

UNIVERSITE TOULOUSE III – PAUL SABATIER
FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

ANNEE 2018

2018 TOU3 3065

THESE

POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement

Par

Alexandre LASSALLE

le 17 octobre 2018

**CHOIX DU MATERIAU POUR DES RESTAURATIONS PARTIELLES DANS LE
SECTEUR POSTERIEUR EN CFAO DIRECTE**

Directeur de thèse : Dr Karim NASR

JURY

Président :	Professeur Franck DIEMER
1er assesseur :	Docteur Marie GURGEL-GEORGELIN
2ème assesseur :	Docteur Karim NASR
3ème assesseur :	Docteur Paul MONSARRAT



Faculté de Chirurgie Dentaire

→ DIRECTION

DOYEN

Mr Philippe POMAR

ASSESSEUR DU DOYEN

Mme Sabine JONIOT

CHARGÉS DE MISSION

Mr Karim NASR
Mr HAMEL Olivier
Mr Franck DIEMER

PRÉSIDENTE DU COMITÉ SCIENTIFIQUE

Mme Cathy NABET

RESPONSABLE ADMINISTRATIF

Mme Muriel VERDAGUER

→ HONORARIAT

DOYENS HONORAIRES

Mr Jean LAGARRIGUE +
Mr Jean-Philippe LODTER +
Mr Gérard PALOUDIER
Mr Michel SIXOU
Mr Henri SOULET

→ ÉMÉRITAT

Mr Damien DURAN
Mme Geneviève GRÉGOIRE
Mr Gérard PALOUDIER

→ PERSONNEL ENSEIGNANT

Section CNU 56 : Développement, Croissance et Prévention

56.01 ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE et ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE (Mme BAILLEUL- FORESTIER)

ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE

Professeurs d'Université : Mme BAILLEUL-FORESTIER, Mr. VAYSSE
Maîtres de Conférences : Mme NOIRRI-ESCLASSAN, Mme VALERA, Mr. MARTY
Assistants : Mme DARIES, Mme BROUTIN
Adjoint d'Enseignement : Mr. DOMINE, Mme BROUTIN, Mme GUY-VERGER

ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE

Maîtres de Conférences : Mr BARON, Mme LODTER, Mme MARCHAL, Mr. ROTENBERG,
Assistants : Mme YAN-VERGNES, Mme ARAGON
Adjoint d'Enseignement : Mme DIVOL,

56.02 PRÉVENTION, ÉPIDÉMIOLOGIE, ÉCONOMIE DE LA SANTÉ, ODONTOLOGIE LÉGALE (Mr. HAMEL)

Professeurs d'Université : Mr. SIXOU, Mme NABET, Mr. HAMEL
Maître de Conférences : Mr. VERGNES,
Assistant : Mr. ROSENZWEIG,
Adjoints d'Enseignement : Mr. DURAND, Mlle. BARON, Mr LAGARD

Section CNU 57 : Chirurgie Orale, Parodontologie, Biologie Orale

57.01 CHIRURGIE ORALE, PARODONTOLOGIE, BIOLOGIE ORALE (Mr. COURTOIS)

PARODONTOLOGIE

Maîtres de Conférences : Mr. BARTHEI, Mme DALICIEUX-LAURENCIN, Mme VINEL
Assistants : Mr. RIMBERT, Mr. ANDUZE-ACHER
Adjoints d'Enseignement : Mr. CALVO, Mr. LAFFORGUE, Mr. SANCIER, Mr. BARRE, Mme KADDECH

CHIRURGIE ORALE

Maîtres de Conférences : Mr. CAMPAN, Mr. COURTOIS, Mme COUSTY
Assistants : Mme COSTA-MENDES, Mr. BENAT
Adjoints d'Enseignement : Mr. FAUXPOINT, Mr. L'HOMME, Mme LABADIE, Mr. RAYNALDI,

BIOLOGIE ORALE

Professeur d'Université : Mr. KEMOUN
Maîtres de Conférences : Mr. POULET, Mr. BLASCO-BAQUE
Assistants : Mr. LEMAITRE, Mr. TRIGALOU, Mme. TIMOFEEVA, Mr. MINTY
Adjoints d'Enseignement : Mr. PUISSOCHET, Mr. FRANC, Mr BARRAGUE

Section CNU 58 : Réhabilitation Orale

58.01 DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE, PROTHESES, FONCTIONS-DYSFONCTIONS, IMAGERIE, BIOMATERIAUX (Mr ARMAND)

DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE

Professeur d'Université : Mr. DIEMER
Maîtres de Conférences : Mr. GUIGNES, Mme GURGEL-GEORGELIN, Mme MARET-COMTESSE
Assistants : Mr. BONIN, Mme. RAPP, Mr. MOURLAN, Mme PECQUEUR, Mr. DUCASSE, Mr FISSE
Adjoints d'Enseignement : Mr. BALGUERIE, Mr. MALLET, Mme FOURNIER

PROTHÈSES

Professeurs d'Université : Mr. ARMAND, Mr. POMAR
Maîtres de Conférences : Mr. CHAMPION, Mr. ESCLASSAN, Mme VIGARIOS, Mr. DESTRUHAUT
Assistants: Mr. EMONET-DENAND, Mme. SELVA, Mr. LEMAGNER, Mr. HENNEQUIN, Mr. CHAMPION,
Adjoints d'Enseignement : Mr. BOGHANIM, Mr. FLORENTIN, Mr. FOLCH, Mr. GALIBOURG, Mr. GHRENASSIA, Mme LACOSTE-FERRE, Mr. POGÉANT, Mr. GINESTE, Mr. LE GAC, Mr. GAYRARD, Mr. COMBADAZOU, Mr. ARCAUTE, Mme DE BATAILLE,

FONCTIONS-DYSFONCTIONS , IMAGERIE, BIOMATERIAUX

Maîtres de Conférences : Mme JONIOT, Mr. NASR, Mr. MONSARRAT
Assistants : Mr. CANCEILL, Mr. OSTROWSKI , Mr. DELRIEU
Adjoints d'Enseignement : Mr. AHMED, Mme MAGNE, Mr. VERGÉ, Mme BOUSQUET

Mise à jour pour le 03 septembre 2018

REMERCIEMENTS

A la mémoire de mes grands-parents Thérèse et Eugène, de mon grand-père Guy, d'Olivier. Ce travail vous est dédié.

A mes parents, qui m'ont toujours soutenu, et sans qui je n'écrirai pas ces quelques lignes. Merci pour tout ce que vous faites pour moi, merci de m'avoir permis de m'ouvrir au monde et d'apprendre plus chaque jour, merci de me guider encore aujourd'hui.

A mes frères Antoine et Raphaël, qui me rappellent malgré eux chaque jour à quel point il est précieux d'appartenir à une fratrie, et sur qui je pourrai toujours compter.

A toute ma famille.

Aux Docteurs Marie-Hélène et Eric Bottiau, Jean-Jacques Fournial, Pierre Barat, et Magali Pitt-Godfrin. Merci pour la bienveillance et la confiance dont vous avez fait preuve à mon égard. J'aurai toujours beaucoup à apprendre de vous. A Filipe et Mariana, merci pour votre immense gentillesse. Votre amitié est pour moi un privilège.

A Paul, alias Dr X, mon compère indispensable. Tant de complicité et de bons moments partagés, mais aussi de journées de déprime qui n'auraient pas eu la même saveur. Je n'ai jamais compris ton obsession pour le Texas, tu n'en restes pas moins le meilleur ami que l'on puisse avoir.

A Tom. Tes goûts musicaux sont plus que discutables mais j'ai sacrifié mes tympans sur l'autel de notre amitié qui m'est chère. J'espère vraiment que tu l'auras ton Q5.

A Nico et JP, l'inferral duo de Lautrec, les princes de la nuit, les joueurs de trombone, sans qui toutes ces années auraient paru bien fades. Merci pour toutes ces aventures et ces délires traversés dans l'allégresse. Je sais qu'il nous reste beaucoup à faire.

A Thorob perdu pour la cause dans le grand nord, je pense à toi. A Alexis, remarquable joueur de five et président de coeur. A JC dont je ne peux pas déceimment écrire ici le surnom. A Romain et son rire effroyable. A Jacquart, merci pour toutes ces nuits à l'auberge. A Benjamin, pour tous les tutoriels endurés à ces heures tardives.

A mes amis de toujours et ceux dont j'ai croisé plus tard le chemin, et qui comptent pour moi, Jean-Philippe, Mehdi, Dora, Frantz, Sony, Fabien, Max, Kent, Flo, Maxime P, Hugo.

A notre président du jury de thèse,

Monsieur le professeur Franck DIEMER

- Professeur des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- D.E.A. de Pédagogie (Education, Formation et Insertion) Toulouse Le Mirail,
- Docteur de l'Université Paul Sabatier,
- Responsable du Diplôme Inter Universitaire d'Endodontie à Toulouse,
- Responsable du Diplôme universitaire d'hypnose,
- Co-responsable du diplôme Inter Universitaire d'odontologie du sport,
- Vice-Président de la Société Française d'Endodontie,
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier

Vous nous faites l'honneur d'avoir accepté la présidence de notre jury de thèse.

Nous admirons votre grand talent, votre approche pédagogique et vos qualités humaines. Nous avons apprécié vos enseignements théoriques et cliniques durant ces années d'études.

Soyez assuré de notre plus profond respect ainsi que de notre sincère gratitude.

A notre jury de thèse,

Madame le docteur Marie GURGEL-GEORGELIN

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Maîtrise des Sciences Biologiques et Médicales,
- D.E.A. MASS Lyon III,
- Ancienne Interne des Hôpitaux,
- Doctorat d'Université - Université d'Auvergne-Clermont

Nous sommes très reconnaissants de votre présence à notre jury de thèse.

Nous vous remercions de votre gentillesse, de votre altruisme et de votre enseignement de grande qualité.

Soyez assurée de notre plus grande considération et de notre profond respect.

A notre directeur de thèse,

Monsieur le docteur Karim NASR

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier,
- Master 1 mention Biotechnologie-Biostatistiques,
- Master 2 Recherche en Science des Matériaux,
- Certificat d'Etudes Supérieures de technologie des matériaux employés en Art Dentaire,
- Certificat d'Etudes Supérieures de prothèse Dentaire (Option prothèse Scellée),
- Responsable du domaine d'enseignement Imagerie et Numérique,
- Responsable de l'Attestation d'Etudes Universitaires d'Imagerie Maxillo-Faciale (CBCT),
- Responsable du Diplôme Universitaire de CFAO en Odontologie,
- Chargé de mission à la Faculté de Chirurgie Dentaire de Toulouse

Je vous remercie de l'honneur que vous m'avez fait en acceptant de diriger mon travail.

Je vous remercie du temps que vous avez consacré pour l'élaboration de cette thèse et de la confiance que vous m'avez accordée. J'admire votre compétence et votre passion pour ce métier.

