



HAL
open science

Restauration de la dent dépulpée avec des ancrages fibrés : possibilités actuelles et exemples d'application

Noémie Keidjian

► To cite this version:

Noémie Keidjian. Restauration de la dent dépulpée avec des ancrages fibrés : possibilités actuelles et exemples d'application. Médecine humaine et pathologie. 2020. dumas-03111671

HAL Id: dumas-03111671

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03111671>

Submitted on 15 Jan 2021

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.

RESTAURATION DE LA DENT DÉPULPÉE AVEC DES ANCRAGES FIBRÉS : POSSIBILITÉS ACTUELLES ET EXEMPLES D'APPLICATION

Année 2020

Thèse n°42-57-20-31

THÈSE

Présentée et publiquement soutenue devant
la Faculté de Chirurgie Dentaire de Nice
Le 25 Septembre 2020 par

Madame Noémie KEIDJIAN

Née le 4 Novembre 1994 à Antibes
Pour obtenir le grade de :

DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE (Diplôme d'État)

Examineurs :

Madame le Professeur
Monsieur le Professeur
Madame le Professeur
Monsieur le Docteur
Monsieur le Docteur

C. LASSAUZAY
M. BOLLA
N. BRULAT
E. LEFORESTIER
G. DUMINIL

Président du jury
Directeur de thèse
Assesseur
Assesseur
Membre invité

56ème section : DEVELOPPEMENT, CROISSANCE ET PREVENTION

Sous-section 01 : ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE ET ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE

Professeur des Universités : Mme MANIERE-EZVAN Armelle
Professeur des Universités : Mme MULLER-BOLLA Michèle
Maître de Conférences des Universités : Mme JOSEPH Clara
Maître de Conférences des Universités Associé : Mme OUEISS Arlette
Assistant Hospitalier Universitaire : Mme AIEM TORT-ALVAREZ Elody
Assistant Hospitalier Universitaire : Mr CAMIA Julien
Assistant Hospitalier Universitaire : Mme MASUCCI Caterina

Sous-section 02 : PREVENTION, EPIDEMIOLOGIE, ECONOMIE DE LA SANTE, ODONTOLOGIE LEGALE

Professeur des Universités : Mme LUPI Laurence
Maître de Conférences des Universités Associé : Mme BORSA Leslie
Assistant Hospitalier Universitaire : Mme FRENDO Marie
Assistant Hospitalier Universitaire : Mme MERIGO Elisabetta

57ème section : CHIRURGIE ORALE ; PARODONTOLOGIE ; BIOLOGIE ORALE

Sous-section 01 : CHIRURGIE ORALE ; PARODONTOLOGIE ; BIOLOGIE ORALE

Professeur des Universités : Mme PRECHEUR-SABLAYROLLES Isabelle
Maître de Conférences des Universités : Mr BENHAMOU Yordan
Maître de Conférences des Universités : Mr COCHAI Patrice
Maître de Conférences des Universités : Mme DRIDI Sophie Myriam
Maître de Conférences des Universités : Mme RAYBAUD Hélène
Maître de Conférences des Universités : Mme VINCENT-BUGNAS Séverine
Maître de Conférences des Universités : Mme VOHA Christine
Assistant Hospitalier Universitaire : Mr BORIE Gwenaël
Assistant Hospitalier Universitaire : Mr CHARBIT Mathieu
Assistant Hospitalier Universitaire : Mme FISTES Elene-Maria

58ème section : REHABILITATION ORALE

Sous-section 01 : DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE, PROTHESES, FONCTION-DYSFONCTION, IMAGERIE, BIOMATERIAUX

Professeur des Universités : Mme BERTRAND Marie-France
Professeur des Universités : Mr BOLLA Marc
Professeur des Universités : Mme BRULAT-BOUCHARD Nathalie
Professeur des Universités : Mme LASSAUZAY Claire
Professeur des Universités : Mr MAHLER Patrick
Professeur des Universités : Mr MEDIONI Etienne
Professeur des Universités Emérite : Mr ROCCA Jean-Paul
Maître de Conférences des Universités : Mr ALLARD Yves
Maître de Conférences des Universités : Mr CEINOS Romain
Maître de Conférences des Universités : Mme EHRMANN Elodie
Maître de Conférences des Universités : Mr LAPLANCHE Olivier
Maître de Conférences des Universités : Mr LEFORESTIER Eric
Maître de Conférences des Universités : Mme POUYSSEGUR-ROUGIER Valérie
Assistant Hospitalier Universitaire : Mme ABID Sarah
Assistant Hospitalier Universitaire : Mme AZAN Cindy
Assistant Hospitalier Universitaire : Mme BECQUART Mathilde
Assistant Hospitalier Universitaire : Mme DEMARTY Laure
Assistant Hospitalier Universitaire : Mme GROSSI Vanina
Assistant Hospitalier Universitaire : Mr LAMBERT Gary
Assistant Hospitalier Universitaire : Mr LONJON Jean-Baptiste
Assistant Hospitalier Universitaire : Mr PARNOT Maximilien

REMERCIEMENTS

À Madame le Professeur Claire LASSAUZAY

Je vous remercie sincèrement de me faire l'honneur de Présider ce jury. Étant le premier professeur à nous avoir accueillis en deuxième année, j'ai l'impression de clore mes études en odontologie de la plus belle des façons. Merci pour toutes ces années d'enseignements qui nous ont habitués directement à ce métier de responsabilités. Merci également pour votre bienveillance lors des vacances cliniques en gériatrie, votre empathie et votre douceur envers les patients est un exemple que je m'applique à suivre chaque jour.

À Monsieur le Professeur Marc BOLLA

Je tiens à vous remercier de m'avoir fait confiance en me confiant un sujet qui vous tient particulièrement à cœur. Merci d'avoir été si patient surtout dans les débuts de cette thèse. Je vous remercie également pour la qualité des enseignements que vous délivrez. Je pense sincèrement que la connaissance et la compréhension des matériaux utilisés en chirurgie dentaire est nécessaire pour exceller en clinique. Enfin je vous remercie de me soutenir dans tous mes projets, passés et futurs. Soyez assuré de mon profond respect et de ma sincère reconnaissance.

À Madame le Professeur Nathalie BRULAT-BOUCHARD

Je tiens à vous remercier pour avoir bien voulu lire et évaluer ce travail. Votre pédagogie et votre rigueur m'ont poussé et amènent aujourd'hui chaque étudiant à délivrer des soins de grande qualité. Je vous remercie pour tout ce que j'ai pu apprendre à vos côtés, c'est pour moi un immense plaisir d'avoir été votre élève, votre aide opératoire et bientôt votre consœur.

À Monsieur le Docteur Éric LEFORESTIER

Je vous remercie de me faire l'honneur de siéger dans ce jury. Vos cours de biomatériaux ont toujours suscité pour moi enthousiasme et intérêt. Merci pour le calme dont vous faite preuve et les conseils que vous prodiguez en clinique. J'espère que ce travail de thèse saura retenir votre attention. Qu'il soit aujourd'hui le témoignage de ma profonde considération.

À Monsieur le Docteur Gérard DUMINIL

Je vous remercie pour l'intérêt spontané que vous avez porté à mon travail. Je suis honorée de votre présence parmi les membres invités de cette thèse. Votre implication dans notre métier ainsi que la qualité de vos traitements, mis en exergue à travers différents articles est remarquable à mes yeux. J'espère au travers de cette thèse vous exprimer le respect majeur que je vous porte.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	2
I. PARTICULARITÉS DE LA DENT DÉPULPÉE	3
I.1. Histologie des tissus dentaires : rappels	3
I.2. Modifications biologiques	3
I.3 Modifications biomécaniques	4
I.4. Enjeux du traitement et comportement de la dent dépulpée dans le temps.....	5
II - CRITÈRES DE CHOIX D'UNE RESTAURATION CORONO-RADICULAIRE	7
II.1 La restauration corono-radicaire	8
II.2 Les différents types de RCR.....	9
II.3 Critères de choix entre RCR foulée et coulée.....	10
III.1 - ÉVOLUTION/ESSOR DES TECHNIQUES MODERNES DE DENTISTERIE.....	14
III.1.1 Evolution des connaissances sur le comportement des ancrages coulés et fibrés	14
III.1.2 Evolution des matériaux de collage.....	17
III.1.3 Evolution des techniques d'empreinte - Apport du numérique	23
III.2- LES NOUVEAUX ANCRAGES FIBRES	27
III.2.1 Le tenon passif unitaire en fibres de verre et/ou quartz	27
III.2.2 Les micro-tenons fasciculés	32
III.2.3 Les inlays-cores fibrés obtenus par CFAO : exemple avec le Numerys GF (Itena)	43
CONCLUSION	52
TABLE DES ILLUSTRATIONS	60

INTRODUCTION

Dans notre pratique quotidienne, les chirurgiens-dentistes sont souvent confrontés à des dents présentant des destructions coronaires importantes. Après éviction des tissus carieux et traitement endodontique, le praticien se retrouve alors face à une dent quasiment sans parois restantes, sur laquelle il est impossible d'effectuer une restauration directe pérenne dans le temps. Un ancrage radiculaire est alors nécessaire pour soutenir la restauration de la partie coronaire qui se fera généralement par une pièce prothétique.

De nos jours, avec l'évolution des techniques modernes de dentisterie et l'avènement des matériaux de collage, un panel de nouvelles restaurations s'offre à nous et il est impensable de continuer à systématiser "l'inlay-core/couronne" après un traitement endodontique.

La dentisterie actuelle se veut plus conservatrice, essayant de préserver au maximum des tissus dentaires uniques et respectant un gradient thérapeutique.

Mais même dans le cas d'un acte fortement délabrant comme la mise en place d'un ancrage radiculaire suivi d'une couronne prothétique, il convient d'être formé sur les nouvelles techniques mises à notre disposition, afin de choisir des biomatériaux d'intégration naturelle qui doivent mimer le comportement physiologique initial de la dent, dans un souci de biomimétisme.

Cette thèse a pour but de souligner l'évolution des connaissances concernant le comportement de la dent dépulpée restaurée avec un ancrage radiculaire. Mais également de mettre en lumière les multiples alternatives dont dispose le praticien pour réaliser une reconstitution corono-radiculaire foulée faisant appel à un ancrage radiculaire, avec les avantages et inconvénients de chaque méthode.

