la zone de travail en ayant une posture confortable. Exemple des lunettes Si-OLED Moverio BT 40S de chez Epson, Figure 12 (7).



Figure 12 : Lunettes de réalité virtuelle BT-40S de chez Epson connectables en Wifi et sans fil sur batterie. Petits écrans de haute résolution matérialisés par les flèches rouges (7)

Configuration du système d'empreinte optique	Intégrés à un kart	Connectables à un ordinateur par le port USB	Intégrés à l'unité
Systèmes d'empreinte optique	<ul style="list-style-type: none"> • Lava TDS (3M) • Trios 3 Basic (3Shape) • Trios® 3 (3Shape) • Trios® 4 (3Shape) (kart : Trios® Move® +) • Cerec Omnicam® (Sirona) • Cerec Primescan® (Sirona) (kart : CEREC AC®) • IOS Aadva (GC™) • iTero Element 2 (Cadent / Align) (kart : iTero Element 5D) • Dental Wings (Dental Wings) 	<p>Filaires :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Carestream CS3500 (Carestream Dental) • Planmeca Emerald® S (Planmeca) Planmeca Emerald® (Planmeca) • iTero Element Flex scanner (Cadent / Align) • Trios 3 Basic (3Shape) • Trios® 3 (3Shape) <p>Sans fil :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trios 3® (3Shape) • Trios 4® (3Shape) 	<ul style="list-style-type: none"> • Trios Chair Integration (3Shape) • Planmeca Planscan® (Planmeca)
Accessoires pour scannage intra-oral	<ul style="list-style-type: none"> • Écarteurs de lèvres : écarteurs photo ou Optragate® 	<ul style="list-style-type: none"> • Ecarteurs noirs intra-buccaux : Capodent® • Gants noirs 	<ul style="list-style-type: none"> • Lunettes de réalité virtuelle connectées en wifi à l'ordinateur : Si-OLED Moverio BT 40S (Epson)

Tableau 21 : Récapitulatif des systèmes d'empreintes optiques cités sur le marché, des différentes configurations et accessoires disponibles lors de leur utilisation.

IV.2.2.2 Choix d'une interface pour le logiciel de CAO

La puissance du logiciel et de l'ordinateur détermine la rapidité de capture de la caméra. Aujourd'hui, le temps de numérisation est environ de deux minutes pour tous les systèmes. Les écarts de temps de numérisation observés entre différents modèles de caméras ne sont pas imputables au logiciel mais plutôt aux délais de corrélation du scanner : temps mis à reprendre la numérisation lorsque celle-ci a été perdue (6).

Un son particulier émis pendant la numérisation indique que celle-ci est de qualité. Cela permet à l'opérateur de s'assurer que la capture progresse correctement sans avoir à porter son regard sur l'écran.

Une utilisation simple et agréable est permise grâce à l'interface du logiciel utilisé. Celle-ci organise les différentes étapes de l'empreinte, de son traitement et de son envoi. Elle peut prendre plusieurs formes (6,108) :

- Trackpad, exemple : système CEREC Omnicam® (Sirona)
- Écran tactile, exemples : systèmes LAVA TDS (3M), Condor Scan (Biotech Dental), Trios (3Shape), iTero® element™ (ZFX Dental). Rappel : cet écran requiert d'être proche du bras de l'opérateur, ce qui n'est pas forcément évident dans des espaces de travail réduits.
- Souris : lorsque le scanner est relié à un ordinateur portable, le logiciel se commande par le trackpad ou pour certains modèles, directement par l'écran tactile. Cependant, il se révèle en général plus facile de prévoir un petit espace afin de connecter une souris qui facilite certaines opérations (109)(113).
- Tablette, exemple : système Planmeca FIT® : celle-ci s'affranchit de la distance (connexion Wifi), est plus facile d'entretien et peut se fixer sur l'unit pour un accès pratique.

Cas particulier : dans le système iTero® element™, comme cité précédemment, deux formats sont disponibles : une unité fixe iTero® element™ Flex et un scanner mobile iTero® element™ 2. L'utilisateur dispose, sur cette dernière version, de l'écran tactile mais l'originalité réside dans la pièce à main du système. En effet, celle-ci peut se transformer en manette de commande afin d'effectuer des déplacements des images sur l'écran. Une surface de cette manette peut également se transformer en trackpad. Néanmoins, cette configuration reste volumineuse et requiert l'apprentissage d'une gestuelle particulière pour maîtriser ces nouvelles fonctions (114).

IV.2.2.3 Choix d'une machine-outil à commande numérique

L'opérateur dispose aujourd'hui d'un large choix d'usineuses disponibles sur le marché. Souvent, celles-ci sont des maillons d'une chaîne de CFAO déjà montée. Elles sont adaptées à un système d'empreinte optique spécifique produit par la même société et en général connectables via un câble Ethernet par le biais d'un PC qui y est intégré (exemples : système CEREC, Carestream, Planmeca).

Elles peuvent également être indépendantes et laisser le choix à l'opérateur parmi plusieurs usineuses qui seraient éligibles à la connexion du logiciel de CAO utilisé (voir recommandations des fabricants) (108).

D'une taille réduite par rapport à celles utilisées dans les laboratoires de prothèse, il est tout de même recommandé de les installer dans une autre pièce que celle où se trouve le fauteuil car leur niveau sonore est élevé (113).

Remarque : comme cité précédemment (partie III.2.3.1), il existe aujourd'hui des imprimantes 3D (procédé de fabrication additive) dont nous disposons peu de recul clinique car d'apparition récente. Nous pouvons citer l'exemple d'une société française, Blued'IS qui a mis au point plusieurs modèles (sortis entre 2018 et 2021) dont l'un d'entre eux est spécifique à la *chair side* (115) :

L'imprimante 3D.D qui existe sous 3 formes :

- 3D.D Chairside autonome, qui trouve sa place au fauteuil avec une prise électrique,
- 3D.D Desktop connectée en USB et installée dans n'importe quelle pièce près d'un ordinateur,
- 3D.F Desktop qui a les mêmes caractéristiques que la précédente mais qui, contrairement aux deux autres formes, ne permet pas d'impression avec des dégradés de teinte Vita.

Les formats de fichiers .stl, .ply et .obj sont acceptés (flux numérique avec formats ouverts privilégié(s)). Un logiciel de pilotage : Fictor est fourni avec l'imprimante. Pour ce modèle, des blocs de résine composite particuliers sont utilisés pour la fabrication d'inlays-onlays : les blocs Temporis DD 1000, dont les teintes proposées sont A1, A2, A3, A3,5, B et N.