Veillez trouver, ici, le témoignage de ma sincère reconnaissance, de ma sympathie et de toute mon estime.

A notre jury de thèse,

Monsieur le docteur Paul MONSARRAT

- Maître de Conférences des Universités - Praticien Hospitalier en Odontologie,
- Master 1 Recherche : Biosanté et Méthodes d'Analyse et de Gestion en Santé Publique,
- Master 2 Recherche : mention : Biologie, santé; spécialité : Physiopathologie,
- Lauréat de la faculté de Médecine Rangueil et de Chirurgie Dentaire de l'Université Paul Sabatier,
- Docteur de l'Université Paul Sabatier - Spécialité Physiopathologie,
- Diplôme Universitaire d'Imagerie 3D maxillo-faciale,
- CES Biomatériaux en Odontologie,
- Diplôme universitaire de Recherche Clinique en Odontologie

Nous sommes très reconnaissants de votre présence à notre jury de thèse.

Nous avons apprécié au long de ces études votre enseignement, votre grande disponibilité et votre gentillesse.

Soyez assuré de notre gratitude et de notre profond respect.

Sommaire

Introduction	12
1 Choix de la CFAO	13
1.1 Utilisation de la CFAO au cabinet dentaire	13
1.2 Les systèmes de CFAO au cabinet dentaire.....	14
1.3 Avantages de la CFAO.....	15
1.3.1 L’empreinte optique intra orale	15
1.3.2 Pérennité des restaurations.....	16
1.3.3 Le Chairside	16
1.4 Inconvénients et limites	17
1.4.1 L’investissement financier et psychologique.....	17
1.4.2 L’usinage des matériaux et ses conséquences	18
1.4.3 Limites et impératifs de l’empreinte optique.....	18
2 Les différents matériaux usinables en CFAO directe	19
2.1 Les céramiques.....	20
2.1.1 Les céramiques vitreuses.....	20
2.1.2 Les céramiques polycristallines	21
2.2 Les matériaux composites/hybrides	23
2.3 Propriétés mécaniques.....	25
2.4 Propriétés optiques	27
2.5 Usinabilité	28
2.6 Aptitude au collage.....	29
2.7 Adaptation	30
2.8 Usure de l’antagoniste.....	30
2.9 Réparabilité	31
2.10 Synthèse	31
3 Indications en fonction de la situation clinique	32
3.1 Les restaurations partielles collées indirectes (RPCI) postérieures usinables en CFAO et leurs indications	32
3.1.1 Définition	32
3.1.2 Indications des RPCI.....	33
3.1.3 Critères décisionnels	34
3.1.4 Facteurs de succès	34
3.1.5 Contre-indications	35

3.2	Critères de choix du matériau en fonction des éléments cliniques.....	35
3.2.1	En fonction de la préparation.....	35
3.2.1.1	Directives de préparation.....	35
3.2.1.2	Incidence de la préparation.....	36
3.2.2	En fonction des facteurs biologiques.....	37
3.2.3	En fonction de l'antagoniste.....	37
3.2.4	En fonction de l'esthétique.....	38
3.2.5	En fonction de la charge occlusale.....	38
3.3	Synthèse.....	39
3.3.1	Sur le plan mécanique.....	39
3.3.2	Sur le plan biologique.....	40
3.3.3	Sur le plan esthétique.....	40
3.3.4	Critères d'indication des différents matériaux.....	41
3.4	Cas clinique (cas du Dr Nasr).....	42
	Conclusion	46
	Bibliographie	47
	Iconographie	52

Introduction

L'acronyme C.F.A.O. (d'ailleurs le plus souvent écrit sans points), ou son équivalent anglo-saxon CAD-CAM, désigne une technologie issue de l'industrie qui a commencé à coloniser les cabinets dentaires et les laboratoires de prothèse à la fin du siècle dernier, visant à s'appuyer sur des machines pour la conception et la fabrication de dispositifs médicaux sur mesures.

Sa démocratisation et la diversité de ses usages en font un domaine relativement nouveau et important à appréhender pour les chirurgiens-dentistes. En effet, aujourd'hui elle trouve une implication dans la quasi-totalité des spécialités odontologiques.

Les systèmes de CFAO pour cabinets dentaires (chairside) ont initialement été développés pour la réhabilitation des dents postérieures par des restaurations partielles indirectes collées. Si, au départ peu de (sortes de) matériaux étaient disponibles, il s'avère qu'aujourd'hui le marché a littéralement explosé avec des gammes enrichies et de récentes familles de matériaux aux nouvelles indications. Si bien que le praticien peut éprouver des difficultés au moment du choix afin d'écartier au maximum le risque d'échec.

Ce travail se veut donc être un support et une aide à la décision pour « faire le bon choix au bon moment. »

Dans un premier temps nous aborderons l'intérêt apporté par la technologie de la CFAO pour tout cabinet dentaire, plus particulièrement dans l'élaboration des restaurations partielles postérieures indirectes collées.

Dans la deuxième partie de ce travail nous présenterons les matériaux accessibles dans le cadre de cette utilisation, et détaillerons les propriétés qui les caractérisent afin d'en tirer des conclusions cliniques.

Enfin, la troisième et dernière partie nous permettra de conclure sur les indications de ces matériaux dans le cadre de leur utilisation pour des restaurations collées en fonction de la situation clinique.

1 Choix de la CFAO

L'acronyme C.F.A.O. signifie « Conception et Fabrication Assistées par Ordinateur ». Les systèmes de CFAO sont constitués de trois composants principaux :

- Le premier composant est une unité d'acquisition de données, outil de numérisation appelé caméra ou scanner (ou encore sonde), qui va permettre de créer une image tridimensionnelle de la surface enregistrée (on parle d'imagerie surfacique ou $2D_{1/2}$).
- Le deuxième composant est un logiciel informatique de modélisation qui permet de concevoir virtuellement la pièce souhaitée. Il permet aussi le calcul des paramètres de fraisage.
- Le troisième composant est un dispositif de fabrication piloté informatiquement. Classiquement il s'agit de machines-outils de fraisage ou cela peut également être des imprimantes 3D.

La chaîne numérique de CFAO est dite semi-directe (ou labside) lorsque les étapes de conception et de fabrication sont réalisées de façon externe au cabinet dentaire (laboratoire de prothèse). Elle est dite directe (ou chairside) lorsque toutes les étapes sont réalisées au cabinet dentaire et le plus souvent au cours d'une même séance de soins (1-4).

1.1 Utilisation de la CFAO au cabinet dentaire

La CFAO en dentisterie peut être envisagée de différentes manières par le praticien (1):

- La CFAO directe: le praticien possède les 3 composants de la chaîne et va réaliser toutes les étapes avec le patient au fauteuil, éliminant ainsi le besoin d'une séance supplémentaire pour la pose de la restauration. La prise d'empreinte optique intra-orale délivre instantanément un modèle de travail numérique. La conception et la fabrication des restaurations unitaires simples est ensuite facilement et rapidement réalisable au cabinet.

- La CFAO semi-directe : l'empreinte optique intra-orale est réalisée grâce à une caméra et est transmise au laboratoire via Internet. Le laboratoire utilise ensuite cette empreinte pour modéliser et fabriquer la restauration. La situation clinique est directement scannée et enregistrée en bouche et le laboratoire peut quasiment aussitôt réceptionner le fichier informatique pour commencer la production.
- La CFAO indirecte : le praticien réalise une empreinte conventionnelle physico-chimique. Au laboratoire de prothèse, le prothésiste numérise cette empreinte ou le modèle en plâtre qui en est issu (le plus souvent) à l'aide d'un scanner de table et peut dès lors passer à l'étape de modélisation et poursuivre la production. Ce dernier cas de figure est le moins vertueux car il concentre les risques de perte d'information par le transfert de la situation clinique par l'empreinte physico-chimique et par son traitement, ainsi que la nécessité d'un envoi par colis de cette dernière.

1.2 Les systèmes de CFAO au cabinet dentaire

Différents systèmes sont proposés par les fabricants. La technologie et la loi du marché veulent que d'autres systèmes soient commercialisés dans les années à venir. Voici une liste non exhaustive des systèmes existants (4):

- Systèmes en CFAO directe :
 - o CEREC (Dentsply Sirona)
 - o CS Restore (Carestream)
 - o PlanFit (Planmeca)
 - o Lyra (GACD)
- Systèmes de CFAO semi directe (= caméras d'empreintes intra-orales) :
 - o CEREC Omnicam Connect (Dentsply Sirona)
 - o CS 3600 (Carestream)
 - o Emerald (Planmeca)
 - o iTero Element (Align Technology)
 - o TRIOS (3Shape)
 - o CondorScan (Biotech)
 - o DWIO (Dental Wings)
 - o AADVA (GC)
 - o i500 (Medit)

A l'heure actuelle s'il est courant de parler de système de CFAO directe lorsqu'il s'agit d'une chaîne (caméra, logiciel, usineuse) proposée par le même fabricant, n'importe qu'elle caméra peut être associée à un logiciel de conception tiers et une usineuse tierce, permettant de construire un système de CFAO directe à la carte.

1.3 Avantages de la CFAO

1.3.1 L'empreinte optique intra orale

Bien qu'il existe de nombreuses méthodes, aujourd'hui la CFAO utilise principalement les méthodes directes par triangulation en lumière structurée et indirectes en lumière structurée active et/ou focalisée (5).

L'empreinte optique est une technique plus efficace que les empreintes conventionnelles (6). Elle offre rapidité, efficacité, et un transfert amélioré des images numériques entre le cabinet dentaire et le laboratoire. Son acquisition est moins invasive que la méthode traditionnelle (7).

L'acquisition numérique de l'empreinte grâce à une caméra présente plusieurs avantages :

- Elle ne requiert ni préparation ni nettoyage ou désinfection (8).
- Le risque de contamination infectieuse d'une empreinte classique est éliminé (8).
- L'envoi au laboratoire si besoin du modèle numérique obtenu est simplifié car dématérialisé (8).
- De par leur nature, les empreintes classiques, physico-chimiques, quel que soit le matériau utilisé, peuvent être soumises à des altérations. Leur destruction ou leur dégradation se traduit par une perte partielle ou totale d'information (5), contrairement à l'empreinte optique qui donne au praticien la capacité de stocker indéfiniment les informations capturées (7).
- Il en découle que l'archivage de ces empreintes est moins encombrant (4).
- L'empreinte optique est ergonomique. L'acquisition des données est relativement courte, il est possible de réitérer de nouvelles captures pendant la séance et la présence d'un écran permet de se passer de la vision directe en bouche pour le praticien (4).
- Les systèmes d'empreinte numérique permettent de fabriquer des restaurations d'une précision similaire aux méthodes d'empreinte conventionnelles (7).
- Les patients préfèrent la technique d'empreinte numérique plutôt que les techniques conventionnelles (6), notamment grâce à l'absence de réflexe nauséux induit (4).
- D'après SB. Patzelt, l'efficacité et le work-flow de la prise d'empreinte se trouvent améliorés par le passage de l'empreinte conventionnelle à l'empreinte optique. (9)

1.3.2 Pérennité des restaurations

Les restaurations partielles issue de la CFAO présentent une meilleure résistance à la fracture et une propension à la fissuration diminuée dans le cas préparations mésio-occluso-distales (MOD) par rapport aux restaurations directes. Elles sont donc indiquées quelle que soit la charge occlusale du patient (10).