Dans un premier temps les différentes études et réflexions ayant autorisé l'avènement des reconstitutions par matériau inséré en phase plastique seront envisagées.

Puis les différentes possibilités de RCR fibrées disponibles actuellement seront présentées, avec leur protocole de mise en place et quelques exemples cliniques d'application.

I. PARTICULARITÉS DE LA DENT DÉPULPÉE

I.1. Histologie des tissus dentaires : rappels

L'émail est composé à 96 % de matière minérale (cristaux d'hydroxyapatite de calcium), 2% de matière organique et 2% d'eau.

La dentine représente le constituant principal de la dent, elle est composée à 70% de minéraux (phosphates de calcium/cristaux d'hydroxyapatite), 18% de matière organique (principalement des fibres de collagènes) et 12% d'eau. Elle est traversée par un réseau de millions de tubulis dentinaires (fig. 1), englobant les fibres de Tomes, capables de transmettre des stimuli à la pulpe. Elle est recouverte au niveau coronaire par l'émail.

La pulpe, au coeur de l'organe dentaire, est une masse conjonctivo-vasculaire composée de fibres nerveuses, de vaisseaux sanguins et lymphatiques. Elle assure des fonctions nutritives, réparatrices et neuro-sensorielles.

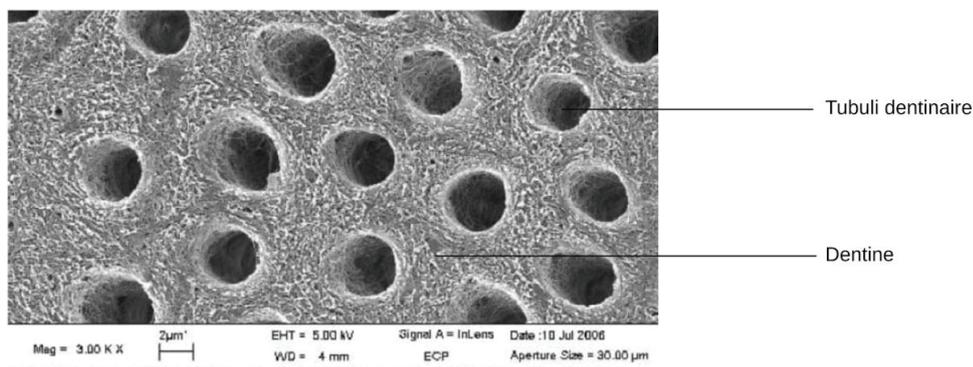


Figure 1. Dentine au microscope électronique à balayage MEB, grossissement x 3000.

I.2. Modifications biologiques

Après traitement endodontique, la dent dépourvue de son principal constituant nutritif, la pulpe, peut être perçue comme un complexe organo-minéral inerte et poreux. Elle se maintient dans l'os grâce au ligament dento-alvéolaire qui n'est pas affecté par l'élimination du nerf dentaire (Clunet-Coste 2017).

Au niveau des différents tissus de la dent, peu de modifications seront observées :

- L'émail présente des propriétés mécaniques, physiques et optiques inchangées après traitement, ce qui permet à la dent de garder une résistance face aux forces masticatoires ;

- La dentine subit une perte hydrique négligeable suite au traitement (Papa 1994). La perte de vitalité ou les procédures endodontiques semblent n'induire que des modifications négligeables de l'humidité des tissus dentaires durs (Dimitriu 2009). Les fibres de collagène, constituantes de la phase organique, subissent une dégradation progressive dans le temps. Après étude au microscope électronique à balayage, Ferrari indique une dégradation progressive de la trame collagénique, qui devient moins dense après 3 à 5 ans, perd son intégrité structurelle après 6 à 9 ans, et disparaît partiellement après 10 à 12 ans (Ferrari 2004), mais qui n'a pas d'impact sur la résistance globale de la dent. Les qualités optiques de la dentine (fig. 2) peuvent en revanche être modifiées par des colorations dues à la persistance de tissus nécrotiques ou de sang dans les tubulis ou encore par l'eugénol utilisé dans nos ciments d'obturation (Decup 2014).



Figure 2. Exemple de dyschromie apparue après traitement endodontique de la dent n 11

La dent, dépourvue de nerf, perd ses fonctions physiologiques de défense envers son environnement (contraintes, pathologies, forces occlusales) et de proprioception, liées à la perte de ses récepteurs intrapulpaires (Decup 2014).

I.3 Modifications biomécaniques

L'émail, tissu principalement minéral, très dur et la dentine sous-jacente confèrent à la dent intacte une grande résistance aux forces masticatoires. Mais l'éviction des tissus carieux puis l'accès au réseau canalaire qui nécessite un délabrement du plafond de la chambre pulpaire modifient ces propriétés biomécaniques.

La perte de structures coronaires entraîne une diminution de la résistance intrinsèque de la dent qui est proportionnelle au taux de délabrement.

En effet selon une étude de Reeh et coll. la perte de résistance mécanique suite à l'accès au réseau endodontique ne serait que de 5%, puis ce pourcentage augmente avec la perte d'une ou deux crêtes marginales (fig. 3) ce qui accroît le risque de fracture (Reeh 1989).

La perte d'une ou deux crêtes marginales entraînerait une diminution du taux de survie de la dent dans le temps, celui-ci pouvant être jusqu'à trois fois inférieur à une dent intacte lors de la perte des deux crêtes marginales (Caplan 2002).

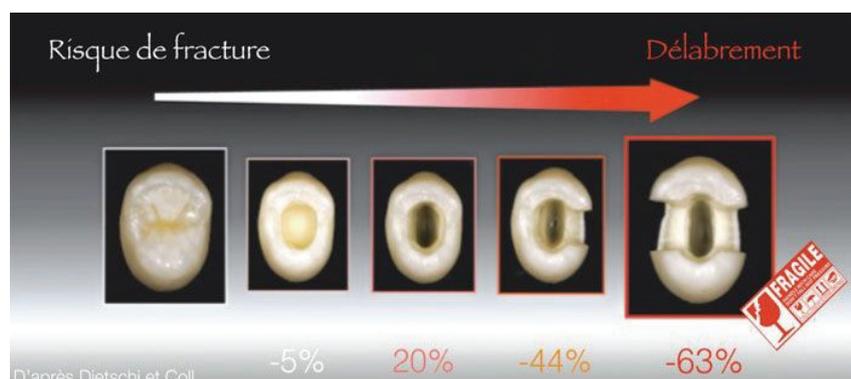


Figure 3. Pourcentage de perte de résistance mécanique de la dent liée à la perte des tissus coronaires (selon Reeh et coll.)

La résistance mécanique de la dent et des tissus résiduels est également diminuée si le praticien réalise une sur-instrumentation au niveau des parois internes lors de la préparation canalaire (Reeh 1989).

Ainsi, pour leurs caractéristiques biologiques et biomécaniques uniques, il est capital de préserver au maximum ces deux tissus, lors du traitement de la dent.

1.4. Enjeux du traitement et comportement de la dent dépulpée dans le temps

Les canaux radiculaires dépulpés sont une voie de passage directe pour les bactéries du milieu intra buccal au parodonte. Tout l'enjeu du traitement pour le praticien est d'éviter les pertes d'étanchéité potentielles et maintenir un canal désinfecté par le biais d'un nettoyage chimique et mécanique, afin de prévenir la réinfection et la percolation de substrats bactériens, ce qui permet au parodonte de maintenir son intégrité (Anantula 2011).

Il est donc nécessaire dans un premier temps d'obturer de façon étanche le canal après sa désinfection complète.

La persistance d'une infection microbienne liée à un débridement mécanique inadéquat peut entraîner un échec du traitement endodontique (Tabassum 2016). L'obturation, réalisée à l'aide de gutta percha et de ciment d'obturation, doit être homogène, sans discontinuité et jusqu'à 2 mm de l'apex radiologique afin de répondre au mieux aux exigences d'herméticité du canal (Ng 2008).

Mais cet acte seul est insuffisant car un traitement canalaire exposé trop longtemps à la salive laissera malgré tout passer les bactéries (fig. 4) (Carratù 2002).

Le praticien doit donc, dans un deuxième temps, réaliser une restauration coronaire adaptée à la situation clinique et respectant le gradient thérapeutique.



Figure 4. Image de lésion apicale liée à un traitement endodontique inadéquat

De nos jours, la dentisterie moderne suit les principes de conservation tissulaire et de gradient thérapeutique. Avec l'essor des matériaux d'assemblage ou de restauration et les nouvelles techniques de restaurations partielles, il est devenu impensable de systématiser « l'inlay-core couronne » après un traitement endodontique.

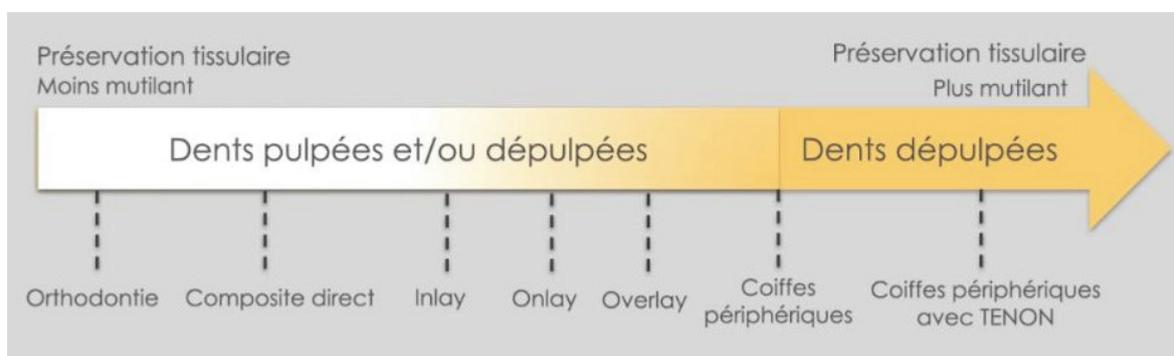


Figure 5. Techniques de restaurations actuelles adaptées selon les tissus résiduels.

Dans le cadre de cette thèse, nous nous intéresserons aux délabrements dentaires nécessitant une restauration coronaire soutenue par un ancrage radiculaire.