IV.3 Avantages de la CFAO directe pour la réalisation de restaurations partielles collées

IV.3.1 Gain de temps

Contrairement aux arguments commerciaux régulièrement mis en avant, le gain de temps apporté par la technique d'empreinte numérique par rapport à la technique classique ne réside pas dans l'empreinte numérique en elle-même. Celui-ci existe et demeure important dans la stratégie de l'empreinte numérique mais est d'avantage représenté par d'autres éléments (116) :

- Une disparition des manipulations pré-opératoires : essayage du ou des portes-empreintes (en fonction de l'étendue de la restauration), préparation du matériau, désinfection de l'empreinte, conditionnement et envoi au laboratoire
- Un simple clic permettant d'afficher l'empreinte sur le logiciel de modélisation (CAO)

Le gain de temps effectif se situe dans le nombre de séances requises pour réaliser une restauration partielle collée (116) :

- Une par CFAO directe (vocation de la « *chair-side* »)
- Contre 2 par la technique conventionnelle. Notons que le temps de réalisation de la restauration par CFAO directe est sensiblement égal au temps nécessaire à la temporisation lorsque le soin est réalisé en 2 séances : 1^{ère} séance : préparation + empreinte + réalisation d'une restauration de temporisation ; 2^{ème} séance : nouvelle anesthésie éventuelle, dépose de la restauration provisoire, nettoyage de la préparation et collage de la restauration.
De plus, la réalisation d'une restauration provisoire peut être chronophage, difficile et peu rétentive pour certains types de restaurations.

Dans ce modèle du rendez-vous « unique », pendant le temps d'usinage (et/ou du passage au four à céramique) de la pièce, le praticien peut choisir :

- Soit de réaliser un autre soin (restaurations multiples sur un même patient ou prise d'un patient en urgence),
- Soit d'effectuer des tâches administratives.

En optimisant son temps clinique avec cette organisation, il se montrera plus efficient et évitera des passages de « temps morts ».

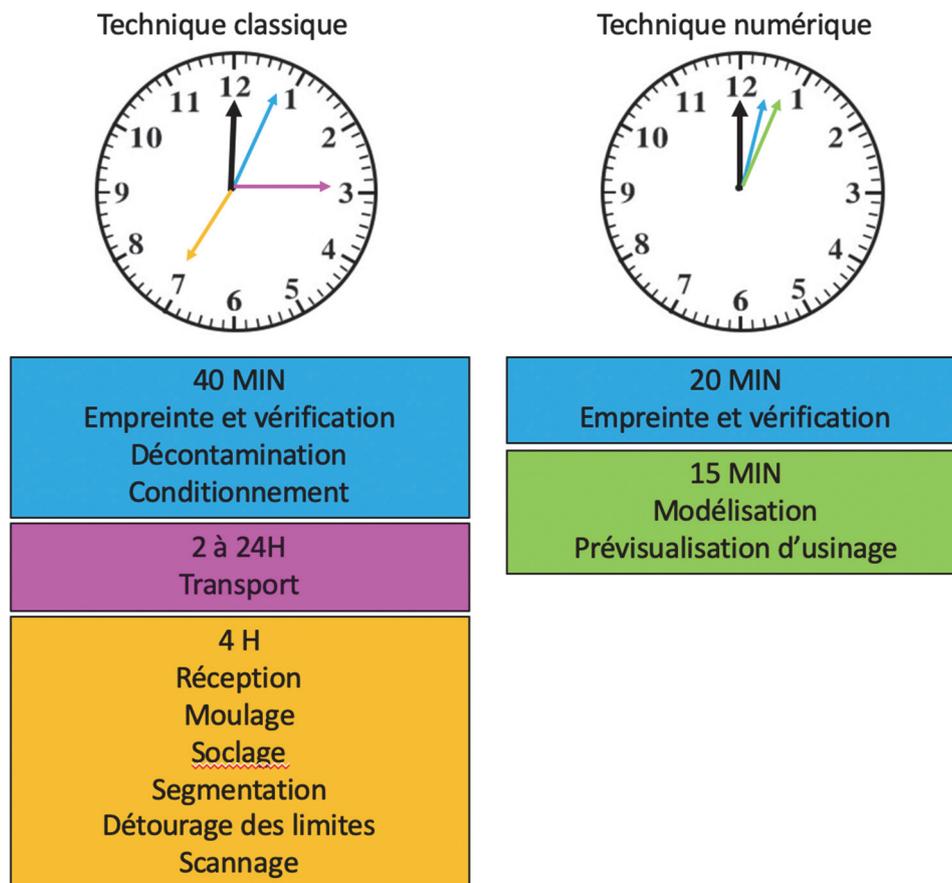


Figure 13 : Représentation schématique de l'important gain de temps entre les 2 techniques d'empreinte pour l'arrivée au stade de conception, le gain en précision l'est également.

IV.3.2 Diminution des sensibilités post-opératoires

L'assemblage de la pièce prothétique dans la séance permet de s'affranchir de la réalisation d'une restauration de temporisation et donc de l'agression de l'organe dentino-pulpaire.

Dans certains cas, l'empreinte optique peut être prise digne en place et laissée jusqu'à l'étape d'assemblage pour simplifier le flux de travail.

IV.3.3 Disparition du stockage des moulages

Dans la CFAO directe, les moulages sont disponibles à la consultation sous forme numérique. Dans la plupart des cas, ils ne sont pas fabriqués (pour des restaurations complexes, un articulateur virtuel peut être modélisé si besoin avec le système CEREC®). Une optimisation des espaces de stockage du cabinet est donc permise.

IV.3.4 Efficacité économique

L'efficacité économique de l'empreinte numérique dans la pratique courante a été mise en évidence par des audits financiers réalisés dans plusieurs cabinets dentaires (117,118).

La rentabilité de ce type d'investissement est également complétée par des bénéfices au niveau de l'image du cabinet et de la communication avec le patient. Les patients sont sensibles aux efforts de modernisation des cabinets. Cette communication peut avoir valeur de motivation. Le patient visualisera plus facilement ses problèmes de malpositions, délabrements et état gingival sur l'écran, après modélisation de ces arcades, que sur une radiographie panoramique. L'empreinte optique peut également être incluse dans la première consultation du patient. La présentation et l'acceptation du plan de traitement s'en trouvent souvent facilitées (6).

IV.4 Limites de la CFAO directe pour la réalisation de restaurations partielles collées

IV.4.1 Une coopération du patient mise à l'épreuve

Une bonne coopération du patient est nécessaire pour la mise en place d'une « longue » séance unique de traitement. La durée de l'effet analgésiant de l'anesthésie doit également être pris en compte. Une nouvelle anesthésie précédant les étapes de collage de la pièce peut être nécessaire (25). Ceci peut être un aspect contraignant pour certains patients qui redoutent « la piqûre ».

IV.4.2 Un frein à l'utilisation du système : son coût

L'investissement dans une chaîne numérique complète peut être perçu comme un frein pour certains praticiens. L'acquisition d'un système de CFAO directe a un coût important et un impact. Leur importance peut aller jusqu'à plus de 100 000 € pour un système complet permettant l'empreinte, la conception et l'usinage au cabinet dentaire (environ 15 000 € pour un caméra seule connectable en usb) (117,118). C'est un investissement qui doit être planifié en fonction du profil comptable du praticien.