D'après Baroudi et Ibraheem, les restaurations fabriquées par CFAO directe sont plus satisfaisantes au niveau de l'adaptation et de la précision du joint que les restaurations issues de techniques d'empreinte et de laboratoire conventionnelles (2).

Selon la littérature, le taux de réussite pour les inlays produits par CFAO est de 90% après 10 ans et de 85% après 12 et 16 ans (2).

Les restaurations concernant les prémolaires semblent présenter un risque d'échec plus faible que celles concernant les molaires (11).

1.3.3 Le Chairside

La CFAO directe offre au praticien la possibilité de créer une restauration au cabinet en supervisant chaque élément essentiel nécessaire à sa réalisation, par exemple (2):

- La gestion de l'occlusion,
- La finition,
- La gestion du point de contact.

A cela viennent se greffer d'autres avantages :

- Un rendez-vous unique, véritable point positif du point de vue du praticien et du patient, notamment si une anesthésie est nécessaire.
- L'étape de temporisation avec les risques qu'elle comprend peut donc être éliminée.
- L'utilisation de la CFAO en cabinet promeut et encourage la réalisation de préparations dentaires conservatrices, c'est-à-dire partielles, que nous allons étudier.
- La délégation de plusieurs étapes de la procédure à un personnel qualifié est envisageable et peut permettre au praticien de prendre en charge un autre patient.
- Si elle représente un important investissement de départ, la CFAO dans le cadre d'une utilisation efficiente peut s'avérer rentable (8).

1.4 Inconvénients et limites

1.4.1 L'investissement financier et psychologique

- Le coût : l'équipement nécessite un investissement initial d'environ 100000€ auquel il faut ajouter la maintenance et le consommable (8).
- La peur d'apprendre un concept inconnu, parfois associée au refus du changement notamment induit par le chamboulement de l'organisation du cabinet, par l'espace nécessaire au dispositif de numérisation et à la machine-outil, et le changement des habitudes est une entrave au passage à la CFAO (2). La courbe d'apprentissage pour utiliser l'appareil et l'adapter à un usage routinier demande du temps et des efforts. Un usage fréquent est indispensable pour devenir et rester compétent dans l'utilisation du logiciel et du matériel (8).
- Le bouleversement induit par le passage à la CFAO et les matériaux qui lui sont spécifiques peut être source d'inquiétude concernant la qualité et la longévité des restaurations, leur résistance à la coloration et à l'usure, ainsi que le choix des teintes (2).

1.4.2 L'usinage des matériaux et ses conséquences

En CFAO directe, les restaurations sont fabriquées par usinage à partir d'un bloc de matériau monolithique. Il est donc indispensable de prendre en compte leur comportement à l'usinage (usinabilité).

De même les caractéristiques des usineuses influent sur le résultat obtenu :

- La géométrie des fraises est un facteur limitant. Des angles vifs sur la préparation peuvent empêcher la reproduction exacte de la restauration avec pour résultat une pièce mal adaptée, surmoulée et non jointive (possible hiatus au niveau du joint dento-prothétique). La précision de la procédure de fraisage est dépendante du diamètre de la plus petite fraise du dispositif de fraisage (3,12).
- Le nombre d'axes de fraisage de l'usineuse influence aussi la précision de la réalisation de la restauration.
- L'usure des outils de fraisage et la rugosité de surface des restaurations dentaires sont corrélées. La longévité de l'outil doit être la plus étendue possible et la rugosité doit être adaptée aux exigences cliniques. La mesure de cette longévité est souvent fournie par les fabricants en nombre de blocs usinés ou en temps d'usinage mais il semble qu'elle devrait être exprimée en fonction du volume de matériau broyé (13).

1.4.3 Limites et impératifs de l'empreinte optique

La caméra n'enregistre que ce qui est visible à travers son objectif. Le nettoyage et le séchage de la zone concernée par l'empreinte sont donc indispensables car toute structure ou limite souillée par le sang, la salive, les débris de préparation et/ou les tissus mous ne sera pas enregistrée avec précision (3).

Le praticien doit donc réaliser une mise en condition tissulaire idéale et maîtriser les techniques d'accès aux limites (4).

2 Les différents matériaux usinables en CFAO directe

Ces matériaux sont disponibles sous forme de blocs de tailles, teintes et translucidités variables. Une fois usinés ils nécessitent généralement un traitement avant leur mise en place intra-buccale. Le choix du bon matériau dans le bon contexte est donc primordial (4,14).

Il existe actuellement deux principaux types de matériaux pour les restaurations dentaires indirectes traitées par CFAO : les céramiques et les composites/hybrides. On peut remarquer l'existence de blocs métalliques usinables mais leur utilisation est anecdotique au cabinet (le traitement thermique post-usinage est extrêmement long) et n'est pas indiquée pour les restaurations partielles collées (15).

Céramiques vitreuses				Céramiques cristallines		Céramiques composites	
Feldspathiques	Vitrocéramiques	Vitrocéramiques renforcées		Zircone	Zircone translucide	Composites à hautes performances	hybrides
	Enrichie en leucite	Enrichie en disilicate de lithium	Enrichie en silicate de lithium et en zirconie	préfrittée	préfrittée		
Mark II, Triluxe, Reallife (Vita), Cerec blocs (Sirona)	Empress CAD (Ivoclar Vivadent), Initial LRF (GC)	e.Max CAD (Ivoclar Vivadent)	Suprinity (Vita), Celtra Duo (Dentsply), Nice (Straumann)	InCoris ZI et TZI, Zirconia (Sirona), e.max ZirCAD (Ivoclar Vivadent), Vita YZ (Vita)	Katana STML (Kuraray Noritake)	Lava Ultimate (3M Espe), Cerasmart (GC), Ambarino HG (Creamed), Brilliant Crios (Coltène), Numerys HC (Itena) Grandio bloc (Voco), Shofu Block (Shofu)	Enamic (Vita)
							

Figure 1 : Classification des matériaux usinables disponibles sous forme de blocs

2.1 Les céramiques

Les céramiques sont des matériaux inorganiques, contenant des éléments métalliques et non métalliques sous forme d'oxydes, de carbures, de nitrures et de borures, liés par des liaisons chimiques fortes ioniques et/ou covalentes. Elles sont composées d'au moins deux éléments distincts : une matrice (vitreuse ou polycristalline) dans laquelle sont incorporées des particules appelées charges. De ces charges dépendent les propriétés mécaniques, de la phase vitreuse dépendent les propriétés optiques, et donc esthétiques de la céramique. Un taux élevé de matrice vitreuse signifie une translucidité augmentée mais un nombre de charges et donc des propriétés mécaniques moins importantes, et inversement.

Les céramiques sont par ailleurs extrêmement biocompatibles.

Selon la nature de la matrice et la microstructure on distingue les céramiques vitreuses et les céramiques polycristallines (14-16).

Li et coll. ont proposé une classification des céramiques compatibles avec la CFAO. En CFAO directe nous retiendrons :

2.1.1 Les céramiques vitreuses

- **Céramiques feldspathiques.** Exemple : Mark II (VITA Zahnfabrik)
Elles proviennent d'un groupe de minéraux appelé feldspath et sont à base d'oxyde de silicium (silice) et d'oxyde d'aluminium (alumine). Elles font partie de la famille des aluminosilicates.
- **Céramiques (vitrocéramiques) renforcées à la leucite.** Exemples : IPS Empress CAD (Ivoclar Vivadent) ou Initial LRF (GC).
Elles possèdent une matrice vitreuse incorporée de charges qui sont des particules cristallines de leucite.

Ces céramiques (feldspathiques et renforcées à la leucite) présentent une phase vitreuse importante (55 à 70%).

- **Céramiques (vitrocéramiques) renforcées au disilicate de lithium (LiSi₂).**
Exemple : IPS e.max CAD (Ivoclar Vivadent)
- **Céramiques (vitrocéramiques) renforcées à l'oxyde de zirconium et au silicate de lithium (ZLS).** Exemples : Suprinity (VITA Zahnfabrik) ou Celtra Duo (Dentsply Sirona).

Ces céramiques présentent aussi une structure diphasique. La proportion de phase cristalline est cependant supérieure, la matrice de verre étant réduite à 30% du volume. Les ZLS contiennent 10% de dioxyde de zirconium dissous dans une phase vitreuse de cristaux de métasilicate de lithium et de disilicate de lithium.

2.1.2 Les céramiques polycristallines

- **Céramique à base de zircone stabilisée.** Exemples : CEREC Zirconia (Dentsply Sirona) ou InCeram (Vita Zahnfabrik)
La zircone est un matériau céramique polymorphe qui présente trois formes cristallographiques en fonction de la température : monoclinique (M), tétragonale (T) et cubique (C). Grâce à l'ajout d'éléments stabilisants tels que les oxydes de Cérium (CeO₂) de Magnésium (MgO) ou d'Yttrium, on obtient les céramiques à base de zircone stabilisée.
- **Polycristaux de zircone tétragonaux partiellement stabilisé à l'Yttrium (YTZP).**
Exemples : LAVA (3M ESPE), YZ blocks (Vita Zahnfabrik)
Polycristaux de zircone tétragonaux dopés aux cations d'yttrium (3Y-TZP)

Ces céramiques ne présentent pas ou très peu de matrice vitreuse. Les charges cristallines sont empilées de manière extrêmement dense en réseaux réguliers. Un frittage ou sintérisation, par compression isostatique à chaud, est nécessaire pour obtenir le matériau avec des caractéristiques définitives. Cette étape peut s'avérer relativement chronophage et la pièce prothétique doit être usinée de manière légèrement surdimensionnée pour anticiper et compenser la rétraction inhérente à cette étape de frittage. Le logiciel de modélisation gère ce surdimensionnement en fonction des informations fournies par les fabricants. Il est cependant possible aujourd'hui d'usiner des blocs déjà frittés. D'autre part, des blocs tels que le CEREC Zirconia de Dentsply permettent une sintérisation rapide, de l'ordre de 10 à 15 minutes et donc la possibilité d'un usage chairside, mais demandent au praticien d'être équipé d'un système de frittage.