II - CRITÈRES DE CHOIX D'UNE RESTAURATION CORONO-RADICULAIRE

Après éviction des tissus carieux et quand le choix d'une restauration par couronne s'impose, une préparation corono-périphérique (PCP) doit être réalisée. Elle est couramment réalisée de dépouille (3° à 6°) avec un épaulement à angle interne en quart de rond, et présentant un congé allant de 0,8 à 1,2 mm.

Ce geste doit répondre à plusieurs impératifs (Armand 1999) :

- Permettre la sustentation, la stabilisation et la rétention de la prothèse ;
- Ménager suffisamment de place au matériau prothétique utilisé ;
- Assurer une économie tissulaire au niveau de la dent ;
- Réaliser des limites précises et adaptées au type de prothèse (céramo-métallique ou céramique) ;
- Préserver le parodonte ;
- Satisfaire aux impératifs esthétiques.

Dans l'idéal, la PCP doit également présenter un bandeau circonférentiel continu, de 1 à 2 mm de hauteur de dentine coronaire et 1 mm d'épaisseur, qui borde la chambre pulpaire : c'est la ferrule (fig. 6).

Dès 1990, Sorensen et Engelman soulèvent la notion d'effet de ferrule. Selon eux, garder 1 mm de structure dentinaire coronaire, au-dessus du joint périphérique augmente de façon significative la résistance à la fracture des dents (Sorensen 1990). A présent, son importance est établie grâce à différentes études sur la répartition des contraintes avec et sans effet ferrule.

En 2002, Pierrisnard et al. comparent la distribution des contraintes sur les tissus dentaires face à différentes reconstructions corono-radicales de dents dépulées. Il est conclu que peu importent les tissus résiduels et le type de RCR, une zone de stress est présente au niveau cervical et qu'en l'absence de ferrule, un maximum de contraintes apparaît sur cette zone cervicale (Pierrisnard 2002).

Grâce à l'effet ferrule, la couronne prothétique et la racine dentaire fonctionnent comme un ensemble qui permet une transmission optimale des forces occlusales vers le parodonte. C'est un facteur prédominant pour la survie des dents dépulées, il permet de diminuer les contraintes cervicales lors des restaurations avec ancrage (Batista 2020).

En absence de ferrule, les contraintes sont directement transmises à la racine via le tenon ce qui augmente fortement le risque de fracture dentaire (Stavridakis 2018).



Figure 6. Schéma d'une préparation corono-périphérique et effet ferrule

II.1 La restauration corono-radiculaire

Une fois la dent préparée, une restauration corono-radiculaire (RCR) est mise en place afin d'optimiser la rétention de la future prothèse.

La RCR (fig. 7) vient s'ancrer dans les racines à l'aide d'une partie radiculaire appelée tenon (ou ancrage radiculaire) et fait émerger un faux moignon, au niveau de la partie coronaire, sur lequel reposera la couronne.

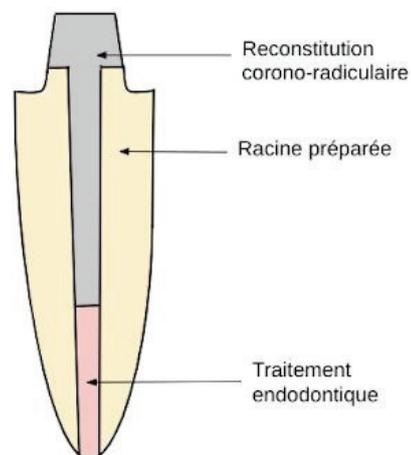


Figure 7. Éléments composants une restauration corono-radiculaire

La mise en place d'un ancrage radiculaire n'augmente pas la résistance mécanique de la dent dépulpée, bien au contraire (Moyen 1999). Mais l'ancrage est parfois nécessaire pour augmenter la rétention du matériau de reconstitution coronaire (Déjou 2001) et renforcer la cohésion corono-radicaire.

Dans l'idéal la RCR permet :

- De répartir les contraintes fonctionnelles au sein de la partie coronaire et radiculaire;
- D'étanchéifier le système canalaire/notre traitement endodontique ;
- D'assurer la pérennité de la dent sur l'arcade sur des plans biologique et structurel.

Afin de réaliser une restauration fonctionnelle et pérenne dans le temps, la RCR devra répondre idéalement au cahier des charges suivant (Bolla 2014) :

- Restaurer la morphologie coronaire invalide ou absente ;
- Préserver un maximum de substance dentaire résiduelle ;
- Protéger l'organe dentaire restauré en remplaçant les tissus manquants ;
- Transmettre les contraintes dans les zones précises de la racine avec si possible les mêmes forces et directions que pour une dent saine ;
- Préserver le maintien de l'étanchéité apicale de façon permanente ;
- Permettre la réintervention au niveau canalaire.

II.2 Les différents types de RCR

Dans notre arsenal thérapeutique actuel, deux méthodes s'offrent à nous afin de réaliser une RCR :

- Une reconstitution directe réalisée avec un matériau inséré en phase plastique (RMIPP) dite RCR foulée (fig. 8), de réalisation directe au fauteuil sans étape laboratoire, et qui nécessitera généralement un composite et une étape de collage.
- Une reconstitution indirecte réalisée avec un matériau métallique (alliage précieux ou non précieux) ou en céramique ou matériau polymère dite RCR coulée (ou encore dénommée inlay-core ou faux-moignon) qui nécessite une empreinte et une étape de réalisation au laboratoire et qui sera scellée ou collée à l'organe dentaire (fig. 8).



Figure 8. Photos d'une reconstitution avec matériaux insérés en phase plastique et d'une reconstitution avec inlay-cores

II.3 Critères de choix entre RCR foulée et coulée

Pendant longtemps il a été difficile de déterminer les indications précises pour l'une ou l'autre des méthodes (ANAES 2003). Et à présent il est toujours impossible de déterminer la supériorité de l'une ou l'autre des techniques (ANAES 2003), puisqu'elles possèdent chacune leurs avantages et inconvénients et que les taux de survie dans le temps des RCR foulées et coulées sont similaires. C'est ce que nous montrent les études de Cloet et Sarkis-Onofre qui évaluent le taux de survie des RCR coulées et foulées à respectivement 5 ans et 3 ans sans trouver de différence significative entre les deux (Sarkis-Onofre 2014) (Cloet 2017). La réalisation des RCR foulées est toutefois entrée dans notre pratique courante et un praticien sait alterner entre les deux techniques selon la situation clinique (Gantel 2006).

Dès 1999 Moyen et Armand ont énoncé que les paramètres à prendre en compte pour déterminer le type de RCR à réaliser sont la dent et son environnement parodontal, l'occlusion, l'importance et la situation de la perte de substance, le passé pathologique de la dent, le type de prothèse envisagé, les problèmes de corrosion et les rapports ancrage/dentine radiculaire (Moyen 1999).

Avec le recul clinique, plusieurs auteurs comme Bolla et Aboudharam, nous proposent des critères de choix simplifiés pour choisir entre les deux méthodes (fig. 9).

Ils reposent sur l'évaluation clinique du nombre de parois restantes, leur hauteur ainsi que leur épaisseur après préparation corono-périphérique (Aboudharam 2001).

Est désignée comme paroi celle ayant une épaisseur supérieure à 1,5 mm et une hauteur supérieure au tiers de la hauteur coronaire totale (Bolla 2014).

RCR OU RC FOULÉE					
Nombre de parois	4	3	2	1	0
Hauteur des parois	totale	2/3	1/3	0	
Épaisseur des parois	> 1mm		< 1mm		
RCR COULÉE					

Figure 9. Tableau guidant le choix de la technique de RCR selon les substrats en présence

Les autres paramètres à prendre en compte lors de notre choix sont :

- La possibilité d'isoler la dent pour réaliser un protocole de collage sans compromis, nécessitant donc des limites de préparation supra-gingivales,
- L'anatomie canalaire et la préparation canalaire nécessaire pour créer la rétention de la RCR, car il est préférable d'adapter la RCR à l'anatomie canalaire plutôt que d'imposer des mutilations massives à la racine (Koubi 2008) ;
- La localisation de la dent sur l'arcade (ANAES 2003) ;
- Le rôle de la future superstructure (ANAES 2003) : les inlay-cores sont privilégiés si la future couronne est support de crochet ;
- Le contexte occlusal, qui doit être favorable pour la mise en oeuvre des RCR foulées (absence de para-fonctions, étude du temps d'application, de la direction et de l'intensité des forces occlusales) ;
- Le contexte parodontal et notamment la qualité de l'os alvéolaire (Moyen 1999) ;
- La possibilité de réintervention, simplifiée avec la mise en place d'une RCR coulée.

Les RCR foulées actuelles, réalisées à l'aide de tenons fibrés associés à des composites de collage, présentent plusieurs avantages :

- Sur le plan esthétique, elles recréent le cœur chromatique de la dent. Associées à une couronne céramo-céramique elles permettent une bonne circulation de la lumière capable d'imiter au mieux l'aspect d'une dent naturelle (Koubi 2008)(Magne 2003) ;
- Sur le plan biologique, elles permettent une économie tissulaire : le tenon doit flotter dans la racine nettoyée, le composite de collage comblant les espaces libres et contre-dépouilles ;
- Elles présentent une inertie électrochimique, ce qui permet d'éviter les phénomènes de corrosion ;

- Sur le plan mécanique, elles possèdent un module d'élasticité voisin de celui de la dentine leur conférant une bonne capacité de diffusion des contraintes et diminuant le risque de fractures profondes ;
- Elles assurent un gain de temps, la PCP, la RCR et l'empreinte pour la coiffe pouvant être réalisées dans la même séance.

Elles sont donc à privilégier dans le cadre d'une dentisterie moderne se voulant moins mutilante, plus esthétique, biologiquement compatible et biomimétique. Cependant, faisant intervenir une technique de collage, elles nécessitent du praticien un respect rigoureux de l'isolement de la dent grâce au champ opératoire. De plus la préparation des surfaces et la mise en œuvre stricte du protocole de collage sont parfois une étape délicate.

Les indications des RCR indirectes ou inlay-cores correspondent aux contre-indications des reconstitutions directes. Leurs avantages sont :

- Un très grand recul clinique assurant une bonne prévisibilité des résultats ;
- Une simplicité de mise en œuvre et une plus grande tolérance aux erreurs de manipulation ;
- Une simplicité de dépose dans le cadre d'une éventuelle reprise du traitement endodontique (ANAES 2003).