Le praticien doit se tenir au courant des coûts de maintenance logicielle, des mises à jour de licences d'utilisation. Attention à l'oubli de la maintenance annuelle qui rendrait le système inutilisable en cas d'abonnement.

L'utilisation mutualisée du matériel par plusieurs praticiens d'un même cabinet est donc favorable pour réunir un plateau technique de qualité par rapport à celle d'une pratique individuelle.

IV.4.3 Les alternatives d'une organisation selon le modèle du « rendez-vous » unique

Dans certaines situations, par exemple lorsque les temps d'usinage et de caractérisation sont importants, deux autres organisations cliniques sont possibles :

- Le « *same day* » ou même jour : le patient vient le matin à son premier rendez-vous de soins pré-opératoires et d'empreinte. L'équipe réalise les restaurations l'après-midi. Le patient revient ensuite dans l'après-midi pour l'assemblage et la fin de ses soins. Le temps passé au cabinet dans la même journée peut alors paraître long pour le patient.
- Le « *next week* » ou semaine suivante : le patient revient la semaine suivante pour la mise en place de la pièce. Cette organisation est nécessaire lorsque les temps de réalisation de la pièce sont incompatibles avec une journée de cabinet. Les inconvénients d'une technique de réalisation conventionnelle en 2 séances revoient alors le jour avec cette organisation : temps de réalisation d'une restauration provisoire qui peut être difficile, risques de sensibilités post-opératoires etc...

IV.5 Les données de l'industrie

Il est difficile d'obtenir des données statistiques exactes sur les équipements en matériel de CFAO des cabinets dentaires en France. Ces données statistiques pourraient pourtant donner l'évolution des cabinets et indirectement du niveau de formation des praticiens.

Il faut néanmoins remercier monsieur Stéphane Sarrazin directeur régional PACA de la société Henri Schein qui a bien voulu nous communiquer les statistiques de sa société au niveau national. Celle-ci commercialisant un système de CFAO (*chair-side*) : le système CEREC. Les chiffres sont issus d'une estimation sur la base clients existante et des différentes informations fournies par le marché. Sur la base des données 2020, 1400 cabinets sont équipés d'un système *chair-side* Cerec et suivant les données du marché (sources non vérifiées) 150 cabinets sont équipés de systèmes *chair-side* non Cerec.

Au total 1550 cabinets sont équipés soit environ 3,5 % des cabinets. Ce chiffre apparaît peu important alors que la barre des 15% de cabinets équipés a été atteinte dans les autres pays d'Europe (données non vérifiées)

Des données issues de la Caisse d'Assurance Maladie (données non vérifiées) font état pour l'année 2020 d'une augmentation sensible des RCP depuis la modification de la nomenclature. Actuellement les praticiens équipés réaliseraient une moyenne de 10 RCP par mois sur 11 mois soit environ 170 500 éléments par an en technique directe. Trente mille éléments seraient réalisés par an en technique indirecte.

V. Conclusion

Le flux numérique dans lequel s'inscrit la CFAO directe pour la réalisation de restaurations partielles collées apporte des performances perçues autant par le praticien que le patient : rapidité d'exécution, confort et précision de réalisation. Ce flux numérique s'avère incontournable dans un cabinet dentaire moderne.

La CFAO directe dans ces réalisations fait également office de facteur de progrès pour le praticien. La visualisation de ses préparations grâce au logiciel de CAO l'amène à y porter une analyse critique pour améliorer son travail.

Les systèmes présents aujourd'hui sur le marché existent sous plusieurs formes avec différentes interfaces. D'un point de vue ergonomique, les caméras indépendantes semblent plus attrayantes que les systèmes sous forme de karts. En effet, celles-ci ont l'avantage, en plus de leur mobilité, de pouvoir s'intégrer dans un espace de travail réduit. Pour les karts, le tout-en-un peut être également un obstacle lors du changement ou de l'évolution de l'un des composants du système en revanche il améliore la circulation de l'unité de prise d'empreinte dans un cabinet multi postes de travail.

Des accessoires sont disponibles pour une meilleure organisation de l'espace de travail (écarteurs, lunettes de réalité virtuelle...). En prenant en compte les critères propres à son cabinet (surface disponible, travail en association, profil comptable) et grâce à la multitude d'outils sur le marché à ce jour, le praticien peut organiser son environnement de travail de façon la plus ergonomique possible pour la réalisation de ce type de restaurations. L'organisation clinique qui en découle est tout aussi importante (plusieurs schémas existent, leur choix est au bon vouloir du praticien en fonction de ses préférences et de ses habitudes cliniques).

La CFAO directe pour la réalisation de restaurations partielles collées présente aussi des limites qui doivent être appréhendées mais restent aujourd'hui largement supplantées par ses bénéfices d'un point de vue ergonomique. Le praticien peut fabriquer ces pièces de façon régulière et indépendante, tout en améliorant sa productivité. Une des conséquences directes pour nos patients est l'amélioration de la qualité des restaurations tout en abaissant le coût de revient. Par exemple, un bloc CEREC Vitablocs Mark II coûte environ 20 € l'unité contre 75 € pour un onlay céramique fabriqué chez un prothésiste, exemple donné par le laboratoire Axel Dentaire à Paris. Si la réduction de ce coût est répercutée sur les plans de traitement, il en résulte une amélioration des traitements de nos patients.

Une courbe d'apprentissage non négligeable de ce système est certes nécessaire, les technologies ne cessant d'évoluer. L'évolution est favorable car de plus en plus de cabinets sont équipés par ces technologies.

Liste des figures

Figure 1 : Arbre décisionnel pouvant être adopté avant la réalisation de restaurations indirectes.

Figure 2 : Différentes stratégies de traitement répondant aux objectifs de reproduction tissulaire (1).

Figure 3 : Critères histo-anatomiques de réduction cuspidienne d'après Panaghiotis Bazos (2,3).

Figure 4 : Illustration des 3 limites de préparations réalisables pour onlays et overlays selon Ferraris (4).

Figure 5 : Principe de la microscopie confocale (5).

Figure 6 : Situation d'empreinte optique avec utilisation d'un kart contraignant le praticien à un contorsion inconfortable.

Figure 7 : Placement d'un écran secondaire dans l'axe de vision de l'opérateur.

Figure 8 : Repérage de l'emplacement du port VGA ou HDMI sur l'ordinateur sur lequel est raccordée la caméra en USB permettant d'y connecter 1 ou 2 écrans.

Figure 9 : Exemple de configuration de travail : scanner Trios 3 Basic connecté en USB à l'ordinateur, écran d'origine de l'ordinateur ou écran secondaire connecté via câble HDMI à la carte graphique de l'ordinateur, tablette connectée en Wifi à l'ordinateur servant d'interface grâce au logiciel de recopie d'écran Splashtop® (6).

Figure 10 : Paire d'écarteurs gauche et droit Capodent®.

Figure 11 : Ecarteur Capodent en place secteur 3 dégageant la joue et la langue du champ de la caméra.