Les céramiques polycristallines utilisables en CFAO directe (comprenez lors d'un seul temps opératoire) sont actuellement assez inesthétiques. Un maquillage est nécessaire pour finaliser la restauration. De nouveaux matériaux sous forme de blocs usinables arrivent sur le marché, à l'instar du Katana Zirconia STML de Kuraray Noritake, et offrent des propriétés optiques supérieures (translucidité, dégradé de teintes, ...) aux blocs existants mais nécessitent tout de même un traitement post usinage exigeant et à maîtriser, qui peut impliquer une pose différée de la restauration. Elles couvrent les indications des restaurations corono-périphériques (couronnes) scellées, en autorisant des épaisseurs de matériau très faibles (0,5 à 0,8mm). Elles ne sont pas par ailleurs indiquées pour les techniques adhésives où on leur préférera des céramiques vitreuses, renforcées au silicate ou disilicate de lithium si une grande résistance mécanique est recherchée. En effet leur microstructure, en particulier l'absence de phase vitreuse, ne permet pas une liaison satisfaisante au niveau de l'interface tissu dentaire-restauration.

Pour toutes ces différentes raisons, nous prenons le parti de ne pas envisager les céramiques cristallines lors du choix du matériau pour des restaurations postérieures partielles par CFAO directe.

(14,17-18)

2.2 Les matériaux composites/hybrides

Selon JL. Ferracane les résines composites sont constituées d'une matrice polymérique renforcée par des charges minérales (céramiques, vitrocéramiques ou verres), organiques ou composites (19).

Leurs propriétés dépendent principalement de deux paramètres, à savoir leur degré de conversion et leur taux de charges. La matrice des composites est initialement composée de monomères. L'obtention de polymères se fait par un procédé appelé polymérisation. Ce procédé n'est jamais complet. Le taux de conversion renseigne sur la proportion de monomères qui ont réagi par rapport au nombre total de monomères.

La biocompatibilité du matériau est affectée par le relargage possible de monomères. Les blocs de résines composites usinables subissent lors de leur fabrication industrielle d'une thermopolymérisation, leur taux de conversion est supérieur à 90% (20).

En CFAO directe on peut accéder à 3 types de matériaux à base de résine :

➤ **Les PMMA (Poly Méthyl MethAcrylate) :**

Ce sont des polymères de méthacrylate de méthyle avec ou sans incorporation de charges. Ces matériaux sont utilisés uniquement pour des restaurations transitoires.

➤ **Les résines nano-céramiques dites composites à hautes performances :**

Ce sont des résines avec une charge en nanoparticules de céramique représentant au moins 80% du poids. Exemples : Lava Ultimate (3M ESPE) et Cerasmart (GC). Elles possèdent une résine matricielle polymérique incorporée de charges de nanoparticules de céramique d'environ 80% du poids et d'une taille inférieure à 100 nm, ce qui augmente les propriétés mécaniques par rapport aux résines composites classiques.

➤ **Les céramiques infiltrées de polymères PICN (Polymer Infiltrated Ceramic Network) :**

Les PICN possèdent une structure hybride en double réseau avec une phase polymérique interpénétrée dans une céramique matricielle. Exemple : Enamic (VITA Zahnfabrik)

Les PICN et les résines nano-céramiques sont des matériaux de restauration issus des recherches actuelles qui tendent à combiner les avantages propres aux résines composites et aux céramiques à matrice vitreuse (4,14-15,21).

	Céramiques Feldspathiques	Renforcées de Leucite	LiSi₂	ZLS	Nano- céramiques	PICN
Composition	64% SiO ₂	64.9% SiO ₂	80% SiO ₂	60% SiO ₂	80% inorganique:	85% inorganique :
	20% Al ₂ O ₃	16.25% Al ₂ O ₃	11%	18%	-69% SiO ₂	-64% SiO ₂
	9% Na ₂ O	11.85% K ₂ O	Li ₂ O	Li ₂ O	-31% ZrO ₂	-21% Al ₂ O ₃
	6% K ₂ O	5.37% Na ₂ O	4% K ₂ O	3% K ₂ O	20% organique	-9% Na ₂ O -6% K ₂ O
		1.56% CaO	4.4% Al ₂ O ₃	4% P ₂ O ₅		-0.1% ZrO ₂
				4% Al ₂ O ₃		15% organique
				10% ZrO ₂		
				1% CeO ₂		

Figure 2 : Composition chimique des différents matériaux usinables en CFAO directe

(21-22)

2.3 Propriétés mécaniques

Les propriétés mécaniques des matériaux sont régies par leur composition et leur structure et par le type de liaisons entre leurs éléments constitutifs (15). Nous allons nous intéresser à quatre valeurs différentes pour chaque matériau étudié :

- **La résistance à la flexion (σ_F)** : la flexion est la déformation d'un objet qui se traduit par une courbure. La résistance à la flexion est donc la capacité qu'a un matériau à s'opposer à cette déformation, c'est une expression de sa solidité. Dans les secteurs postérieurs, les matériaux doivent posséder une σ_F élevée pour supporter les forces masticatoires. *Exprimée en MPa.*
- **Le module d'élasticité de Young (EF)** : c'est le rapport entre la contrainte qu'on applique sur le matériau et la déformation élastique que subit ce matériau du fait de la contrainte. Il caractérise la rigidité du matériau. Plus le module d'élasticité est élevé et moins le matériau se déforme sous la contrainte et par conséquent, plus il est rigide. C'est une mesure indirecte de la force de liaison et donc de l'efficacité du système adhésif. *Exprimé en GPa.*
- **La dureté de Vickers (HV)** : c'est la résistance qu'un matériau oppose à la pénétration, sous charge. Elle permet d'évaluer la résistance à l'abrasion ou l'usure. *Exprimée en GPa.*
- **La ténacité (K_{Ic})** : c'est la capacité qu'a un matériau à résister à la propagation d'une fissure. *Exprimée en MPa.m^{1/2} (14,21,23).*

	Email	Dentine	Céramique Feldspathique	Renforcées de Leucite	LiSi ₂	ZLS	Nano-céramiques	PICN
Résistance à la flexion	<180	200	130	150	350	400	200	150
Module d'élasticité	84	18	45	60	70	70	12	25
Dureté	3.4	0.7	6.4	6.4	5.8	7	0.8	2.5
Ténacité	0.7	3.1	1.5	1.5	1.8	2	1.2	1.2

Figure 3 : Propriétés mécaniques des différents matériaux utilisables en CFAO directe en comparaison avec les tissus dentaires

Les valeurs données (figure 3) sont approximatives, basées sur différentes sources dans le but de les rendre plus lisibles. Les valeurs des tissus naturels (émail et dentine) sont présentées pour mettre en lumière la pertinence de ce comparatif (24-25).

Griffith a établi que la rupture d'une céramique se fait par propagation d'une fissure à partir d'un défaut initial. La quantité de charges dans une matrice est un facteur adverse à la propagation d'une fissure.

Les céramiques dentaires présentent une caractéristique appelée la « rupture fragile ». C'est à dire la rupture sans déformation plastique. Les vitrocéramiques sont des matériaux rigides mais fragiles, peu déformables (15-16).

Les céramiques renforcées au disilicate de lithium, et celles renforcées à l'oxyde de zirconium et silicate de lithium dépassent largement les autres matériaux en ce qui concerne la résistance à la flexion grâce aux cristaux de renforcement utilisés qui empêchent la formation et la progression des fractures (26).

On constate que la résistance à la flexion des ZLS et LiSi_2 est significativement plus élevée que ceux des matériaux à base de résine et des autres céramiques. Il faut cependant remarquer la valeur de σ_F pour les nano-céramiques qui vient en troisième position. Ces matériaux sont donc plus rigides que les céramiques vitreuses classiques (27).

Les PICN et plus encore les nano-céramiques ont l'avantage de présenter un module d'élasticité plus de 50% inférieur à celui des céramiques vitreuses et donc une tolérance aux dommages et à la déformation plus élevée. Des simulations cliniques ont montré que l'apparition de fissures survenait plus rapidement pour les céramiques feldspathiques, venaient ensuite les LiSi_2 et les PICN avaient le meilleur résultat (28).

Deux matériaux présentant un module élastique proche vont se déformer de façon similaire au cours des mouvements fonctionnels des maxillaires. Si cette valeur se rapproche concernant les tissus dentaires et la restauration, la pérennité de la réhabilitation va s'en trouver améliorée (20).

Du fait de leur dureté moindre, la résistance à l'usure des matériaux de résine composite, au contact de l'émail des dents antagonistes, est plus faible que celle des matériaux en céramique (29).

Les matériaux composites présentent des propriétés mécaniques remarquablement proches des tissus de la dent naturelle (24).

2.4 Propriétés optiques

Les propriétés optiques résultent de la composition et de la nature chimique des matériaux, et notamment de la taille, la quantité et l'indice de réfraction des charges et des pigments répartis dans les différentes phases (16).

Il est admis que ces propriétés optiques (translucidité, fluorescence, opalescence, etc.) sont supérieures pour les céramiques vitreuses que pour les matériaux à base de résine (15,30). Les céramiques feldspathiques qui présentent une proportion significative de phase vitreuse (jusqu'à 70%), possèdent les meilleures qualités esthétiques.

Si l'on s'intéresse à la translucidité, on a dans l'ordre décroissant les céramiques feldspathiques, viennent ensuite les céramiques renforcées à la leucite puis celles renforcées au disilicate de lithium, et enfin les ZLS (14,31). Par ailleurs les résines nano-céramiques sont plus translucides que les PICN (32). Cependant il est question des PICN monochromatiques. Depuis des versions polychromatiques (avec dégradés de saturation et de translucidité) et super-translucides ont été commercialisées permettant de corriger ce point.

L'épaisseur et la rugosité de surface des futures restaurations collées sont des facteurs qui vont affecter leurs qualités optiques, notamment la translucidité. Pour obtenir un état de surface adéquat il existe plusieurs techniques de polissage et de finition. Un polissage manuel est indiqué pour les nano-céramiques alors qu'un glaçage sera optimal pour les PICN. Ces deux techniques peuvent s'appliquer aux céramiques (33). Il semble que la rugosité de surface des céramiques infiltrées soit moins satisfaisante après l'utilisation de ces techniques que pour les autres matériaux utilisables en CFAO (32,34).

Les PICN présentent les qualités optiques les moins avantageuses, notamment un faible gradient de nuances. Le résultat esthétique final est obtenu par le maquillage (14).

A ces qualités intrinsèques, il faut ajouter la résistance à la coloration. Celle-ci est relativement comparable entre les différents matériaux étudiés (35). Cependant il semble que la résistance à la coloration des LiSi₂ et par extrapolation des céramiques en général soit supérieure. Les PICN étant d'autre part moins susceptibles à la coloration que les nano-céramiques (28). Ces résultats semblent indiquer une corrélation entre résistance à l'abrasion et résistance à la coloration.

2.5 Usinabilité

Les machines-outils utilisent des fraises pour usiner les restaurations dans les blocs de matériaux. Ces fraises doivent être régulièrement remplacées car elles s'usent et pourraient altérer la qualité de la restauration.