Mais différentes études ont révélé les inconvénients des inlay-cores, liés principalement à leur rigidité qui transmet les forces directement à l'apex de la racine ce qui entraîne des fractures profondes sans réintervention possible (Franco 2014). Leur rétention purement mécanique nécessite un délabrement intra-canalair de dépouille, parfois profond, afin d'éviter un descellement. Cette préparation peut entraîner une fragilisation de la racine, surtout pour les racines courbes des 1ères molaires mandibulaires. Enfin les alliages composant la RCR coulée sont peu esthétiques et entraînent parfois un phénomène de corrosion intracanalair (fig. 10) (Koubi 2008) (Moyen 1999).

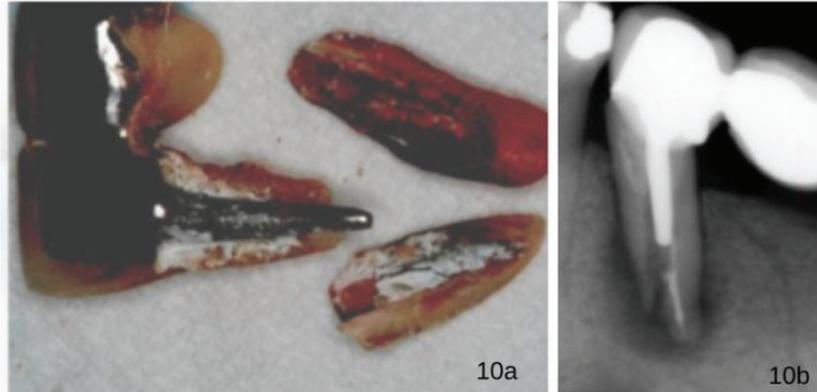


Figure 10a. Photo d'une racine fracturée présentant un phénomène de corrosion liée à un inlay core
Figure 10b. Radio d'une racine fracturée liée à une sur préparation canalaire

Depuis peu, grâce à l'essor de nouveaux matériaux et des techniques d'empreinte, s'offre à nous le choix de réaliser un inlay-core fibré où l'ancrage sera usiné au cabinet dans un bloc de fibres unidirectionnelles.

La société Itena Clinical a mis sur le marché un produit hybride constitué de 20% de résine époxy et 80% de fibres de verre, le Numerys GF (fig. 11), destiné à l'usage. Ce matériau a un module d'élasticité comparable à celui de la dentine, il est radio-opaque et esthétique (Duminil 2019). Il permet de substituer le métal pour toutes les RCR. Son indication reste la même que pour un inlay-core classique mais offre une meilleure alternative vis-à-vis de la répartition des contraintes au niveau radiculaire.



Figure 11a. Photo de bloc de résine Numerys GF usinable pour la confection d'inlay core
Figure 11b. Exemple d'inlay-core fibré usiné

III.1 - ÉVOLUTION/ESSOR DES TECHNIQUES MODERNES DE DENTISTERIE

Dans les années 1930 et jusqu'aux années 1980, les ancrages radiculaires étaient réalisés à partir de tenons métalliques ou inlay-cores. L'inlay-core est alors scellé dans la racine à l'aide d'un ciment type phosphate de zinc et tient par rétention mécanique grâce au contact intime entre ses parois et celles de la racine préparée.

En 1988, le premier tenon en fibre de carbone, le "Composipost" de RTD apparaît (Pegoretti 2002). Assemblé à l'aide d'un composite de collage et d'un composite de reconstitution coronaire, son originalité repose sur un module d'élasticité proche de celui de la dentine. En 1998, une étude de Martínez-Insua et al. compare la résistance à la fracture des dents restaurées avec un tenon en fibre de carbone à celle des dents restaurées avec tenon métallique ou inlay-core. Elle montre des seuils de fracture significativement plus élevés pour le groupe tenon métal et inlay core (Martínez-Insua 1998). La majorité des praticiens persistent donc dans l'utilisation d'inlay-core comme moyen d'ancrage, pensant que ce dernier renforce la racine (Dietschi 2007). Cependant et suite aux répétitions de fractures profondes associées à ce type d'acte (fig. 12), d'autres auteurs se penchent sur le comportement de ce type d'ancrage.



Figure 12. Radios de fractures profondes associées à la mise en place d'inlays-cores

A présent, grâce aux nombreuses études sur le comportement des dents restaurées par RCR coulée et l'avènement de nouveaux biomatériaux et techniques d'empreintes, l'éventail de choix thérapeutique s'est élargi et cet automatisme tend à disparaître.

III.1.1 Evolution des connaissances sur le comportement des ancrages coulés et fibrés

La RCR une fois collée ou scellée dans la racine forme un système qui permet le soutien de la future couronne. Le tout reçoit différents types de contraintes lors de la mastication, selon la localisation de la dent sur l'arcade.

Les dents antérieures subissent principalement des forces de flexion et cisaillement exercées sur la face palatine lors des mouvements de propulsion. Les dents postérieures supportent principalement des forces occlusales de compression, tangentes à l'axe de la dent.

Les valeurs des contraintes durant la fonction s'élèveraient à environ 220 N pour les incisives, 450 N pour les prémolaires et 665 N pour les molaires (Craig 1996).

La rigidité d'un matériau est définie par son module d'élasticité (ou module d'Young), qui représente l'existence ou non d'un domaine de déformation plastique. La valeur de la contrainte à la rupture définit elle, la résistance à la rupture du matériau (Bolla 2009).

Pour les tissus dentaires le module d'élasticité de la dentine est de 20 GPa, celui de l'émail de 82 GPa. Tandis que les alliages présentent un module d'élasticité plus élevé (fig. 13), allant de 100 à 250 GPa.

Matériaux	Module élasticité (GPa)
Email	82.5
Dentine	20
Composite hybride	14 – 24
Titane	140
Alliage NP	210
Alliage P	80 – 100
Fibre de carbone	20 – 40
Fibre de quartz	46
Fibre de verre	40
Zirconium	170

Figure 13. Exemples de différents modules d'élasticité

Plusieurs études ont été menées pour étudier la répartition des contraintes au sein du système RCR-dent, et ont prouvé que la similitude entre le module d'Young de la restauration et celui de la dentine radiculaire joue un rôle déterminant dans la répartition des contraintes.

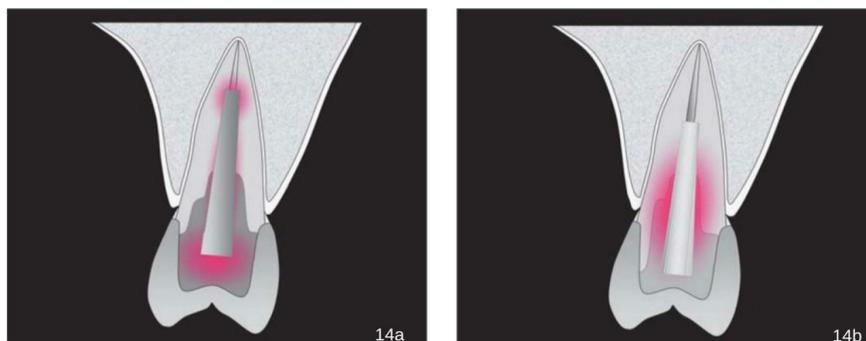
La RCR coulée métallique possède un haut module d'élasticité, l'inlay-core est donc résistant aux fortes charges (Franco 2014). Mais son adaptation étroite aux parois de la racine, transmet un maximum de contraintes au niveau de certaines zones, proches de la zone cervicale (Pierrisnard 2002) et à l'apex de la dent (Dietschi 2007), c'est l'effet de coin. La concentration des contraintes au niveau de ces zones peut entraîner des fractures profondes et/ou verticales, irrécupérables.

C'est ce qu'a constaté Franco en 2014 dans son étude comparant la résistance à la fracture de dents restaurées par différents types de tenons préfabriqués fibrés à un tenon en or (groupe témoin). Il conclut que le groupe témoin présente une résistance à la charge statique significativement plus élevée que les autres groupes mais les racines se sont toutes fracturées de manière catastrophique.

Pour les dents restaurées avec des tenons en fibre de verre, la rupture s'est produite à la jonction entre la partie coronaire en résine composite et la racine. La longueur des tenons en fibre de verre n'a pas influencé la résistance à la rupture (Franco 2014).

La RCR foulée, constituée d'un composite associé à un tenon en fibre de verre ou de quartz, possède un module d'élasticité plus proche de celui de la dentine. L'efficacité clinique de ces restaurations a été principalement attribuée à leur comportement plus biomimétique qui réduit le risque de fractures radiculaires verticales (Goracci 2011). Les contraintes sont réparties de manière plus homogène à l'ensemble des tissus de soutien (fig. 14) (Eskitaşcioğlu 2002).

En 2002, Pegoretti cible les zones de stress sur la racine grâce à une étude par éléments finis. Il ressort que les tenons en or montrent les plus grandes zones de stress, surtout au niveau de l'interface tenon-dentine. Les tenons en carbone montrent une zone de stress au niveau du changement de conicité, à l'apex. Les tenons en fibres de verre montrent moins de zones de stress dans la racine mais une zone de contraintes au niveau cervical liée à leur grande flexibilité (Pegoretti 2002). La zone cervicale reste donc sollicitée, mais si une fracture advient une reprise de traitement est envisageable (Akkayan 2002) (Kim 2012).



Figures 14a et b. Distribution des contraintes dans une racine restaurée par RCR coulée et une racine restaurée par RCR foulée

En 2008, S. Koubi et coll. affirment que sur le plan biomécanique la RCR idéale doit présenter un module d'Young longitudinal, transversal et un coefficient de cisaillement les plus bas possibles, proches de ceux de la dentine incitant une nouvelle fois à l'utilisation des tenons fibrés (Koubi 2008).

Une étude de Pereira J.C. en 2014 a évalué la résistance à la fracture des racines traitées et restaurées avec 3 types de tenons différents : un tenon métallique, un tenon en fibre de carbone et un tenon en fibre de verre.

Les résultats indiquent que les tenons préfabriqués en fibres de verre ou en acier (screw-post) montrent une résistance caractéristique et une probabilité de survie significativement inférieures à celles des tenons coulés en métal et des tenons en fibres de carbone. Mais toutes les racines restaurées avec des tenons métalliques coulés présentent des fractures radiculaires catastrophiques, tandis qu'avec les tenons préfabriqués, les échecs ne compromettent pas la possibilité de réparations futures (Pereira 2014).