Figure 12 : Lunettes de réalité virtuelle BT-40S de chez Epson connectables en Wifi et sans fil sur batterie. Petits écrans de haute résolution matérialisés par les flèches rouges (7).

Figure 13 : Représentation schématique de l'important gain de temps entre les 2 techniques d'empreinte pour l'arrivée au stade de conception, le gain en précision l'est également

Liste des tableaux

Tableau 1 : Indications des inlays-onlays en fonction de différents facteurs et impératifs (8)(9).

Tableau 2 : Comparaison des indications de couronnes ou de restaurations partielles collées en fonction des facteurs généraux (10).

Tableau 3 : Rapport bénéfice/risque de chaque solution thérapeutique : RCP ou couronne (11,12).

Tableau 4 : Cotation des inlays-onlays en 2007 avec libellé, base de remboursement, dépassement moyen par acte et coût total moyen par acte (8).

Tableau 5 : Panier, base de remboursement (en euros), plafond (en euros) et code CCAM pour inlays-onlays en céramique ou alliage précieux ou en composite ou alliage non précieux (quelle que soit la dent postérieure : prémolaires ou molaires) depuis le 1^{er} janvier 2021 (13)(14).

Tableau 6 : Critères de choix d'une céramique pour la réalisation d'une RCP (15)(16)(17).

Tableau 7 : Critères de choix d'un matériau composite pour la réalisation d'une RCP (17).

Tableau 8 : Facteurs biologiques, fonctionnels, techniques et esthétiques orientant le choix vers une restauration partielle collée en composite ou en céramique.

Tableau 9 : Avantages et limites de l'hybridation dentinaire.

Tableau 10 : Avantages et inconvénients relatifs à l'utilisation d'une RCP massive dans le cas d'une perte de substance importante et profonde (1).

Tableau 11 : Avantages et inconvénients relatifs à l'utilisation d'une RCP associée à un substitut dentinaire (1).

Tableau 12 : Design et indications des différentes limites de préparation pour restaurations indirectes collées en postérieur selon Ferraris (4).

Tableau 13 : Avantages des composites de restauration utilisés pour l'assemblage d'inlays-onlays (18)(19).

Tableau 14 : Les différentes CFAO (20).

Tableau 15 : Exemples de scanners intra-buccaux associés à leur technologie de prise d'empreinte optique (21)(22).

Tableau 16 : Fichiers exportés selon les scanners (6).

Tableau 17 : Récapitulatif des céramiques vitreuses usinables : Vitablocs®, Empress® CAD (Ivoclar Vivadent), e.max® CAD, Suprinity® PC – Celtra Duo : mise en œuvre, structure, traitement de surface et propriétés mécaniques (23)

Tableau 18 : Les vitrocéramiques accessibles par usinage pour inlays-onlays (17).

Tableau 19 : Lava™ Ultimate : mise en œuvre, structure, traitement de surface et propriétés mécaniques (23).

Tableau 20 : Enamic® : mise en œuvre, structure, traitement de surface et propriétés mécaniques (23).

Tableau 21 : Récapitulatif des systèmes d’empreintes optiques cités sur le marché, des différentes configurations et accessoires disponibles lors de leur utilisation.

Liste des abréviations

RCP : Restauration Partielle Collée

CFAO : Conception Fabrication Assistée par Ordinateur

HAS : Haute Autorité de Santé

RCIP : Réseau de Céramique Infiltré de Polymères

TEGMA : Triethylene Glycol Monomethacrylate

Bis-GMA : Bisphenol A Glycidyl Methacrylate

UDMA : Urethane Dimethacrylate

E : différentiel de module d'élasticité entre 2 matériaux

CVIMAR : Ciment Verre Ionomère Modifié par Addition de Résine

IDS: Immediate Dentin Sealing

MTA: Mineral Trioxide Agreggate

CAO : Conception Assistée par Ordinateur

FAO : Fabrication Assistée par Ordinateur

CDD : Charged Coupled Device ou Dispositif de Transfert de Charges

LED: light Emitting Diode

Références bibliographiques

1. Decup F, Gaucher C. Approche bioconservatrice des tissus pour les restaurations indirectes. In: Decup F, éditeur. Inlay Onlay Overlay. L'information dentaire. Paris, France: ID presse édition média; p. 17-24. (Essentiel).
2. Bazos P, Magne P. Bio-Emulation: biomimetically emulating nature utilizing a histoanatomic approach; visual synthesis. *Int J Esthet Dent*. 2014;9(3):330-52.
3. Krifka S, Stangl M, Wiesbauer S, Hiller KA, Schmalz G, Federlin M. Influence of different cusp coverage methods for the extension of ceramic inlays on marginal integrity and enamel crack formation in vitro. *Clin Oral Investig*. sept 2009;13(3):333-41.
4. Ferraris F. Posterior indirect adhesive restorations (PIAR): preparation designs and adhesthetics clinical protocol. *Int J Esthet Dent*. 2017;12(4):482-502.
5. Cochard P. La microscopie confocale [Internet]. Université Paul Sabatier; 2014 p. 13. Disponible sur: <https://trigenotoul.com/wp-content/uploads/2014/09/Confocal-cours.pdf>
6. Duminil G, éditeur. Empreinte optique et flux numériques : plus qu'une évolution, une révolution. In: La dentisterie numérique. ID, presse, édition, média. Paris, France; 2021. p. 34-59.
7. EPSON. Discover a wolrd of opportunities [Internet]. 03/22. (Moverio smart glasses range). Report No.: A12761. Disponible sur: https://epsonemear.a.bigcontent.io/v1/static/a12761-brochure-lores-en-int-moverio_smart_glasses_range
8. Bodin T, Poullie AI, Tuil LA. Reconstitution d'une dent par matériau incrusté (inlay-onlay), rapport d'évaluation technologique [Internet]. HAS; 2009 juill. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2009-10/rapport_inlay_onlay.pdf
9. Koubi S., Aboudharam G., Brouillet J.-L. Inlays/onlays en résine composite : évolution des concepts. EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), Odontologie, 23-136-A-10, 2006, Médecine buccale, 28-725-M-10, 2008.
10. Bukiet F, Tirlet G, Lasfargues JJ. Les restaurations partielles collées sur dents dépulpées Intérêts et ... L'information Dentaire. 25 oct 2000;(36).
11. McLean A. Predictably restoring endodontically treated teeth. *J Can Dent Assoc*. déc 1998;64(11):782-7.
12. Carvalho MA de, Lazari PC, Gresnigt M, Del Bel Cury AA, Magne P. Current options concerning the endodontically-treated teeth restoration with the adhesive approach. *Braz Oral Res*. 18 oct 2018;32(suppl 1):e74.