De par leurs propriétés mécaniques, principalement la dureté, les matériaux céramiques sont plus difficilement usinables que les résines composites, car la dureté est positivement corrélée à l'usure de l'outil.

Il existe une différence d'un facteur 10 entre l'usinabilité des deux types de matériaux étudiés. C'est-à-dire que l'on va pouvoir fabriquer environ dix fois plus de restaurations en résine qu'en céramique (15). Le fraisage des résines nano-céramique entraîne néanmoins un dépôt de copeaux sur le grain de l'outil (13).

Les céramiques renforcées ZLS, qui sont les matériaux les plus durs, sont disponibles en blocs sous forme pré-cristallisée (40%) plus faciles à usiner mais avec des propriétés optiques et des teintes qui ne sont pas définitives.

Les ZLS peuvent cependant aussi être usinés sous forme entièrement cristallisée (14) facilitant la gestion de la teinte du bloc mais au détriment de l'usinabilité.

Les fraises à pointe cylindrique sont plus résistantes à l'usure que les fraises à pointe conique (13,21).

Les matériaux composites résineux sont moins sensibles à l'écaillage (au niveau des bordures fines) qui peut avoir lieu pendant le fraisage notamment les PICN qui offrent une plus grande tolérance aux dommages potentiellement causés par l'outil (15,28). Les matériaux à base de résine permettront ainsi une plus grande fidélité dans le rendu des bords fins, ou d'effectuer un usinage plus rapide sans risque de majorer excessivement le risque d'éclats.

Si la restauration à usiner présente une fine épaisseur comprise de l'ordre de 0.6mm, l'usinage risque d'entraîner une fracture dans le cas du choix d'une vitrocéramique (20).

2.6 Aptitude au collage

Les différents matériaux utilisables en CFAO directe que nous étudions présentent des caractéristiques différentes concernant leur adhésion par collage à la dent à restaurer. Les restaurations partielles postérieures sont collées grâce à des composites de collage, contenant des monomères adhésifs spécifiques, qui vont réaliser une liaison adhésive entre la restauration et la surface dentaire (émail et dentine).

L'utilisation de composites de collages nécessite de multiples étapes de prétraitement des surfaces de liaison, c'est une technique plus complexe que le scellement conventionnel. Un prétraitement approprié de ces surfaces de liaison et l'application d'amorces ou primer sont indispensables (36). Le traitement de surface influe sur la performance de liaison des composites de collage aux matériaux de CFAO (37).

Il est primordial que la surface de collage dentaire soit au moins partiellement composée d'émail dans le cadre du collage d'une restauration car le collage sur l'émail mordancé est le plus efficace. L'émail traité à l'acide ortho-phosphorique va présenter un état de surface rugueux et poreux favorable à l'adhésion du composite (12). De ce fait les LiSi_2 et les ZLS voient leur résistance mécanique considérablement améliorée lorsqu'elles sont liées par collage à l'émail, atteignant 70% de la résistance de la zircone (14).

Le traitement des matériaux contenant du verre (céramiques vitreuses et PICN) à l'acide fluorhydrique précédant l'utilisation d'un agent de couplage au silane renforce la liaison résultante (12).

Concernant les ZLS, dans le cadre d'un collage, le traitement par un revêtement de silice tribochimique précédant l'utilisation d'un silane, augmente de manière significative l'adhérence (18).

On utilise des silanes pour améliorer l'adhérence entre les composites de collage et les céramiques à base de silice (feldspathiques, LiSi_2 , ZLS) mais aussi pour les PICN et les nano-céramiques. Cependant une dégradation de la liaison, dans l'environnement oral, survient avec le temps (38).

Pour les LiSi_2 et les ZLS il est possible d'utiliser des ciments conventionnels tels que ceux à base de verre ionomère, sans traitement de surface interne, mais il s'agira alors d'un scellement offrant des forces de liaison plus bien plus faibles que celles obtenues par collage (12).

Les céramiques peuvent subir une combinaison de conditionnements : une abrasion par sablage avec des particules de 50 μm d' Al_2O_3 , suivie d'un traitement chimique avec l'acide fluorhydrique et d'une application d'un agent de couplage au silane (18).

L'absence de traitement de surface entraîne des défauts d'adhérence et une plus faible force de liaison.

L'utilisation d'un matériau de base sous une restauration collée est courante et recommandée. Généralement il va s'agir de verre ionomère ou de résine composite. Il faut éviter d'utiliser les verres ionomères sous des restaurations en céramique car ils possèdent un module d'élasticité très faible et vont donc majorer le risque de fracture (12).

2.7 Adaptation

Le choix du matériau et le design de la préparation influencent l'adaptation future de la restauration avec la dent, c'est à dire l'ajustement interne et marginal, qui sont des facteurs importants pour le succès clinique et la longévité d'une restauration (39-40). En effet une adaptation optimale de la restauration permet de réduire les récurrences de carie, les colorations marginales et le risque de percolation (23).

Des tests comparatifs ont montré que les céramiques renforcées au disilicate de lithium présentent de meilleurs résultats que les céramiques infiltrées concernant l'ajustement de la pièce usinée. Il est difficile de conclure quant aux nano-céramiques car les résultats divergent (41).

Le choix du système adhésif et la valeur du module de Young du matériau employé vont aussi avoir une influence sur l'adaptation de la restauration (23).

2.8 Usure de l'antagoniste

Plus la dureté d'un matériau est faible, moins il entraîne d'usure. Les nano-céramiques et les PICN entraînent donc une usure moindre de l'émail des dents antagonistes comparée aux céramiques vitreuses (21).

2.9 Réparabilité

Les restaurations usinées, comme les restaurations classiques, subissent des contraintes une fois en bouche et peuvent s'abîmer. Il est possible de les réparer dans le cas de légères altérations.

La réparation en bouche des restaurations en résine composite usinée nécessite un prétraitement de surface suivi par l'application d'un adhésif et d'une résine composite ayant des propriétés mécaniques et optiques très similaires au matériau à réparer (42).

La réparation intra-orale pour les matériaux céramiques implique un mordantage par acide fluorhydrique, suivi de la mise en place d'une résine composite, ayant avec des propriétés mécaniques et optiques assez éloignées.

La facilité de fabrication et la possibilité d'une réparation aisée et peu visible des défauts mineurs sont des atouts en faveur des résines composites (15).

2.10 Synthèse

Le choix du matériau de restauration, en CFAO directe, repose sur de nombreux facteurs : les aptitudes physiques et esthétiques, la situation clinique et l'usinabilité (16).

Il n'existe pas de matériau idéal, chacun possédant ses atouts et ses faiblesses.

Le tableau suivant réalisé à partir des données établies dans ce chapitre résume de manière qualitative les caractéristiques des différents matériaux étudiés.

	Céramiques Feldspathiques	Renforcées de Leucite	LiSi ₂	ZLS	Nano-céramiques	PICN
Solidité	+	+	+++	+++	++	+
Risque de fracture	+	+	+	+	+++	+++
Résistance à l'usure	+++	+++	+++	+++	+	++
Esthétique	+++	+++	++	++	++	+
Usinabilité	++	++	+	- OU (+++)	+++	+++
Biocompatibilité	+++	+++	+++	+++	+	+
Collage	++	++	++	+/-	++	+++
Réparation	+	+	+	+	+++	+++

Figure 4 : Comparaison qualitative des différents matériaux selon leurs propriétés (Echelle : +++ : excellent, ++ : bon, + : cliniquement correct/acceptable, - : faible)

3 Indications en fonction de la situation clinique

3.1 Les restaurations partielles collées indirectes (RPCI) postérieures usinables en CFAO et leurs indications

3.1.1 Définition

Les restaurations partielles collées indirectes sont des restaurations coronaires monobloc correspondant à des pertes de substance modérées à sévères, et pour lesquelles un mode d'assemblage adhésif est indiqué. Les RPCI représentent la meilleure solution thérapeutique en termes de pérennité, d'esthétique et d'économie tissulaire (43-44).

Dans le secteur postérieur on distingue plusieurs types de restaurations, en fonction de la préparation effectuée, selon le gradient thérapeutique érigé par Tirlet et Attal :

- **Table Top** : RPCI de recouvrement de fine épaisseur (0,5mm) permettant de compenser des problèmes occlusaux tels qu'une perte de DVO.

- **Inlay** : restauration de une à trois faces, lorsque les parois vestibulaires et linguales ou palatines sont intactes, préservant les structures cuspidiennes.

- **Onlay** : une cuspidie au moins est compromise, il s'agit donc d'un inlay avec recouvrement cuspidien partiel.

- **Overlay** : recouvrement total de la face occlusale.

- **Veenerlay** : Overlay englobant la face vestibulaire, dans les cas esthétiques où il est par exemple difficile de masquer autrement le joint de collage.

- **Endolay** : Onlay avec exploitation de tout ou partie de la chambre camérale (dent dévitalisée). Actuellement il est conseillé de ne pas trop exploiter en hauteur la chambre camérale (alors comblée avec du composite) avec ce type de restaurations afin d'éviter les concentrations des contraintes au niveau de la zone cervicale.

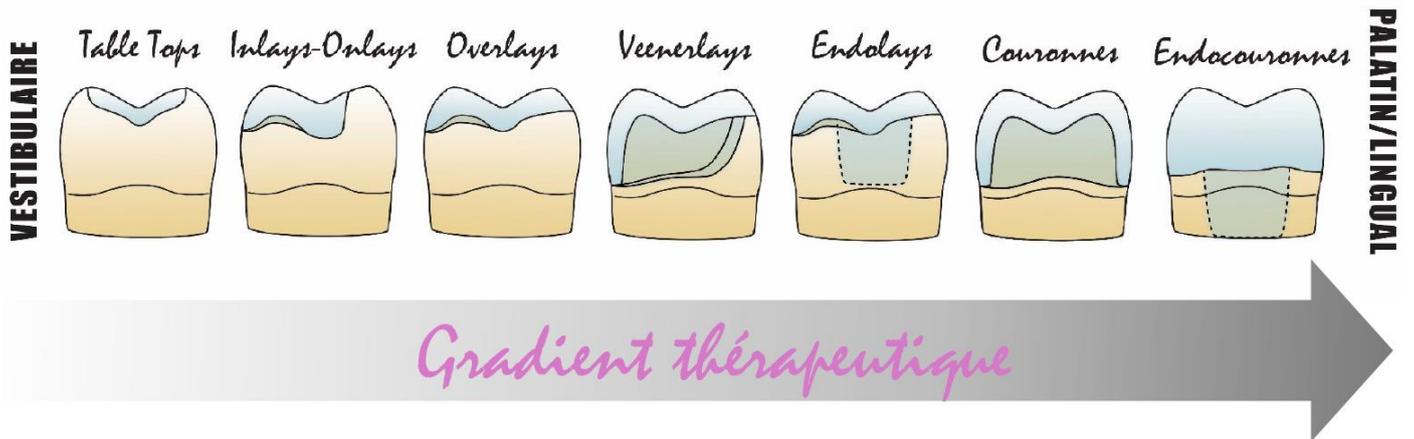


Figure 5 : Différents designs de préparations pour restaurations postérieures en fonction du gradient thérapeutique : table-tops, inlays, onlays, overlays, veneerlays, endolays, couronnes et endocouronnes. Ces 2 derniers cas ne sont pas considérés comme des restaurations partielles mais totales de la couronne dentaire

3.1.2 Indications des RPCI

- Perte de substance dentaire
 - moyenne ou grande (stade Si/Sta 3 et 4),
 - concernant une ou les deux parois proximales (point de contact),
 - et/ou une cuspid.
- Préservation tissulaire (respect des structures dentaire et de la vitalité pulpaire).