Concernant la position de la dent sur l'arcade, une méta-analyse réalisée en 2019 a cherché à déterminer si l'emplacement de la dent sur l'arcade influence le taux d'échec. Il en ressort que le taux d'échec des RCR est identique en antérieur et en postérieur (Garcia 2019).

III.1.2 Evolution des matériaux de collage

Les premiers matériaux apparus pour le scellement des inlay-cores dans la racine sont des ciments dont la réaction de prise est de type acide-base. Dans l'ordre d'apparition on peut citer :

- Les ciments à base d'oxyphosphate de zinc (mélange poudre d'oxyde de zinc et acide orthophosphorique) ; ils ne présentent aucune capacité d'adhésion et assurent une faible étanchéité ;
- Les ciments à base de polycarboxylate de zinc (mélange pour d'oxyde de zinc et acide polyacrylique), qui possèdent une faible résistance à la compression et sont sensibles à l'hydrolyse par la salive ;
- Les ciments verres ionomères (CVI) (acide polyacrylique associé des charges de verre type fluoro-alumino-siliciques) ; ils présentent une adhésion ionique aux tissus dentaires et à certains alliages non précieux et ont un pouvoir bactériostatique lié à la libération de fluor.
- Les CVI modifiés par adjonction de résine (CVI MAR) (CVI classique renforcé par des monomères acryliques), qui ont une double réaction de prise, d'abord acide-base, puis par polymérisation des chaînes de résine. Ce ciment (fig. 15) possède une valeur d'adhérence plus élevée que les autres ciments et doit être privilégié pour l'assemblage des restaurations scellées (Oudin 2014).

Le scellement de l'inlay-core dans la racine via un ciment assure une rétention purement mécanique, par micro-clavetage de ce dernier dans les tubulis dentinaires et dans les rugosités de l'inlay-core. Leur faible cohésion intrinsèque augmente alors le risque de descellement lors de contraintes occlusales répétées (Wilson 1978). De plus la plupart des ciments possèdent de faibles propriétés optiques et esthétiques car très opaques.



Figure 15. Exemples de ciments poudre-liquide et ciment verre ionomère

Une colle se définit comme une substance insérée en phase plastique qui unit deux surfaces en durcissant par une réaction de polymérisation par addition ou condensation dont l'activation peut être chimique (chémpolymérisable), lumineuse (photopolymérisable) ou mixte (prise duale). Les colles découlent des résines composites (fig. 16), qui sont constituées d'une matrice résineuse organique renforcée par des charges.

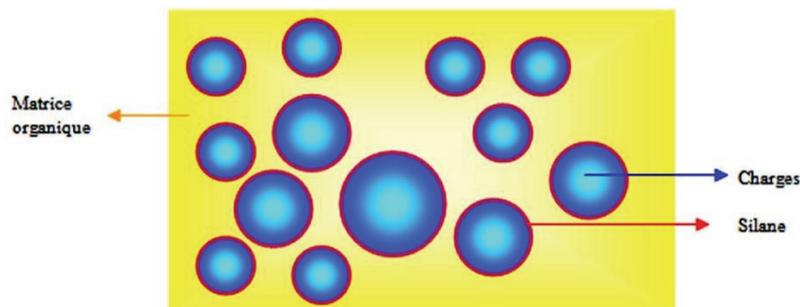


Figure 16. Représentation schématique d'une résine composite

La phase organique est composée principalement de résines matricielles qui sont des dérivés de Bis-GMA et de polyuréthanes. Ce sont les composants chimiquement actifs du composite. Ils rendent les composites compatibles entre eux et avec les adhésifs.

Les charges (ou phase inorganique) sont liées à la matrice par l'intermédiaire d'un silane et permettent d'augmenter les propriétés mécaniques (résistance à la traction, flexion, compression) des composites.

La résine composite à elle seule n'adhère pas spontanément aux tissus dentaires et nécessite l'utilisation d'un système adhésif.

Les systèmes adhésifs regroupent plusieurs produits appliqués successivement ou non sur la surface dentinaire :

- Le mordantage à l'acide orthophosphorique permet d'éliminer la boue dentinaire et ouvrir les orifices des tubulis ;
- Le primer permet de maintenir suffisamment poreux le réseau de collagène apparent ;
- La résine adhésive pénètre dans les tubulis pour créer les tags résineux et la couche hybride.

Le mordantage crée d'abord des micro-rugosités et des micro-porosités qui sont ensuite infiltrées par les monomères et qui après polymérisation forment une interphase adhérente et idéalement étanche entre les tissus dentaires et le biomatériau de restauration. L'adhésion (fig. 17) est donc micro-mécanique et chimique.

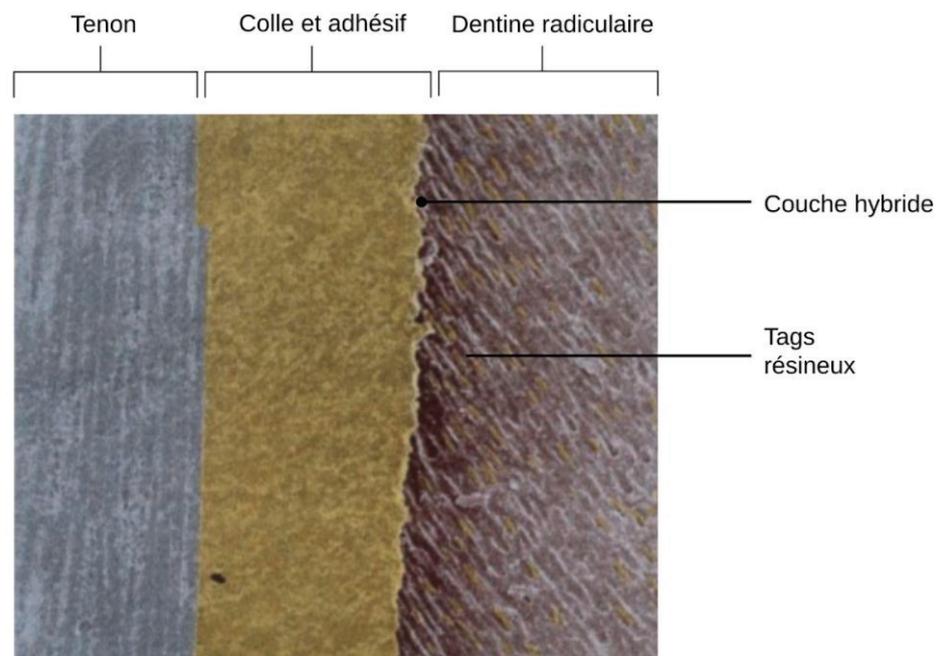


Figure 17. Photo au microscope de la surface de collage entre tenon et dentine radiculaire

Les colles se distinguent en 3 groupes :

- Les composites de collage, sans potentiel d'adhésion intrinsèque. Ils nécessitent l'emploi d'un adhésif amélo-dentinaire et un traitement des interfaces collées. Ils sont principalement utilisés pour coller les restaurations indirectes (inlays, onlays, facettes) ;

- Les colles complexes qui possèdent un potentiel adhésif aux substrats métalliques, grâce à l'ajout de monomère type MDP ou 4-Meta ;
- Les colles auto adhésives, qui possèdent également un potentiel adhésif propre mais ne nécessitent pas de prétraitement des surfaces. Ces dernières sont commercialisées sous forme de seringues auto-mélangeuses facilitant leur insertion dans le canal.

Lors de la réalisation d'une RCR foulée, l'utilisation d'une colle intra-canaire associée à un ancrage fibré permet d'obtenir une étanchéité qu'aucun ciment ne pourra égaler. Sa mise en place peut se faire au cours de la même séance, sans aucune étape laboratoire et en utilisant le même champ opératoire ce qui permet d'éviter toute recontamination.

Différentes études soulignent ce point, comme Swanson et Madison qui démontrent qu'en l'absence d'étanchéité coronaire, la contamination de la gutta-percha peut se produire dès trois jours d'exposition (Swanson 1987), et avec des fuites bactériennes parcourant 79 à 85% de la racine.

Pour Saunders en 1994, la perte d'étanchéité coronaire est liée à trois possibilités : un délai trop long entre le traitement endodontique et la mise en place d'une restauration étanche, une fracture de la restauration coronaire entraînant l'exposition du traitement à la salive ou encore une désobturation excessive avant la mise en place de l'ancrage laissant souvent la partie apicale du traitement inadéquate en termes de densité et/ou de longueur (Saunders 1994).

En éliminant la partie la plus coronaire du traitement endodontique pour ne laisser que 4 mm de bouchon apical, le praticien perd l'étanchéité créée par une obturation totale de la racine (Wu 1998).

L'utilisation d'un ancrage fibré collé dans la racine permet de limiter ces trois facteurs : il peut être posé dans la séance, la colle crée alors un bouchon étanche au-dessus du traitement endodontique et les fortes valeurs d'adhérence des colles permettent de réduire la longueur des ancrages.

De plus leurs propriétés intrinsèques de rétention permettent de moins préparer la racine ce qui évite sa fragilisation. Plusieurs auteurs recommandent l'utilisation d'un tenon passif, qui flotte dans la racine, englobé de résine adhésive comme approche idéale d'une RCR (Koubi 2008).

Alors que les ciments ne permettent pas de compenser un manque de rétention du logement, une colle peut au contraire permettre d'utiliser un tenon plus court afin de moins désobturer.

En 2009, une étude sur l'adaptation et la longueur de l'ancrage réalisée montre que l'adaptation de l'ancrage à la forme de la racine n'a pas influencé la résistance à la fracture, contrairement à la longueur du tenon. Les tenons plus longs ont montré une moindre résistance à la fracture.

Ces résultats impliquent qu'une préparation excessive de l'espace pour le tenon visant à créer un logement circonférentiel optimal n'est pas nécessaire pour améliorer la résistance à la fracture des racines (Büttel 2009). Un ancrage plus court présente aussi un intérêt face à des racines courbes afin d'éviter une sur-préparation des parois ou encore une fausse route (fig. 18).