13. République Française. Arrêté du 20 août 2018 portant approbation de la convention nationale organisant les rapports entre les chirurgiens-dentistes libéraux et l'assurance maladie - Légifrance. Journal officiel « Lois et Décrets » [Internet]. 25 août 2018; Disponible sur: https://www.legifrance.gouv.fr/loda/article_lc/LEGIARTI000037341724/
14. L'Assurance Maladie. Aide à la codification des actes prothétiques - inlay - onlay [Internet]. ameli.fr pour les chirurgiens-dentistes. [cité 2 mai 2022]. Disponible sur: <https://www.ameli.fr/var/chirurgien-dentiste/aide-la-codification-des-actes-prothetiques/inlay-onlay>
15. Zhao K, Pan Y, Guess PC, Zhang XP, Swain MV. Influence of veneer application on fracture behavior of lithium-disilicate-based ceramic crowns. Dent Mater. juin 2012;28(6):653-60.
16. Zhao K, Wei YR, Pan Y, Zhang XP, Swain MV, Guess PC. Influence of veneer and cyclic loading on failure behavior of lithium disilicate glass-ceramic molar crowns. Dent Mater. févr 2014;30(2):164-71.
17. Hélène Fron Chabouis, Moussaly C, Attal JP. Restauration partielle indirecte : composite ou céramique ? In: Decup F, éditeur. Inlay, onlay, overlay. Information Dentaire. Paris, France: ID presse édition média; 2020. (Essentiel).
18. Magne P. Immediate dentin sealing: a fundamental procedure for indirect bonded restorations. J Esthet Restor Dent. 2005;17(3):144-54; discussion 155.
19. Gerdolle D, Lorch F. Préparation et collage des inlays/onlays : concepts cliniques actuels. 2010;(31):75-83.
20. FAGES M. CFAO et prothèse fixée. In: Walter B, éditeur. Prothèse fixée - Approche clinique. CdP. Malakoff, France: ID, presse, édition, média; 2016. p. 153-74. (JPIO).
21. Richard AM. L'empreinte optique intra-buccale et ses applications dans les différentes disciplines en odontologie [Internet] [Thèse d'exercice]. [France]: Université Bretagne Loire; 2016 [cité 2 juin 2022]. Disponible sur: <https://ecm.univ-rennes1.fr/nuxeo/site/esupversions/2bd75e69-7f88-4402-bd78-23226b7a89ca>
22. Maillard A. Acquisition numérique, CFAO dentaire: origines, évolutions et perspectives [Thèse d'exercice]. [France]: Université Paul Sabatier (Toulouse). Faculté de chirurgie dentaire; 2018.
23. Bruno Jacquot, Bonnafous D, Gerdolle D. Matériaux de restauration en prothèse fixée, clinique et assemblage. In: Walter B, éditeur. Prothèse fixée - Approche clinique. CdP. Malakoff, France: ID, presse, édition, média; 2016. p. 175-92. (JPIO).
24. Meyenberg - The ideal restoration of endodontically treated .pdf [Internet]. [cité 4 mars 2022]. Disponible sur: http://eaed.org/wp-content/uploads/2016/08/ejed_2013_02_s0238.pdf

25. Sastre T. Fabriquer sa prothèse au cabinet : la CFAO directe (chairside). In: Moussally C, éditeur. La dentisterie numérique. ID, presse, édition, média. Paris, France; 2021. p. 60-86.
26. Les différents matériaux utilisés dans la CFAO dentaire [Internet]. Kreos Dental. [cité 24 mai 2022]. Disponible sur: <https://www.kreos-dental.fr/guide/cfao-dentaire/les-differents-materiaux-utilisees-dans-la-cfao-dentaire/>
27. Dahan L, Raux F. Pourquoi et quand faire un inlay-onlay? L'Information Dentaire. 6 oct 2010;(34):1-7.
28. G L, Le Goff A. Classification des lésions carieuses [Internet]. Université de Paris; 2020 sept. Report No.: UE7 EC2. Disponible sur: <https://cdn.website-editor.net/50befd41f5384db9b59f3b7296cd351f/files/uploaded/Cario.pdf>
29. rapport_inlay_onlay.pdf [Internet]. [cité 1 mars 2022]. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2009-10/rapport_inlay_onlay.pdf
30. Lasfargues JJ. Restaurations conservatrices des dents dépulpées. Réalité Clinique. 15 sept 2020;(3):211-21.
31. Direction de la sécurité sociale, travail S direction de l'accès aux soins des prestations familiales et des accidents du, Bureau de l'accès aux soins et des prestations de santé. Bulletin officiel Santé - Protection sociale [Internet]. 2021 juin. Report No.: 2021/11. Disponible sur: https://www.complementaire-sante-solidaire.gouv.fr/fichier-utilisateur/fichiers/Note%20d%27information%20100%25%20sant%C3%A9_C2S%20-%20BO.pdf
32. République Française. ANNEXE - Le règlement arbitral - En pratique [Internet]. Disponible sur: https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/annexe_-_le_reglement_arbitral_en_pratique.pdf
33. Denry I, Holloway JA. Ceramics for Dental Applications: A Review. Materials (Basel). 11 janv 2010;3(1):351-68.
34. Fron Chabouis H, Smail Faugeron V, Attal JP. Clinical efficacy of composite versus ceramic inlays and onlays: A systematic review. Dental Materials. 1 déc 2013;29(12):1209-18.
35. Lovell LG, Newman SM, Bowman CN. The effects of light intensity, temperature, and comonomer composition on the polymerization behavior of dimethacrylate dental resins. J Dent Res. août 1999;78(8):1469-76.
36. Bausch JR, de Lange C, Davidson CL. The influence of temperature on some physical properties of dental composites. J Oral Rehabil. juin 1981;8(4):309-17.
37. Knobloch LA, Kerby RE, Seghi R, van Putten M. Two-body wear resistance and degree of conversion of laboratory-processed composite materials. Int J Prosthodont. oct 1999;12(5):432-8.