3.1.3 Critères décisionnels

Selon la HAS, différents paramètres doivent être pris en compte pour poser l'indication de réalisation d'une RPCI :

- l'hygiène
- la cario-susceptibilité
- la motivation du patient
- la présence d'allergie à l'un des constituants
- l'âge du patient
- l'exigence esthétique
- les possibilités financières
- la perte de substance : moyenne ou grande (stade Si/Sta 3 et 4). *Les petites pertes de substances (stade 1 et 2) doivent être traitées par restauration directe.*
- la situation des limites cervicales : supra ou infra gingivale
- la nature des limites cervicales : présence ou absence d'émail périphérique
- les restaurations des dents antagonistes
- l'occlusion
- les parafunctions. (45)

3.1.4 Facteurs de succès

Toujours selon la HAS, les facteurs influençant le succès des RPCI sont de 3 sortes :

- *Ceux dépendant du patient* : l'hygiène bucco-dentaire, la motivation et coopération, l'environnement oral (la valeur intrinsèque de la dent et de son environnement, l'occlusion, les parafunctions et habitudes nocives).
- *Ceux concernant le praticien* : l'évaluation de la perte de substance, de la valeur des structures résiduelles et de la vitalité pulpaire, le respect indications / contre-indications, la préparation de la cavité, le strict respect des procédures et le suivi clinique.
- *Ceux inhérents au matériau de reconstitution* : la nature du matériau, les propriétés physico-chimiques, la procédure de mise en œuvre, la biocompatibilité (45).

3.1.5 Contre-indications

- Mauvaise hygiène buccale (caries actives, absence de contrôle de plaque)
- Allergie à un constituant du matériau
- Contexte occlusal défavorable
- Parafonctions
- L'incapacité à maintenir un champ opératoire sec (isolation) exclut la procédure de collage (12,45).

3.2 Critères de choix du matériau en fonction des éléments cliniques

Le choix de l'utilisation du matériau de restauration, tout comme le choix de la restauration en elle-même est inhérent au contexte clinique. C'est-à-dire de la préparation, de la prise en compte de l'esthétique et des éléments biologiques, et bien entendu de la charge occlusale et de la nature de l'antagoniste avec les contraintes mécaniques que cela implique.

3.2.1 En fonction de la préparation

3.2.1.1 *Directives de préparation*

- La préparation doit avoir des limites nettes pour faciliter l'usinage
- Ces limites vont être juxta ou supra gingivales
- Les contre dépouilles sont formellement contre-indiquées
- Les parois internes doivent présenter une dépouille d'environ 10°
- Pour permettre la prise d'une bonne empreinte optique, les surfaces de la préparation doivent être visuellement accessibles
- Les angles internes doivent être arrondis
- Au moins 1.5 mm de marge avec le tissu pulpaire
- Les tissus préservés ainsi que les réductions tissulaires inhérentes à la préparation doivent présenter une épaisseur de 1,5 à 2 mm.

3.2.1.2 Incidence de la préparation

De récentes études se sont intéressées aux conséquences de diverses préparations avec divers matériaux dans le cas de RPCI usinées en CFAO. Il en découle que :

- Les restaurations collées des prémolaires avec LiSi_2 sont fiables, indépendamment de la conception de la cavité, avec aucune différence induite par la réalisation d'une couverture cuspidienne (onlay, overlay) ou non (inlay) (46).
- Il n'y a pas non plus de différence significative induite par le type de couverture cuspidienne (onlay ou overlay) dans le cadre de l'utilisation des résines composites étudiées (47).
- Une réduction cuspidienne plate, sans épaulement dans le cadre d'une restauration type onlay en nano-céramique présente une plus faible adaptation marginale qu'en cas de préparation avec épaulement (39).

Par ailleurs, les limites cervicales de préparation doivent idéalement se situer sur de l'émail, et en juxta ou supra gingival pour permettre une liaison solide et durable lors du collage et limiter les micro-fuites associées aux systèmes adhésifs, en particulier pour les céramiques.

Une restauration en céramique collée sur de la dentine, d'autant plus si elle est relativement fine, va subir un maximum de contraintes internes et présenter un risque de fracture élevé. En cas de fines épaisseurs avec adhésion dentinaire, il est préférable de choisir un matériau composite, moins fragile (20).

Du fait de la relative proximité entre modules d'élasticité, on préférera en cas de surface adhésive intéressant particulièrement l'émail, principalement dans le cas d'onlays ou overlays, une restauration en vitrocéramique. Au contraire, si la perte de substance est essentiellement dentinaire, on préférera réaliser une restauration en matériaux composites ou hybrides (20).

Si les nano-composites et les céramiques infiltrées semblent offrir une flexibilité supérieure que les céramiques vitreuses en ce qui concerne la réalisation de préparations fines, à partir d'une certaine épaisseur et dans des conditions de collage optimales, cette dernière catégorie de matériau est parfaitement satisfaisante cliniquement.

3.2.2 En fonction des facteurs biologiques

Les vitrocéramiques, entièrement inorganiques, sont les matériaux présentant la meilleure biocompatibilité.

La présence chez un patient d'un terrain allergique ou bien d'une inquiétude quant à l'éventuelle toxicité des matériaux artificiels, va nous conduire à utiliser les matériaux céramiques.

En revanche, un diagnostic pulpaire incertain, impliquant une éventuelle ré-intervention, est un argument en faveur de l'utilisation de matériaux à base de résines composites, car ayant une dureté et donc une dépose à priori moins délicate (20).

3.2.3 En fonction de l'antagoniste

Il paraît judicieux de choisir un matériau identique ou proche à celui déjà utilisé dans le cas d'une dent antagoniste restaurée pour que l'usure des deux dents soit similaire. Sinon, la dent restaurée avec le matériau le plus sensible à l'usure subira une abrasion plus grande associée à une égression progressive compensatrice (20).

Les résines nano-céramiques s'usent plus rapidement que les autres matériaux, du fait de leur dureté moindre. Il est préférable d'éviter leur utilisation face à des dents restaurées grâce à des céramiques dentaires, bien plus dures (14).

Les vitrocéramiques du fait de leurs propriétés mécaniques vont provoquer une usure amélaire sur toute dent naturelle antagoniste. Les PICN dont la dureté est proche de celle de l'émail (mais plus faible), vont être peu abrasives (24), de même que les nano-céramiques, encore moins dures.

3.2.4 En fonction de l'esthétique

Les propriétés optiques améliorées des céramiques à matrice vitreuse, notamment des céramiques feldspathiques, par rapport aux résines composites, en font le matériau le plus indiqué en cas de demande esthétique importante.

Les blocs en PICN nécessitent un maquillage un fois usinés. Ce maquillage réalisé à l'aide de résine composite fluide possède une faible résistance à l'usure, et disparaît rapidement (20).

Il faut néanmoins remarquer que les secteurs postérieurs sont moins exigeants esthétiquement que le secteur antérieur en dentisterie, et tous les matériaux usinables étudiés permettent un résultat cliniquement acceptable.

3.2.5 En fonction de la charge occlusale

Si les céramiques vitreuses et les résines composites utilisables en CFAO sont cliniquement éprouvées pour les forces occlusales physiologiques, il apparaît évident qu'une épaisseur minimale de matériau est nécessaire pour endurer de façon prévisible les contraintes mécaniques occlusales sans fracture. Cependant comparativement aux vitrocéramiques, il est possible de réaliser des restaurations moins invasives donc plus minces, avec les matériaux composites, notamment les PICN du fait de leur plasticité en particulier chez les patients jeunes ou souffrant d'une perte de structure amélaire telle que l'usure dentaire ou l'amélogénèse imparfaite (12, 24), comme en ont attesté récemment FA Spitznagel et coll (48).

Certains patients sont par ailleurs sujets à des parafonctions. En cas de bruxisme, il est préférable de s'orienter vers une restauration partielle en composite, à cause du caractère dit « fragile » des céramiques et du risque de fracture qui en découle. Toutefois, les céramiques renforcées (LiSi_2 et ZLS) semblent aussi pouvoir endurer de telles contraintes (20).

3.3 Synthèse

3.3.1 Sur le plan mécanique

- Plus la restauration envisagée sera soumise à des contraintes, plus on aura tendance à choisir un matériau riche en charges (c'est-à-dire tenace), solide (résistant à la flexion) et dur (résistant à l'usure). Les matériaux présentant ces caractéristiques sont les LiSi_2 et ZLS.
- En cas de restauration fine, présentant une faible épaisseur de matériau, on va privilégier des matériaux déformables, ayant une bonne plasticité, c'est-à-dire les PICN.
- Selon la prévalence de surface adhésive, on va choisir un matériau présentant un module élastique proche, c'est-à-dire les vitrocéramiques (en particulier renforcées) si le collage intéresse l'émail (RPCI avec recouvrement), les résines composites pour de la dentine (inlay).
- On utilisera un matériau similaire en cas de restauration pré-existante sur la dent antagoniste.
- L'éventualité d'une réparation ou d'une dépose indique les matériaux composites, notamment les résines nano-céramiques, du fait de leur grande réparabilité et usinabilité.

3.3.2 Sur le plan biologique

- Les céramiques à matrice vitreuse sont extrêmement biocompatibles. Si malgré tout le choix s'oriente sur une résine composite, on privilégiera le matériau présentant les taux de charges et de conversion les plus élevés pour limiter un maximum la libération de monomères potentiellement toxiques.
- Une volonté d'économie tissulaire maximale va nous pousser à choisir un matériau pouvant être facilement usiné et relativement déformable. Les composites, en particulier les PICN seront le premier choix.

3.3.3 Sur le plan esthétique

- Les céramiques feldspathiques sont les matériaux les plus esthétiques. Les PICN sont les moins performants dans ce domaine.