Déjou et al. ont mis en évidence les effets de la préparation du logement sur la mutilation radiculaire. L'utilisation de forets Largo® (Maillefer) conduit à un déplacement du système canalaire, avec un affaiblissement des parois au niveau de la courbure et dans le tiers coronaire de la racine (Naumann 2011).

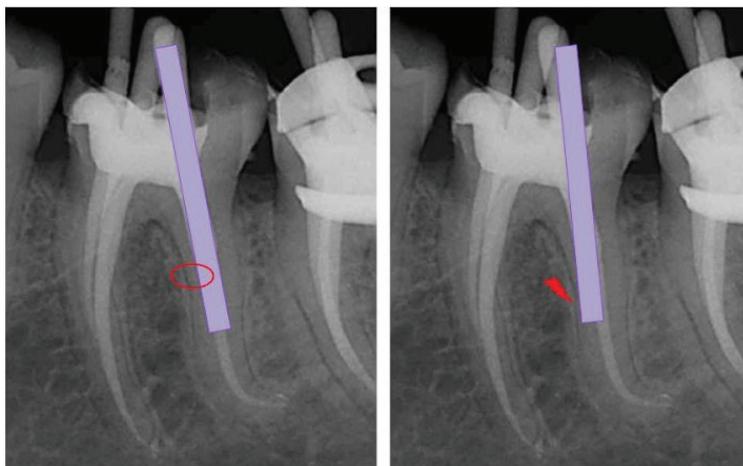


Figure 18. Exemples de fragilisation et fausse route lors de la préparation canalaire

Mais l'inconvénient des colles est qu'elles sont hydrophobes. Elles nécessitent d'être mises en place dans un canal sec et dont les surfaces sont préalablement nettoyées.

Les solutions d'irrigation, de lubrification, et d'obturation peuvent être à l'origine d'une pollution de la dentine, diminuant leur capacité d'adhérence.

De plus l'hypochlorite utilisé pour la désinfection ou encore l'eugénol contenu dans les ciments peuvent inhiber la réaction de prise des colles (Oudin 2014). Le praticien doit donc s'assurer de nettoyer correctement le logement canalaire mais également l'isoler de la salive avant de pouvoir coller.

Leur utilisation est toutefois simplifiée depuis l'arrivée des colles auto-adhésives. Ces dernières sont approuvées via différents articles comme une étude sur 50 dents de Bitter K. en 2009. Après collage des tenons à l'aide de cinq composites de collage différents et analyse de la surface de collage au microscope électronique à balayage, Bitter observe que la colle auto-adhésive a montré une couche hybride et des tags de résines seulement par zones mais de plus hautes valeurs d'adhérence (Bitter 2009).

Ces résultats indiquent que les interactions chimiques entre la colle et l'hydroxyapatite peuvent être plus importantes pour la liaison à la dentine radiculaire que la capacité du matériau à infiltrer les tubulis et s'hybrider avec la dentine.

A l'issue d'une revue de la littérature, Skupien JA en 2015 affirme que le traitement endodontique, la méthode d'application du matériau d'assemblage et le prétraitement du tenon sont des facteurs qui peuvent affecter de manière significative la rétention des RCR foulées dans les canaux radiculaires, principalement lorsqu'ils sont collés avec un composite de collage ordinaire. Alors que les colles auto-adhésives se sont avérées moins sensibles techniquement aux procédures de scellement (Skupien 2015).

Certaines colles intracanales peuvent même être utilisées comme composite de reconstitution de la partie coronaire, simplifiant encore les protocoles tout en gardant de bonnes propriétés mécaniques. D'après Naumann en 2011, la colle autoadhésive a montré les mêmes valeurs de résistances que les reconstitutions réalisées avec deux composites différents. Elle est capable de supporter des charges similaires quand elle est utilisée pour restaurer la partie coronaire (Naumann 2011).

Selon Kim Y.H. en 2012 l'utilisation de résine adhésive comme matériau de reconstitution ne compromet pas la résistance aux fractures de la RCR foulée. La technique de collage et de reconstitution en une étape n'affecte pas la résistance à la fracture (Kim 2012).

L'utilisation des colles composite s'est donc démocratisée grâce à leurs avantages, tels que :

- D'excellentes propriétés optiques, de couleur similaire à la dent (Kim 2012) ;
- Des propriétés mécaniques permettant l'amortissement des contraintes ;
- Une forte cohésion intrinsèque, capable de résister aux forces masticatoires sans rupture du joint ;
- Une forte capacité d'adhésion aux tissus dentaires et aux biomatériaux si l'on conditionne correctement les surfaces.

III.1.3 Evolution des techniques d'empreinte - Apport du numérique

L'évolution actuelle des biomatériaux ne se fait pas uniquement vers un changement de structure mais également un changement de mise en forme, compatible avec les avancées technologiques. La révolution numérique massive de ces dernières années s'est étendue au secteur dentaire avec l'arrivée de la Conception et Fabrication Assistée par Ordinateur (CFAO).

On différencie 2 types de CFAO : les systèmes de numérisation qui vont transmettre des empreintes optiques au laboratoire (CFAO dite « semi-directe ») et les systèmes constitués d'une caméra et d'une unité de production, qui permettent de fabriquer directement les pièces prothétiques (CFAO dite « directe »).

Dans cette chaîne de fabrication on distingue trois étapes :

- L'empreinte numérique : elle peut être intra-orale, enregistrant directement les structures en bouche pour créer un fichier numérique, ou extra-orale en scannant une empreinte classique ou le modèle en plâtre issu d'une empreinte classique.

Les différentes caméras optiques (fig. 19) peuvent être présentées sous forme de kart, fixées à un chariot avec leur propre écran ou sous forme libre qui se branche à un ordinateur.

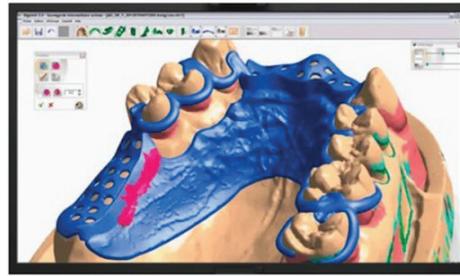


Figure 19. Exemples de différents systèmes d'acquisition d'empreinte numérique

- La conception assistée par ordinateur : ce sont tous les logiciels qui vont permettre de modéliser la future pièce prothétique. Cette conception peut être effectuée par le chirurgien-dentiste au cabinet ou par le prothésiste dentaire au laboratoire. Les logiciels tiennent compte de plusieurs paramètres comme l'occlusion, les points de contacts avec les dents adjacentes, la hauteur prothétique disponible, les différents matériaux usinables... Ils permettent de modéliser virtuellement (fig. 20) inlays, onlays, facettes, inlays cores, couronnes, châssis de stellites etc...



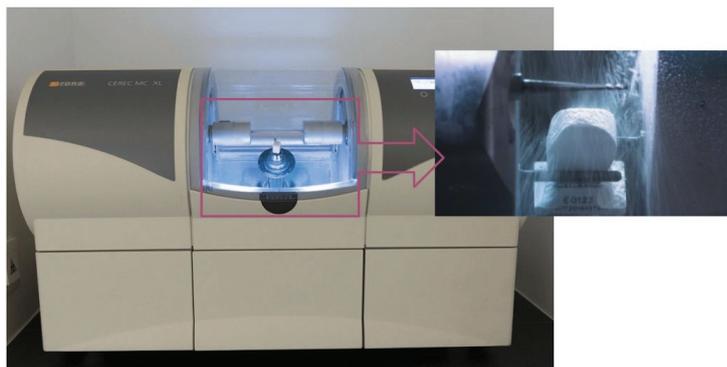
CS Restore® de Carestream
Modélisation d'une couronne



Digistell® de Digilea
Modélisation d'un châssis de prothèse amovible

Figure 20. Exemples de logiciels disponibles pour la CAO

- La fabrication assistée par ordinateur : c'est une machine-outil qui va réaliser la pièce prothétique à partir du fichier qu'on lui envoie. Cette étape peut être réalisée au cabinet dentaire si le praticien possède une usineuse, ou au laboratoire. La fabrication peut être réalisée par soustraction de matière, la pièce est usinée dans un bloc de matière par des fraises se déplaçant dans les trois sens de l'espace. Les matériaux usinables par ces machines-outils (fig. 21) sont nombreux : alumine, zircone, vitrocéramique, cobalt-chrome, titane, résines, cire... Ou réalisée par addition, la pièce est alors créée par ajouts successifs de matériau, couche par couche. Il existe plusieurs méthodes de fabrication additive : la stéréolithographie, la micro-fusion laser et l'impression 3D.



CEREC MC de Dentsply Sirona
Unité de meulage et de fraisage
Conception de pièces par soustraction de matière



FORM 2® de Formlabs
Imprimante 3D
Conception de modèles par Stéréolithographie

Figure 21. Exemples de machines outil pour la fabrication assistée par ordinateur

Toutes les reconstitutions corono-radicaux indirectes nécessitent une phase de prise d'empreinte permettant de transférer la situation clinique au laboratoire de prothèse.

Pour une empreinte classique, les matériaux utilisés par la plupart des cabinets dentaires sont des élastomères de silicone à déformation réversible (silicone A). L'empreinte est prise en technique double mélange ou en wash-technique.

Pour enregistrer la morphologie intracanaux deux empreintes se distinguent :

- L'empreinte standardisée : réalisée avec un tenon normé qui sera placé dans la racine préalablement mise en forme à l'aide de différents forets. Le tenon est calibré aux dimensions du dernier foret utilisé.
- L'empreinte anatomique : réalisée en injectant le matériau à empreinte directement dans le canal, avec ou sans tuteur. Cette méthode est utilisée pour les canaux larges ou ovalaires afin que l'inlay-core s'adapte parfaitement à l'anatomie intra-radicaux.

Pour une empreinte numérique intra-buccale, la plupart des caméras actuelles ne permettent pas d'enregistrer l'anatomie intra-canaux profonde. Il est donc nécessaire d'avoir recours à des corps de scannage ou « scan-posts » (fig. 22).

Ces tuteurs sont insérés dans la racine après mise en forme canalaux. Le diamètre du dernier foret utilisé à la longueur souhaitée indique le diamètre du scan-post à employer pour l'empreinte. L'acquisition de la partie périphérique et camérale visible est réalisée par la caméra intra-buccale et la modélisation de la portion canalaux est extrapolée dans le logiciel selon le code barre affiché sur le scan-post.