38. Nguyen JF, Migonney V, Ruse ND, Sadoun M. Resin composite blocks via high-pressure high-temperature polymerization. *Dental Materials*. 1 mai 2012;28(5):529-34.
39. Kurbad A, Kurbad S. A new, hybrid material for minimally invasive restorations in clinical use. *Int J Comput Dent*. 2013;16(1):69-79.
40. Péhau J. Le bisphénol-A: conséquences sur la santé générale et bucco-dentaire attitudes des chirurgiens-dentistes [Internet] [Thèse d'exercice]. [2014-...., France]: Université de Bordeaux; 2017 [cité 2 juin 2022]. Disponible sur: <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01806368>
41. Magne P, Knezevic A. Simulated fatigue resistance of composite resin versus porcelain CAD/CAM overlay restorations on endodontically treated molars. *Quintessence Int*. févr 2009;40(2):125-33.
42. Magne P, Knezevic A. Influence of overlay restorative materials and load cusps on the fatigue resistance of endodontically treated molars. *Quintessence Int*. oct 2009;40(9):729-37.
43. Abduo J, Sambrook RJ. Longevity of ceramic onlays: A systematic review. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2018;30(3):193-215.
44. Quinn GD, Giuseppetti AA, Hoffman KH. Chipping fracture resistance of dental CAD/CAM restorative materials: part I, procedures and results. *Dent Mater*. mai 2014;30(5):e99-111.
45. Kelly JR. Clinically relevant approach to failure testing of all-ceramic restorations. *J Prosthet Dent*. juin 1999;81(6):652-61.
46. Schlichting LH, Maia HP, Baratieri LN, Magne P. Novel-design ultra-thin CAD/CAM composite resin and ceramic occlusal veneers for the treatment of severe dental erosion. *J Prosthet Dent*. avr 2011;105(4):217-26.
47. Mörmann WH, Stawarczyk B, Ender A, Sener B, Attin T, Mehl A. Wear characteristics of current aesthetic dental restorative CAD/CAM materials: Two-body wear, gloss retention, roughness and Martens hardness. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*. 1 avr 2013;20:113-25.
48. Stawarczyk B, Liebermann A, Eichberger M, Güth JF. Evaluation of mechanical and optical behavior of current esthetic dental restorative CAD/CAM composites. *J Mech Behav Biomed Mater*. mars 2015;55:1-11.
49. Edelhoff D, Beuer F, Schweiger J, Brix O, Stimmelmayer M, Guth JF. CAD/CAM-generated high-density polymer restorations for the pretreatment of complex cases: a case report. *Quintessence Int*. juin 2012;43(6):457-67.

50. Rocca GT, Bonnafous F, Rizcalla N, Krejci I. A technique to improve the esthetic aspects of CAD/CAM composite resin restorations. *J Prosthet Dent.* oct 2010;104(4):273-5.
51. Fron Chabouis H, Prot C, Fonteneau C, Nasr K, Chabreron O, Cazier S, et al. Efficacy of composite versus ceramic inlays and onlays: study protocol for the CECOIA randomized controlled trial. *Trials.* 3 sept 2013;14(1):278.
52. Attal JP, Vennat E, Le Goff S, Fron Chabouis H. Importance de l'approche biomécanique des tissus dentaires lors de la réalisation des préparations pour inlays/onlays/overlays. In: Decup F, éditeur. *Inlay Onlay Overlay. L'information dentaire.* Paris, France: ID presse édition média; p. 25-31. (Essentiel).
53. Magnien C. Utilisation clinique des ciments verres ionomères de haute viscosité imprégnés et protégés [Internet] [Thèse d'exercice]. [2012-2020, France]: Aix-Marseille Université. Faculté d'Odontologie; 2020 [cité 2 juin 2022]. Disponible sur: <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03179661>
54. Mickenautsch S. How well are GIC product labels related to current systematic review evidence? *Dent Update.* nov 2011;38(9):634-8, 641-2, 644.
55. Rajasekharan S, Martens LC, Cauwels RGEC, Verbeeck RMH. Biodentine™ material characteristics and clinical applications: a review of the literature. *Eur Arch Paediatr Dent.* juin 2014;15(3):147-58.
56. Raskin A, Eschrich G, Dejou J, About I. In vitro microleakage of Biodentine as a dentin substitute compared to Fuji II LC in cervical lining restorations. *J Adhes Dent.* déc 2012;14(6):535-42.
57. Leiendecker AP, Qi YP, Sawyer AN, Niu LN, Agee KA, Loushine RJ, et al. Effects of calcium silicate-based materials on collagen matrix integrity of mineralized dentin. *J Endod.* juin 2012;38(6):829-33.
58. Sawyer AN, Nikonov SY, Pancio AK, Niu L na, Agee KA, Loushine RJ, et al. Effects of calcium silicate-based materials on the flexural properties of dentin. *J Endod.* mai 2012;38(5):680-3.
59. Tran XV, Gorin C, Willig C, Baroukh B, Pellat B, Decup F, et al. Effect of a calcium-silicate-based restorative cement on pulp repair. *J Dent Res.* déc 2012;91(12):1166-71.
60. Nowicka A, Lipski M, Parafiniuk M, Sporniak-Tutak K, Lichota D, Kosierkiewicz A, et al. Response of human dental pulp capped with biodentine and mineral trioxide aggregate. *J Endod.* juin 2013;39(6):743-7.
61. Takahashi H, Finger WJ, Endo T, Kanehira M, Koottathape N, Komatsu M, et al. Comparative evaluation of mechanical characteristics of nanofiller containing resin composites. *Am J Dent.* oct 2011;24(5):264-70.

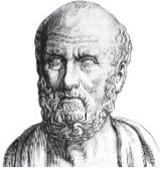
62. Van Ende A, De Munck J, Lise DP, Van Meerbeek B. Bulk-Fill Composites: A Review of the Current Literature. *J Adhes Dent.* 2017;19(2):95-109.
63. Alshali RZ, Silikas N, Satterthwaite JD. Degree of conversion of bulk-fill compared to conventional resin-composites at two time intervals. *Dent Mater.* sept 2013;29(9):e213-217.
64. Leprince JG, Palin WM, Vanacker J, Sabbagh J, Devaux J, Leloup G. Physico-mechanical characteristics of commercially available bulk-fill composites. *J Dent.* août 2014;42(8):993-1000.
65. Bertschinger C, Paul SJ, Lüthy H, Schärer P. Dual application of dentin bonding agents: effect on bond strength. *Am J Dent.* juin 1996;9(3):115-9.
66. Magne P, Kim TH, Cascione D, Donovan TE. Immediate dentin sealing improves bond strength of indirect restorations. *J Prosthet Dent.* déc 2005;94(6):511-9.
67. Cox CF, Hafez AA, Akimoto N, Otsuki M, Mills JC. Biological basis for clinical success: pulp protection and the tooth-restoration interface. *Pract Periodontics Aesthet Dent.* sept 1999;11(7):819-26; quiz 827.
68. Gerdolle D, Drossart M, Panaghiotis B. Evolution des formes de préparation pour inlays/onlays postérieurs au maxillaire. In: Decup F, éditeur. *Inlays Onlays Overlays. L'information dentaire.* Paris, France: ID presse édition média; 2020. p. 43-52. (Essentiel).
69. Dietschi D, Spreafico R. Current clinical concepts for adhesive cementation of tooth-colored posterior restorations. *Pract Periodontics Aesthet Dent.* févr 1998;10(1):47-54; quiz 56.
70. Dietschi D, Spreafico R. Evidence-based concepts and procedures for bonded inlays and onlays. Part I. Historical perspectives and clinical rationale for a biosubstitutive approach. *Int J Esthet Dent.* 2015;10(2):210-27.
71. Magne P, Sprea RC. Deep Margin Elevation: A Paradigm Shift. *The american journal of esthetic dentistry.* 2012;11.
72. Milicich G, Rainey JT. Clinical presentations of stress distribution in teeth and the significance in operative dentistry. *Pract Periodontics Aesthet Dent.* sept 2000;12(7):695-700; quiz 702.
73. Ménard A, Lastrade A, Contrefois M, d'Incau E. Evolution des formes de préparation pour inlays, onlays et overlays postérieurs à la mandibule. In: Decup F, éditeur. *Inlays Onlays Overlays. L'information dentaire.* Paris, France: ID presse édition média; 2020. p. 53-64. (Essentiel).
74. Rocca GT, Rizcalla N, Krejci I, Dietschi D. Evidence-based concepts and procedures for bonded inlays and onlays. Part II. Updated guidelines for cavity preparation and restoration fabrication. *Clinical research.* 2015;10(3):22.