3.3.4 Critères d'indication des différents matériaux

	Pour	Contre
Céramiques	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Contraintes occlusales importantes (avec une épaisseur de matériau suffisante), ✓ Perte de substance principalement amélaire, ✓ Présence d'une restauration antagoniste en céramique, ✓ Exigence esthétique, ✓ Terrain allergique, ✓ Inquiétude du patient sur la potentielle toxicité des matériaux composites. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Epaisseur de matériau insuffisante (usinabilité et risque de fracture), ✓ Perte de substance principalement dentinaire, ✓ Dent antagoniste usée ou restaurée avec un matériau composite, ✓ Risque important d'une réintervention.
Composites	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Préparation de faible épaisseur, ✓ Perte de substance principalement dentinaire, ✓ Présence d'une restauration antagoniste en composite, ✓ Diagnostic pulpaire incertain, ✓ Volonté ou nécessité d'économie tissulaire, ✓ Réparation ou retouche à envisager après la réalisation du collage. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Dent antagoniste restaurée avec une céramique, ✓ Contraintes occlusales importantes dans les cas permettant d'utiliser des céramiques renforcées (épaisseur suffisante), ✓ Exigence esthétique, ✓ Terrain allergique, ✓ Inquiétude du patient sur la potentielle toxicité des matériaux composites.

Figure 6 : Critères cliniques influençant le choix du type de matériau de restauration en CFAO directe

3.4 Cas clinique (cas du Dr Nasr)

Un patient de 42 ans consulte pour une gêne au niveau de la 47 porteuse d'un inlay céramique e.max depuis plusieurs années. Il se plaint notamment du fait de ressentir que le matériau est trop « dur » mais également de son esthétique. Il est décidé à le déposer afin de le remplacer par une nouvelle restauration par CFAO (figure 7).



Figure 7: Situation initiale avec l'ancien inlay e.max en place

Après dépose, la cavité laisse apercevoir des pans cuspidiens solides et une absence de récurrence carieuse (le fond est coloré (souvenirs d'un ancien amalgame) mais dur) et de fissures (figure 8).



Figure 8 : Situation après dépose de l'ancienne restauration

Après finitions de la préparation, l’empreinte optique est prise et le modèle de travail rapidement obtenu (figure 9).

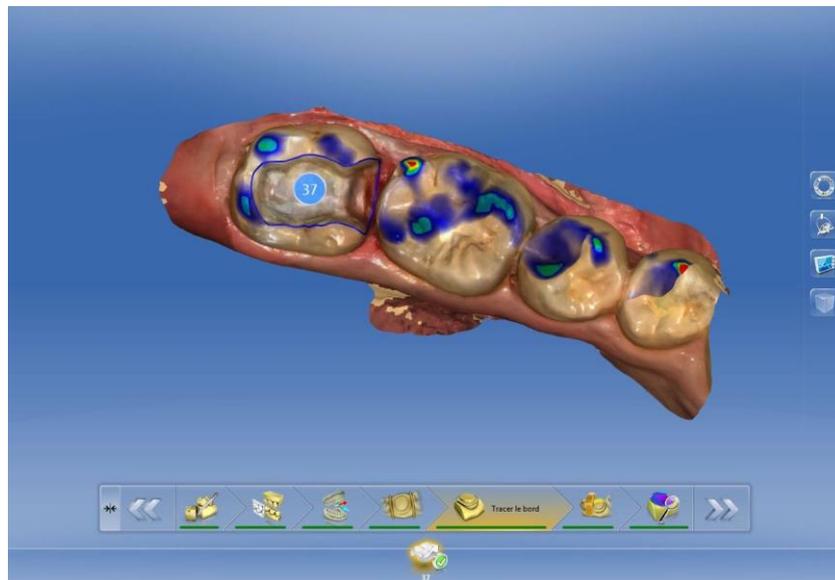


Figure 9 : Modèle de travail obtenu par empreinte optique sur le logiciel de modélisation

Dans le cas présent, pour un inlay 2 faces, la conception informatique est également très rapide (figure 10).

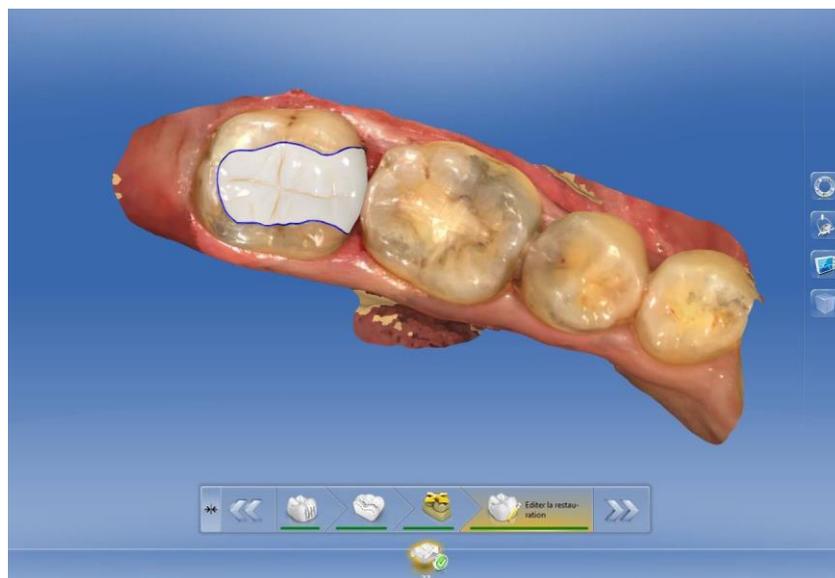


Figure 10 : Vue occlusale de la restauration modélisée sur le logiciel

Après quelques ajustages, comme la forme et la force du point de contact, l'usinage de la restauration peut être lancé. (figure 11)

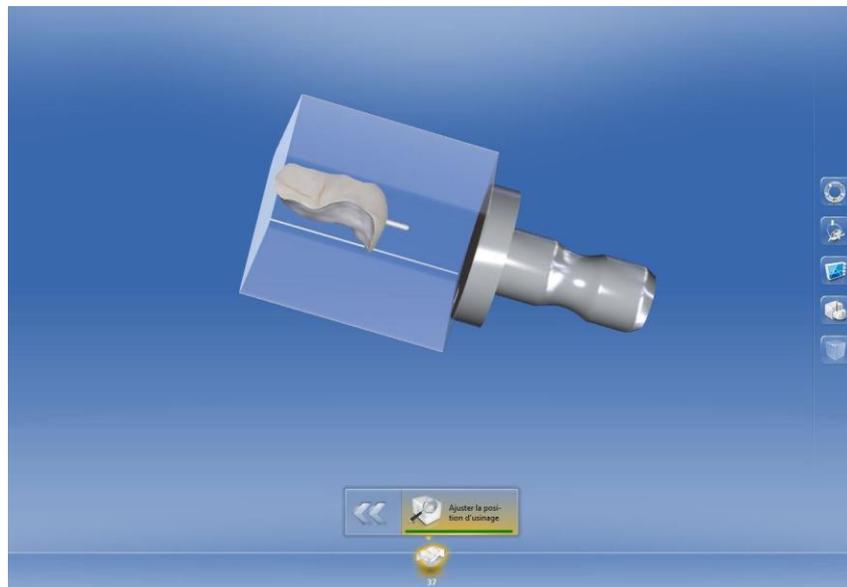


Figure 11 : Visualisation virtuelle de l'inlay 2 faces à l'intérieur du bloc de matériau à usiner

Compte tenu de son caractère plus « souple » le matériau retenu est un composite à haute performance (Grandio Bloc, Voco). Il a aussi l'avantage de permettre un usinage très rapide, sans risque d'éclat avec un meilleur rendu des détails occlusaux.

Après usinage, la pièce est simplement polie mécaniquement (les maquillants photopolymérisables ont une durée de vie très courte en bouche). L'intrados est sablé (alumine 50 μ m) et silanisé.

L'inlay est assemblé sous digue par collage à l'aide d'un système de collage basé sur l'association d'un adhésif universel (Futurabond U) et un composite de collage dual (Bifix DC).

Les excès de composite de collage sont enlevés dans un premier temps au pinceau avant polymérisation, puis au bistouri après polymérisation. Le joint est fini et poli classiquement (figure 12).



Figure 12 : Situation finale avec le nouvel inlay composite placé dans la même séance de soins

Conclusion

La dentisterie conservatrice vise à la préservation de la structure dentaire. L'association de la CFAO, des matériaux existants, et des techniques de restaurations partielles indirectes collées permet un excellent résultat concernant cet objectif.

Le choix du matériau, capital pour la réussite et la longévité du traitement, est soumis à de nombreux facteurs dépendants du patient et du praticien. Ces éléments constituent une multitude de situations possibles auxquelles chaque réponse doit être adaptée. La diversité des matériaux et de leurs propriétés permet de répondre de manière pérenne et satisfaisante dans l'immense majorité des cas.

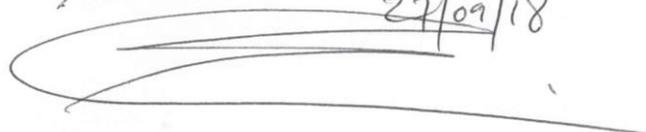
L'avenir présente de nombreuses perspectives d'amélioration notamment dans le domaine la fabrication, avec l'émergence des méthodes de fabrication additive (impression 3D) ou encore avec le développement de l'empreinte ultrasonore, encore moins invasive, plus rapide et confortable que l'empreinte optique.

Le président du Jury

Pr. Franck DIEMER



ou le directeur de thèse
27/09/18



Bibliographie

1. Oen KT, Veitz-Keenan A, Spivakovsky S, et al. CAD/CAM versus traditional indirect methods in the fabrication of inlays, onlays, and crowns, Cochrane Database of Systematic Reviews 2014, Issue 4. Art. No. : CD011063.
2. Baroudi K, Nasser Ibraheem S. Assessment of Chair-side Computer-Aided Design and Computer-Aided Manufacturing Restorations: A Review of the Literature, J Int Oral Health. 2015 Apr; 7(4): 96–104.
3. Alghazzawi TF, Advancements in CAD/CAM technology: Options for practical implementation, Journal of Prosthodontic Research, Volume 60, Issue 2, April 2016, Pages 72-84.
4. Descamps F, Fages M, La CFAO en odontologie guide clinique, Editions CdP, 2016.
5. F. Duret, B. Pélissier. Différentes méthodes d'empreinte en CFAO dentaire. EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), Médecine buccale, 28-678-C-10, 2010.
6. Yuzbasioglu E, Kurt H, Turunc R et al. Comparison of digital and conventional impression techniques: evaluation of patients' perception, treatment comfort, effectiveness and clinical outcomes, BMC Oral Health. 2014; 14: 10.
7. Seelbach P, Brueckel C, Wöstmann B, Accuracy of digital and conventional impression techniques and workflow, Clinical Oral Investigations, September 2013, Volume 17, Issue 7, p 1759–1764
8. Chistensen GJ, Impressions are changing, JADA 2009; 140: 1301-1304.
9. Patzelt SB, Lamprinos C, Stampf S, The time efficiency of intraoral scanners: an in vitro comparative study, J Am Dent Assoc. 2014 Jun;145(6):542-51.
10. Batalha-Silva S, Amaral Caldeira de Andrada M, Pires Maia H, et al. Fatigue resistance and crack propensity of large MOD composite resin restorations: Direct versus CAD/CAM inlays, Dental Materials, 2013, Volume 29, Issue 3, 324 – 331.