Figure 22a. Empreinte anatomique classique avec matériau à empreinte fluide

Figure 22b. Empreinte numérique à l'aide de scan-post inséré dans la racine

On peut ainsi résumer les avantages et inconvénients de chaque technique :

	Empreinte classique	Empreinte anatomique
Type d'empreinte	Anatomique et normée	Uniquement normée
Temps de l'empreinte	Assez long en considérant le choix du porte-empreinte et l'empreinte de chaque arcade dentaire	Relativement court
Confort pour le patient	Risque de réflexe nauséeux Insertion et désinsertion peu agréables	Technique très peu invasive Caméras peu encombrantes
Précision	Dépendante de la mouillabilité du matériau et de son caractère hydrophile ou hydrophobe Située aux alentours de 20 µm pour une empreinte aux silicones	A beaucoup évolué avec les années et l'amélioration des caméras intra-orales Aujourd'hui de l'ordre de 6 à 25 µm selon les caméras employées Phénomène de distorsion pour les empreintes de grande étendue
Manipulation	Praticien et technique-dépendante, demandant parfois une assistante Nécessite surfaces sèches	Aisée (Ne nécessite pas forcément d'assistante)
Lecture de l'empreinte	Praticien dépendante	Logiciel capable de signaler les zones de contre-dépouilles et les imperfections d'enregistrement

Déformation	Tirage ou déchirement du matériau possible à la désinsertion Rétraction de prise du matériau Dilatation thermique Erreurs possibles liées à la coulée des modèles ou à la préparation des modèles provisoires unitaires	Aucune déformation possible
Correction	Nécessité de reprendre une empreinte en cas d'imperfections	Possibilité de réenregistrer une zone particulière
Conservation	Nécessite lieux de stockage adaptés 24 heures maximum pour ne pas constater de déformation du silicone	Sous fichier informatique Aucun impératif de temps
Coût	Moindre	Onéreux surtout à l'acquisition des machines

III.2- LES NOUVEAUX ANCRAGES FIBRES

III.2.1 Le tenon passif unitaire en fibres de verre et/ou quartz

La reconstitution corono-radulaire fibrée actuelle se caractérise par un tenon fibré inséré de façon passive dans un canal nettoyé. Le tenon est englobé dans sa partie canalaire par un matériau d'assemblage et le faux moignon, partie camérale, reconstitué par un composite.

Le tenon fibré inséré dans la racine et qui émerge au niveau de la partie camérale est généralement constitué de fibres de verre ou de quartz. Les tenons métalliques au module d'Young trop élevé et pouvant générer des problèmes de corrosion ou encore les tenons en fibre de carbone, inesthétiques, ont été progressivement abandonnés (Pereira 2014).

Les tenons actuellement disponibles sont réalisés à partir d'une matrice de résine époxy ou de résine Bis-GMA.

Ce tenon en fibres de verre et/ou quartz est photoconducteur et assure une transmission de la lumière au niveau le plus apical du logement canalaire contrairement aux tenons opaques. Cette transmission n'est cependant pas suffisante pour assurer une polymérisation totale dans le dernier tiers apical du matériau d'assemblage.

Après avoir étudié l'efficacité de la polymérisation au travers de tenons en fibre de verre translucides et opaques et la force de liaison d'une résine auto-adhésive à la dentine radicaire, Reginato a conclu en 2013 que la force de liaison du tenon translucide était supérieure à celle du tenon opaque pour toutes les portions de la racine. Pour les deux tenons, la force de liaison au niveau du tiers cervical était plus élevée qu'au niveau des tiers moyen et apical. Presque tout le composite avait polymérisé et adhéré au tenon translucide, alors que la polymérisation du composite était limitée à la zone cervicale pour le tenon opaque (Reginato 2013).

Le matériau d'assemblage permet de solidariser le tenon et la racine. Le collage est à privilégier afin d'assurer l'étanchéité et d'amortir les contraintes. L'utilisation d'une colle duale cure à prise photo- et chémo-polymérisable est préférable. Un système dual-cure, dont l'amorçage de polymérisation est à la fois photonique et chimique, est idéal pour assurer une prise totale et homogène du matériau tout le long de la racine (Aboudharam 2014). Il confère une adhésion fiable aux tenons en fibre de verre (Ferrari 2007), même en l'absence de prétraitement du tenon (Spazzin 2009).

Le matériau de reconstitution coronaire, soutenu par le tenon, forme le faux moignon sur lequel repose la superstructure prothétique (fig. 23). Ce composite de reconstitution coronaire doit être facilement injectable, d'une viscosité adaptée, et présenter une résistance mécanique suffisante pour assurer la pérennité de la reconstruction prothétique. Les composites dentaires classiques sont donc préférés aux CVIMAR, de faible résistance mécanique (Bolla 2014).

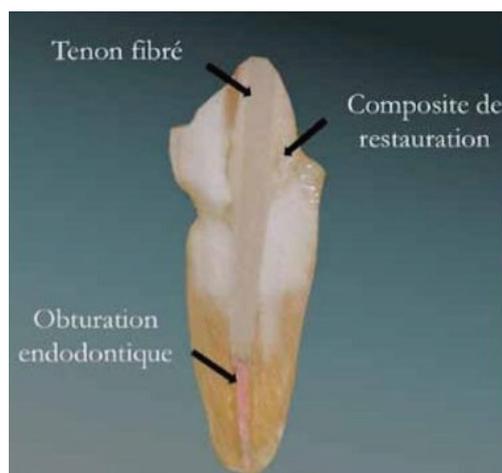


Figure 23. Schéma légendé de la composition d'une RCR foulée

Les matériaux d'assemblage et de reconstitution coronaire sont disponibles dans une même seringue, pour simplifier la mise en œuvre clinique de ce type de restauration.

L'adhésion au niveau radiculaire (fig. 24) est un véritable défi du fait de la capacité variable du système de collage à déminéraliser et infiltrer les parois dentinaires, du manque de contrôle de l'humidité, de l'influence de la densité et de l'orientation variable des tubulis dentinaires le long du canal radiculaire ainsi que de l'accessibilité durant la manipulation des matériaux (Ahmed 2019).

L'adhésion est purement mécanique en présence de tenons à matrice de résine époxy, par micro clavetage de la colle dans les rugosités de surface du tenon. Elle peut être également chimique en présence d'une matrice résineuse de Bis-GMA, ce qui assure une homogénéité avec le composite de restauration coronaire (Koubi 2008).

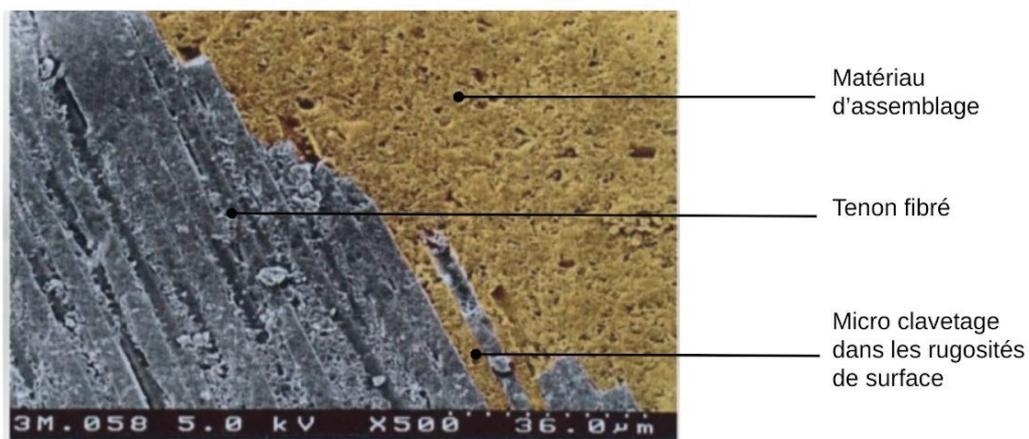


Figure 24. Interface tenon-matériau d'assemblage observée au microscope

Les échecs les plus fréquents pour les RCR foulées sont dus un décollement du tenon (Cagidiaco 2007) (Ferrari 2007) qui se produit soit au niveau de l'interface colle-dentine, soit au niveau de l'interface tenon-colle.

C'est ce que soulignent dans une revue de la littérature Goracci et Ferrari en 2011 : le type d'échec le plus fréquent lors de l'utilisation des tenons fibrés est leur décollement et il est généralement admis que l'obtention d'une adhérence stable à la dentine intra-radicaire est plus difficile que pour la dentine coronaire. Les résultats les plus fiables lors du collage du tenon fibré sont obtenus par des adhésifs nécessitant un mordantage puis un rinçage couplé avec des composites à prise duale (Goracci 2011). Il est plus difficile de coller dans la racine car le nombre de tubuli diminue de la partie coronaire à l'apex.

Le pré-traitement des surfaces dentaires à l'acide orthophosphorique aide à éliminer la boue dentinaire et permet de favoriser la pénétration de l'adhésif.

Le traitement du tenon est également possible grâce à un agent de couplage, le silane, qui augmente nettement les valeurs d'adhérence (Magne 2007). Bien qu'un traitement à l'acide orthophosphorique ou un sablage du tenon pourraient augmenter l'adhésion micro mécanique, ces méthodes sont à éviter car elles dégradent la surface du tenon, exposant ses fibres (Magne 2007).

Protocole de mise en place :

La digue est un prérequis nécessaire à tout acte de dentisterie adhésive, les colles étant hydrophobes. Elle permet donc d'éviter toutes fuites salivaires ou contamination bactérienne.

Pour la préparation du logement canalaire, la gutta-percha est d'abord éliminée à l'aide de forets de Gates et de forets Largo. La longueur de désobturation doit être au moins égale ou supérieure à la hauteur de la partie coronaire de la restauration.

Puis un foret calibré est ensuite utilisé pour mettre en forme le canal et permettre d'insérer le tenon fibré (fig. 25). Il n'est pas utile de mettre les parois canalaires de dépouille mais il est impératif d'éliminer les traces de matériau d'obturation ou de ciment.

Le nettoyage du logement canalaire se pratique à l'aide d'inserts ultrasonores, de forets fins ou de brossettes interdentaires montées sur contre-angle.

Cette étape de préparation des surfaces se poursuit par celle de l'essayage du tenon.