75. Politano G, Fabianelli A, Papacchini F, Cerutti A. The use of bonded partial ceramic restorations to recover heavily compromised teeth. *Int J Esthet Dent.* Autumn 2016;11(3):314-36.
76. Veneziani M. Posterior indirect adhesive restorations: updated indications and the Morphology Driven Preparation Technique. *Int J Esthet Dent.* 2017;12(2):204-30.
77. Krifka S, Anthofer T, Fritzsich M, Hiller KA, Schmalz G, Federlin M. Ceramic inlays and partial ceramic crowns: influence of remaining cusp wall thickness on the marginal integrity and enamel crack formation in vitro. *Oper Dent.* févr 2009;34(1):32-42.
78. Atlan A. Fracture par fatigue des éléments prothétiques. *L'Information Dentaire.* 15 mars 2017;(1).
79. Chen C, Trindade FZ, de Jager N, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. The fracture resistance of a CAD/CAM Resin Nano Ceramic (RNC) and a CAD ceramic at different thicknesses. *Dent Mater.* sept 2014;30(9):954-62.
80. Magne P, Schlichting LH, Maia HP, Baratieri LN. In vitro fatigue resistance of CAD/CAM composite resin and ceramic posterior occlusal veneers. *J Prosthet Dent.* sept 2010;104(3):149-57.
81. Heck K, Paterno H, Lederer A, Litzenburger F, Hickel R, Kunzelmann KH. Fatigue resistance of ultrathin CAD/CAM ceramic and nanoceramic composite occlusal veneers. *Dent Mater.* oct 2019;35(10):1370-7.
82. Ona M, Watanabe C, Igarashi Y, Wakabayashi N. Influence of preparation design on failure risks of ceramic inlays: a finite element analysis. *J Adhes Dent.* août 2011;13(4):367-73.
83. Holberg C, Winterhalder P, Wichelhaus A, Hickel R, Huth K. Fracture risk of lithium-disilicate ceramic inlays: A finite element analysis. *Dental Materials.* 1 déc 2013;29(12):1244-50.
84. Bitter K, Meyer-Lueckel H, Fotiadis N, Blunck U, Neumann K, Kielbassa AM, et al. Influence of endodontic treatment, post insertion, and ceramic restoration on the fracture resistance of maxillary premolars. *Int Endod J.* juin 2010;43(6):469-77.
85. Politano G, Van Meerbeek B, Peumans M. Nonretentive Bonded Ceramic Partial Crowns: Concept and Simplified Protocol for Long-lasting Dental Restorations. *J Adhes Dent.* 2018;20(6):495-510.
86. Giannini M, Soares CJ, de Carvalho RM. Ultimate tensile strength of tooth structures. *Dental Materials.* 1 mai 2004;20(4):322-9.
87. Clelland NL, Ramirez A, Katsube N, Seghi RR. Influence of bond quality on failure load of leucite- and lithia disilicate-based ceramics. *J Prosthet Dent.* janv 2007;97(1):18-24.

88. Cheron R, Atlan A. Assemblage des restaurations indirectes. In: Decup F, éditeur. Inlays Onlays Overlays. L'information dentaire. Paris, France: ID presse édition média; 2020. p. 75-83. (Essentiel).
89. Besnault C, Coudray L, Attal JP. Inlays composites scellés au ciment verre ionomère modifié par addition de résine. L'information Dentaire. 1 janv 2000;3309.
90. Thordrup M, Isidor F, Hörsted-Bindslev P. A prospective clinical study of indirect and direct composite and ceramic inlays: ten-year results. Quintessence Int. févr 2006;37(2):139-44.
91. Frankenberger R, Taschner M, Garcia-Godoy F, Petschelt A, Krämer N. Leucite-reinforced glass ceramic inlays and onlays after 12 years. J Adhes Dent. oct 2008;10(5):393-8.
92. Huth KC, Chen HY, Mehl A, Hickel R, Manhart J. Clinical study of indirect composite resin inlays in posterior stress-bearing cavities placed by dental students: results after 4 years. J Dent. juill 2011;39(7):478-88.
93. Tauböck TT, Bortolotto T, Buchalla W, Attin T, Krejci I. Influence of light-curing protocols on polymerization shrinkage and shrinkage force of a dual-cured core build-up resin composite. Eur J Oral Sci. août 2010;118(4):423-9.
94. Pennard J, éditeur. L'histoire de la CFAO. In: La dentisterie numérique. ID, presse, édition, média. Paris, France; 2021. p. 12-33.
95. Duret F. Histoire et résumé de ma thèse « empreinte optique » [Internet]. Web site F.Duret; 2010 janv p. 20 pages. (Dental French DDS). Disponible sur: <http://www.francoisduret.com/wp-content/uploads/2021/11/document-10.pdf>
96. Duret F. Banc d'essai 2019 7 scanners intra-oraux. Le Fil Dentaire. 2019;(149):12-22.
97. Coustans C. Précision des caméras intra-orales : analyse de la littérature [Internet]. 2020. Disponible sur: http://bibnum.univ-lyon1.fr/nuxeo/nxfile/default/3fcb3244-02af-4698-9ae9-772b1490dd25/file:content/THod_2020LYO1D044.pdf
98. Arcaute B, Nasr K. CFAO au cabinet dentaire : le matériel disponible en 2017. Le Fil Dentaire. 22 mars 2017;(367/368):45-50.
99. Mehl A, Blanz V. New procedure for fully automatic occlusal surface reconstruction by means of a biogeneric tooth model. Int J Comput Dent. janv 2005;8(1):13-25.
100. Layan P, Moussaly C. Optimiser la prise d'empreinte optique en CFAO. Partie 1 : faut-il adapter ses préparations dentaires pour faciliter la prise d'empreinte optique. BioMatériaux Cliniques. 2020;(5 (1)):78-85.
101. Bonnard R. Proposition de chaîne numérique pour la fabrication additive [Thèse de doctorat]. [France]: École centrale de Nantes; 2010.