11. Otto T, Schneider D, Long-term clinical results of chairside Cerec CAD/CAM inlays and onlays: a case series. *The International Journal of Prosthodontics*, 2008, 21(1):53-59.
12. Hopp CD, Land MF. Considerations for ceramic inlays in posterior teeth: a review. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry*. 2013;5:21-32.
13. Lebon N, Tapie L, Vennat E, et al. Influence of CAD/CAM tool and material on tool wear and roughness of dental prostheses after milling, *J Prosthet Dent*. 2015 Aug;114(2):236-47.
14. Lambert H, Durand J-C, Jacquot B, et al. Dental biomaterials for chairside CAD/CAM: State of the art. *The Journal of Advanced Prosthodontics*. 2017;9(6):486-495.
15. Ruse ND, Sadoun MJ. Resin-composite Blocks for Dental CAD/CAM Applications. Ferracane JL, Giannobile WV, eds. *Journal of Dental Research*. 2014;93(12):1232-1234.
16. Poujade JM, Zerbib C, Serre D. Céramiques dentaires. EMC - Médecine buccale 2008;3(1):1-12 [Article 28-410-C-10]
17. Griggs JA, Recent Advances in Materials for All-Ceramic Restorations, *Dental clinics of North America*. 2007;51(3):713-viii.
18. Wai Kim Li R, Chow TW, Matinlinna JP, Ceramic dental biomaterials and CAD/CAM technology: State of the art, *Journal of Prosthodontic Research*, Volume 58, Issue 4, October 2014, Pages 208-216.
19. Ferracane JL, Resin composite--state of the art, *Dental Materials*. 2011 Jan;27(1):29-38.
20. Fron Chabouis H, Prot C, Attal JP, Restauration partielle indirecte : composite ou céramique, *Réalités Cliniques*, 2014.
21. Sonmez N, Gultekin P, Turp V, et al. Evaluation of five CAD/CAM materials by microstructural characterization and mechanical tests: a comparative in vitro study. *BMC Oral Health*. 2018;18:5.
22. VITA SUPRINITY® Documentation technico-scientifique, VITA Zahnfabrik H. Rauter GmbH & Co.KG, Postfach 1338 · D-79704 Bad Säckingen · Germany.

23. Raskin A, Cours : les résines composites, Société Francophone de Biomatériaux Dentaires, Université Numérique des Sciences Odontologiques Francophones, 2010.
24. Dirxen C, Blunck U, Preissner S. Clinical Performance of a New Biomimetic Double Network Material. *The Open Dentistry Journal*. 2013;7:118-122.
25. Plotino G, Grande NM, Bedini R, et al. Flexural properties of endodontic posts and human root dentin. *Dental Materials*. 2007 Sep;23(9):1129-35.
26. Sagsoz O, Yildiz M, Hojjat Ghahramanzadeh ASL et al. In vitro Fracture strength and hardness of different computer-aided design/computer-aided manufacturing inlays, *Nigerian Journal of Clinical Practice*, 2018, 21(3), p 380-387.
27. Rinke S, Rödiger M, Ziebolz D, et al. Fabrication of Zirconia-Reinforced Lithium Silicate Ceramic Restorations Using a Complete Digital Workflow, *Case Reports in Dentistry*, 2015; Vol. 2015, Article ID 162178.
28. Silva LH, Lima E, Miranda RBP, Dental ceramics: a review of new materials and processing methods, *Braz. oral res.* 2017, 31(1), Epub <https://dx.doi.org/10.1590/1807-3107bor-2017.vol31.0058>
29. Zhi L, Bortolotto T, Krejci I, Comparative in vitro wear resistance of CAD/CAM composite resin and ceramic materials, *Journal of Prosthetic Dentistry*, 2016, 115(2), p 199-202.
30. Güth JF, Zuch T, Zwinge S, et al. Optical properties of manually and CAD/CAM-fabricated polymers, *Dental Materials J.* 2013;32(6):865-71.
31. Vichi A, Carrabba M, Paravina R, et al. Translucency of ceramic materials for CEREC CAD/CAM system, *J Esthet Restor Dent.* 2014 Jul-Aug;26(4):224-31.
32. Egilmez F, Ergun G, Cekic-Nagas I, et al. Comparative color and surface parameters of current esthetic restorative CAD/CAM materials. *The Journal of Advanced Prosthodontics.* 2018;10(1):32-42.
33. Kilinc H, Turgut S, Optical behaviors of esthetic CAD-CAM restorations after different surface finishing and polishing procedures and UV aging: An in vitro study, *Journal of Prosthetic Dentistry*, 2017.

34. Awad D, Stawarczyk B, Liebermann A, et al. Translucency of esthetic dental restorative CAD/CAM materials and composite resins with respect to thickness and surface roughness. *J Prosthet Dent*, 2015 Jun;113(6):534-40.
35. Alharbi A, Ardu S, Bortolotto T, et al. Stain susceptibility of composite and ceramic CAD/CAM blocks versus direct resin composites with different resinous matrices, *Odontology*, April 2017, Vol. 105(2), p 162–169.
36. Blatz MB, Vonderheide M, Conejo J, The Effect of Resin Bonding on Long-Term Success of High-Strength Ceramics, *Journal of Dental Research*, 2017, Vol. 97(2), p 132-139.
37. Peumans M, Valjakova EB, De Munck J, et al. Bonding Effectiveness of Luting Composites to Different CAD/CAM Materials. *J Adhes Dent*. 2016;18(4):289-302.
38. Ying KeiLung C, Matinlinna JP, Aspects of silane coupling agents and surface conditioning in dentistry: An overview, *Dental Materials*, 2012, Vol. 28(5), p 467-477.
39. Lima FF, Neto CF, Rubo JH, et al. Marginal adaptation of CAD-CAM onlays: Influence of preparation design and impression technique. *J Prosthet Dent*. 2018 Mar 15. doi: 10.1016/j.prosdent.2017.10.010. [Epub ahead of print]
40. Papadiochou S, Pissiotis AL, Marginal adaptation and CAD-CAM technology: A systematic review of restorative material and fabrication techniques. *J Prosthet Dent*. 2018 Apr;119(4):545-551.
41. Goujat A, Abouelleil H, Colon P, et al. Mechanical properties and internal fit of 4 CAD-CAM block materials. *J Prosthet Dent*. 2018 Mar;119(3):384-389.
42. Wiegand A, Stucky L, Hoffmann R, et al. Repairability of CAD/CAM high-density PMMA- and composite-based polymers, *Clinical Oral Investigations*, 2015, Vol. 19(8), p 2007–2013.
43. d'Incau E, Bartala M, Dos-Santos A, Traitement la dent dépulpée postérieure La stratégie de la préservation, *Réalités Cliniques*, 2011. Vol. 22(1), p 273–280.
44. Préparation des restaurations partielles collées indirectes (RPCI), *Information Dentaire*, Septembre 2017.

45. Reconstitution d'une dent par matériau incrusté (inlay-onlay), Rapport d'évaluation technologique, Haute Autorité de Santé, Juillet 2009
46. Yoon HI, Sohn PJ, Jin S, et al. Fracture Resistance of CAD/CAM-Fabricated Lithium Disilicate MOD Inlays and Onlays with Various Cavity Preparation Designs. *J Prosthodont.* 2018 Mar 13. doi: 10.1111/jopr.12787. [Epub ahead of print]
47. Ön Salman G, Tacir YH, Polat ZS, et al. Influence of different cavity preparation designs on fracture resistance of onlay and overlay restorations using different CAD/CAM materials. *Am J Dent.* 2017 Jun;30(3):165-170.
48. Spitznagel FA, Scholz KJ, Stub JR, et al. Polymer-infiltrated ceramic CAD/CAM inlays and partial coverage restorations: 3-year results of a prospective clinical study over 5 years, *Clinical Oral Investigations*, June 2018, Vol. 22(5), p 1973–1983.

Iconographie

Figure 1 : Classification des matériaux usinables disponibles sous forme de blocs (D'après K. Nasr, cours DU CFAO en Odontologie de Toulouse)

Figure 2 : Composition chimique des différents matériaux usinables en CFAO directe

Figure 3 : Propriétés mécaniques des différents matériaux utilisables en CFAO directe en comparaison avec les tissus dentaires

Figure 4 : Comparaison qualitative des différents matériaux selon leurs propriétés

Figure 5 : Différents designs de préparations pour restaurations postérieures en fonction du gradient thérapeutique : table-tops, inlays, onlays, overlays, veneerlays, endolays, couronnes et endocouronnes. Ces 2 derniers cas ne sont pas considérés comme des restaurations partielles mais totales de la couronne dentaire (D'après K. Nasr, Cours DU CFAO en Odontologie de Toulouse)

Figure 6 : Critères cliniques influençant le choix du type de matériau de restauration en CFAO directe

Figure 7 : Situation initiale avec l'ancien inlay e.max en place (Photographie du Dr K. Nasr)

Figure 8 : Situation après dépose de l'ancienne restauration (Photographie du Dr K. Nasr)

Figure 9 : Modèle de travail obtenu par empreinte optique sur le logiciel de modélisation (Photographie du Dr K. Nasr)

Figure 10 : Vue occlusale de la restauration modélisée sur le logiciel (Photographie du Dr K. Nasr)

Figure 11 : Visualisation virtuelle de l'inlay 2 faces à l'intérieur du bloc de matériau à usiner (Photographie du Dr K. Nasr)

Figure 12 : Situation finale avec le nouvel inlay composite placé dans la même séance de soins (Photographie du Dr K. Nasr)

**CHOIX DU MATERIAU POUR DES RESTAURATIONS PARTIELLES DANS LE
SECTEUR POSTERIEUR EN CFAO DIRECTE**

RESUME EN FRANÇAIS :

Choisir le matériau adéquat, parmi tous ceux disponibles en CFAO directe, et selon le contexte clinique, est impératif en vue de la réussite de toute réhabilitation par restauration partielle collée intéressant le secteur postérieur. Ces matériaux ont des caractéristiques propres et des comportements spécifiques qui permettent d'établir des indications pour chacun d'entre eux.

TITLE : Choice of materials for chairside CAD-CAM partial posterior restorations

DISCIPLINE ADMINISTRATIVE : Chirurgie dentaire

MOTS-CLES : CFAO, CFAO directe, biomatériau, secteur postérieur, restaurations partielles, céramique, composite, indications

INTITULE ET ADRESSE DE L'UFR OU DU LABORATOIRE :

Université Toulouse III-Paul Sabatier
Faculté de chirurgie dentaire 3 chemin des Maraîchers 31062 Toulouse Cedex

DIRECTEUR DE THESE : Docteur Karim NASR