102. Ben Younes J. Programmation de Machines Outils À Commande Numérique [Internet]. Scribd. 2004 [cité 4 mai 2022]. Disponible sur: <https://fr.scribd.com/doc/54098905/programmation-de-Machines-Outils-a-commande-numerique>
103. Hirardot A. Les familles de blocs usinables [Internet]. 2017 juill 6; Congrès Cerec Touch Marseille. Disponible sur: <https://odenth.com/wp-content/uploads/2017/10/les-familles-de-blocs-cfao.pdf>
104. Fabry J. Intégration de la CFAO directe en cabinet [Internet] [Thèse d'exercice]. [2012-2020, France]: Aix-Marseille Université. Faculté d'Odontologie; 2018 [cité 4 juin 2022]. Disponible sur: <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02025431>
105. CEREC | Dentsply Sirona France [Internet]. [cité 16 mai 2022]. Disponible sur: <https://www.dentsplysirona.com/content/dentsply-sirona/fr-fr/decouvrez-nos-produits/cerec.html>
106. logiciel CEREC | Dentsply Sirona France [Internet]. [cité 16 mai 2022]. Disponible sur: <https://www.dentsplysirona.com/content/dentsply-sirona/fr-fr/decouvrez-nos-produits/cerec/conception-avec-cerec.html>
107. Système CAD/CAM ouvert Planmeca FIT® pour cabinets dentaires | Planmeca FIT® [Internet]. [cité 17 mai 2022]. Disponible sur: <https://www.planmeca.com/fr/cadcam/systeme-cadcam-ouvert-planmeca-fit-pour-cabinets-dentaires/>
108. Duminil G. Empreinte optique - Organisation de l'espace de travail part.1 [Internet]. Disponible sur: <https://bit.ly//2IEIXPu>
109. Delaunay B. Comparaison des systèmes d'empreintes optiques accessibles aux chirurgiens-dentistes dans leurs cabinets en 2015 [Internet] [Thèse d'exercice]. [France]: Université de Lorraine; 2016 [cité 4 juin 2022]. Disponible sur: http://docnum.univ-lorraine.fr/public/BUPHA_TD_2016_DELAUNAY_BRUNO.pdf
110. Comment brancher 2 écrans sur un PC [Internet]. Ooreka.fr. [cité 20 mai 2022]. Disponible sur: [//ordinateur.ooreka.fr/fiche/voir/310385/brancher-deux-ecrans-sur-un-pc](http://ordinateur.ooreka.fr/fiche/voir/310385/brancher-deux-ecrans-sur-un-pc)
111. Planmeca PlanScan® est le premier scanner intraoral au monde à être intégré à un unit dentaire [Internet]. [cité 21 mai 2022]. Disponible sur: <https://www.planmeca.com/fr/info-presse/nouvelles/planmeca-planscan-scanner-intraoral/>
112. Scanners intra-oraux 3Shape TRIOS – trouvez votre scanner dentaire [Internet]. [cité 17 mai 2022]. Disponible sur: <https://www.3shape.com/fr/scanners/trios>
113. Duminil G. Empreinte optique: je m'équipe ? Paris, France: Espace ID; 2018. 67 p.

114. iTero® element™ | ZFX-Dental [Internet]. [cité 24 mai 2022]. Disponible sur: <https://dentist.zfx-dental.com/fr/node/228>
115. Blued'IS. 3D•D Des restaurations temporaires ou définitives en un seul rendez-vous ! [Internet]. Blued'IS optimiser votre métier. [cité 5 juin 2022]. Disponible sur: <http://www.bluedis.fr/index.php/3d-x-3.html>
116. Cazier S, Chieze JB, Hrycenko MA. Place de la CFAO directe en omnipratique : Inlay-onlay. *Réalités Cliniques*. 2009;4(20):219-30.
117. Maneval L. Rentabilité du CAD CAM 1ère partie. *Technologie Dentaire*. janv 2020;(397):46-53.
118. Maneval L. Rentabilité du CAD CAM 2e partie. *Technologie Dentaire*. janv 2020;(397):46-53.



SERMENT MEDICAL

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Que je sois déshonorée et méprisée de mes confrères si j'y manque.

BANNI Solène – Place des restaurations partielles collées par CFAO directe dans l’ergonomie et l’organisation du cabinet dentaire.

Th. : Chir. dent. : Marseille : Aix-Marseille Université : 2022

Rubrique de classement : odontologie conservatrice

Résumé :

Le flux numérique dans lequel s’inscrit la CFAO directe est aujourd’hui perçu comme une révolution. Cette révolution apporte des performances appréciées autant par le patient que par le praticien : rapidité d’exécution, confort et précision de la réalisation. Devenue un outil incontournable dans le quotidien d’un grand nombre de praticiens, la CFAO directe accorde une place particulière à la réalisation de restaurations partielles collées en les rendant plus accessibles au plus grand nombre de patients. Elles sont également un élément de progrès. La visualisation des préparations obtenues grâce à la CAO amène le praticien à porter un regard critique sur la qualité de ses préparations ainsi que la qualité des empreintes numériques. Il en résulte une amélioration du travail. Les systèmes d’empreinte optique de CFAO directe présents aujourd’hui sur le marché existent sous plusieurs formes (karts, filaires avec clé usb reliée à un ordinateur, sans fil, reliés à l’unit du fauteuil de soin) suggérant une intégration particulière dans l’espace de travail du cabinet dentaire. Répondant à certaines attentes portées par les praticiens depuis plusieurs années, les logiciels de CAO ont également une interface spécifique en fonction des fabricants (pavé tactile, écran tactile, capteur de mouvements ou souris). Ce travail a pour but d’éclairer le chirurgien-dentiste sur les spécificités de réalisation de restaurations partielles collées par CFAO directe, le fonctionnement du flux numérique qui en découle et l’organisation de son espace de travail, pour une ergonomie optimisée en fonction du système utilisé.

Mots-clés : restaurations partielles collées - inlays onlays overlays - CFAO directe - ergonomie organisation - performance organisationnelle - outils à commande numérique - espace de travail

BANNI Solène – The role of partial bonded restorations by direct CAD/CAM in the dental office ergonomics and organization.

Abstract:

The digital flow of which direct CAD/CAM is a part is today perceived as a revolution. This revolution brings performances that are appreciated by both the patient and the practitioner: speed of execution, comfort and precision of the production. Direct CAD/CAM has become an indispensable tool in the daily practice of many practitioners, giving a special place to the creation of bonded partial restorations by making them more accessible to the greatest number of patients. They are also an element of progress. The visualization of the preparations obtained with CAD allows the practitioner to critically assess the quality of his preparations as well as the quality of the digital impressions. This results in improved work. The direct CAD/CAM optical impression systems on the market today exist in several forms (karts, wired with a usb key connected to a computer, wireless, connected to the unit of the dental chair) suggesting a particular integration in the working space of the dental practice. Responding to certain expectations of practitioners for several years, CAD software also has a specific interface depending on the manufacturer (touchpad, touch screen, motion sensor or mouse). The aim of this work is to enlighten the dental surgeon on the specificities of the realization of partial restorations bonded by direct CAD/CAM, the functioning of the digital flow which results from it and the organization of its workspace, for an optimized ergonomics according to the system used.

Keywords : partial bonded restorations - inlays onlays overlays - direct CAD/CAM - ergonomics - organization - organizational performance - optical impression - work environment