Le tenon fibré étant légèrement radio-opaque, son adaptation peut être contrôlée radiographiquement. Ce dernier doit être positionné au contact de la gutta pour éviter une réinfection bactérienne (Moshonov 2005). Son diamètre doit lui permettre de flotter dans la racine. Le conditionnement des surfaces canalaires nécessite l'utilisation d'acide orthophosphorique à 37% pour un mordantage total de la racine et de la partie coronaire, ce qui permet d'éliminer les derniers résidus d'eugénol et la boue dentinaire. Il peut être introduit dans la totalité du logement canalaire à l'aide de micro-brossettes. Après rinçage, le séchage est effectué à l'aide de pointes de papiers stériles.

L'application de l'adhésif s'effectue à l'aide de micro-brossettes. Dans la grande majorité des cas, cet adhésif ne doit pas être photopolymérisé avant insertion de la résine de collage, car cela risquerait de créer une surépaisseur au niveau radiculaire, pouvant gêner une parfaite mise en place de l'ancrage dans son logement. Enfin, les colles auto-adhésives ne nécessitent pas la mise en place d'adhésif.

Les surfaces étant parfaitement nettoyées et conditionnées, le praticien peut procéder à la mise en place d'une matrice de sertissage coronaire.

Cette matrice est un cône en plastique ou en polycarbonate, ajustable aux niveaux diamètre et hauteur, ce qui permet de préfigurer la forme du futur faux-moignon.

Toutes ces séquences cliniques se poursuivent avec l'injection du matériau de collage et la mise en place du tenon. Ces deux étapes se succèdent rapidement. D'abord la résine composite est injectée du fond du logement canalaire jusqu'à l'entrée à l'aide d'un embout fin. Le tenon est ensuite enduit de ce même composite avant d'être inséré dans la racine (fig. 26). Puis, la cavité coronaire cerclée par la matrice est remplie, avant de photopolymériser l'ensemble.

Après avoir retiré la matrice en la coupant, la PCP peut être terminée à l'aide de fraises diamantées bague rouge puis à polir (fig 27). Si la matrice a été parfaitement ajustée au niveau cervical, cette dernière étape est assez rapide.

Cas clinique illustré :



*Figure 25. Situation clinique après préparation corono-périphérique
La dent présente 2 parois restantes ce qui autorise la réalisation d'une RCR foulée*



Figure 26. Mise en place du tenon unitaire associé à un composite de collage intra radiculaire



Figure 27. RCR foulée une fois le composite de reconstitution coronaire mis en place

III.2.2 Les micro-tenons fasciculés

La conservation tissulaire et la volonté de biomimétisme sont les piliers de la dentisterie moderne. Dans cette optique un tenon fibré normé classique associé à un composite de collage permet une bonne préservation tissulaire et l'amortissement des contraintes. Idéal pour les canaux cylindro-coniques, ce système présente des limites face à des variations anatomiques. En effet, en coupe axiale, le canal peut présenter sept configurations (fig. 28) : rond, ovale, triangulaire, rectiligne, en quille, en haricot (en C) ou en sablier (en 8). Des formes de section différentes peuvent coexister au sein d'une même racine (Tilotta 2018).

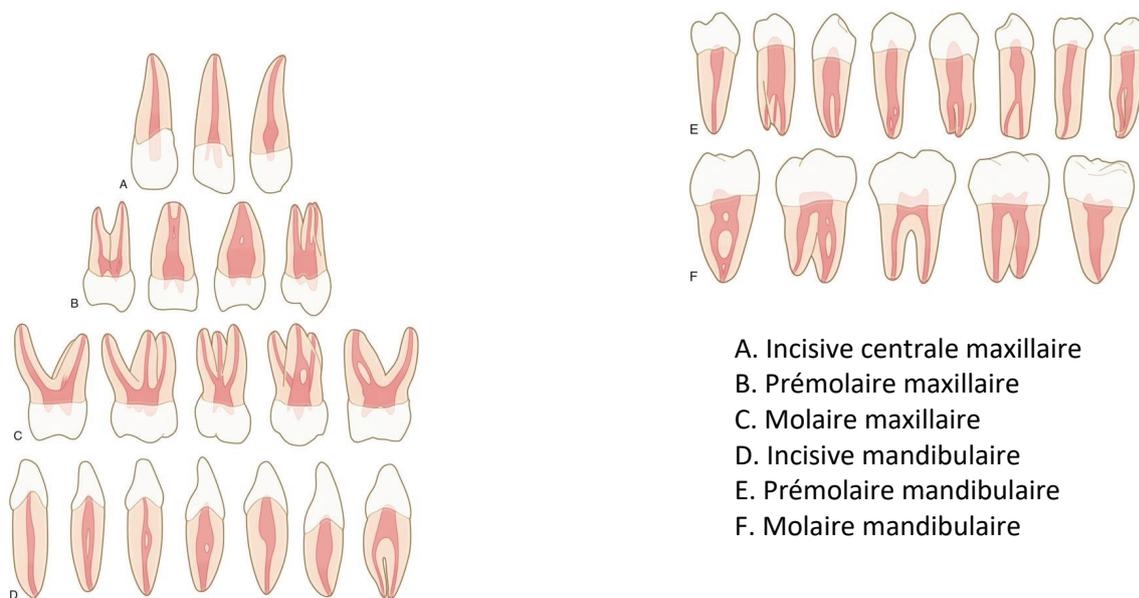


Figure 28. Exemples de modifications de l'anatomie intracanaulaire

Le praticien doit alors centraliser ou excentrer son tenon fibré qui flotte dans une quantité importante de résine composite. Dans le cas de racines courbes, un tenon rigide peut également nécessiter une réduction de la profondeur de l'ancrage.

D'un point de vue biomécanique, la concentration des contraintes pour un tenon fibré, dont le module d'élasticité est bas, se situe à proximité de la jonction émail-cément (Pegoretti 2002) ainsi qu'au niveau du composite de reconstitution coronaire (fig. 29). Or ces deux zones ne sont que peu renforcées par le tenon central et c'est la résine composite qui devra supporter les forces occlusales.

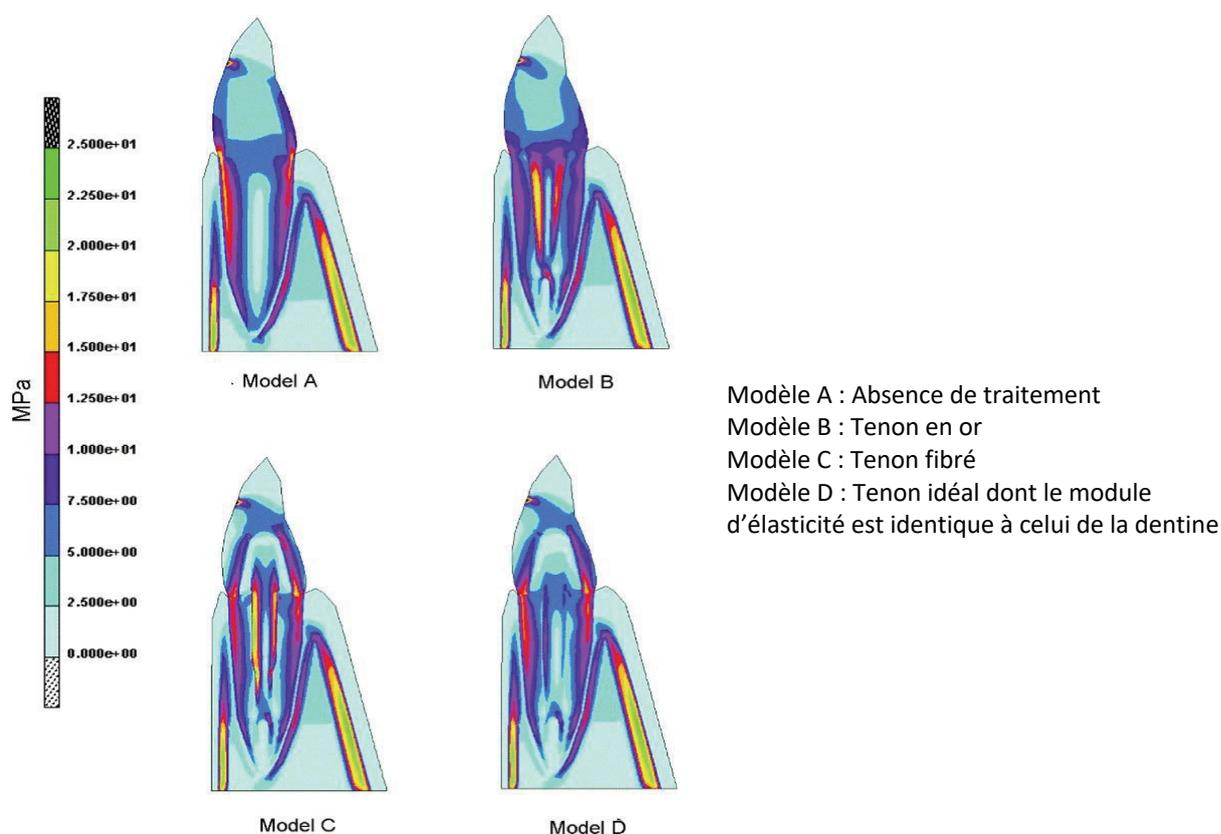


Figure 29. Répartition des contraintes dans une dent restaurée par RCR (Pegoretti 2002)

Afin de répondre à ces deux problématiques, la société Bio Composants Médicaux (BCM) a mis sur le marché en 2017 les tenons Biolight PLUS®. Il s'agit d'un ensemble de micro-tenons ultra fins constitués de fils de verre silanés imprégnés par une résine UDMA. Réunis par un manchon facilitant leur insertion dans le canal, ils sont flexibles et libres de glisser les uns par rapport aux autres pour s'adapter à l'anatomie canalaire.

Chaque fagot est présenté sous une couleur différente (fig. 30) pour identifier le nombre de brins regroupés (allant de 4 à 12) et plusieurs fagots peuvent être insérés dans une même racine afin de combler parfaitement l'espace canalaire. Leur adaptation à l'intégralité du canal est facilement contrôlable par radiographie car ils sont radio-opaques. BCM précise que les tenons ne contiennent ni résine époxy, ni Bis-GMA

Sur le même principe, la société Voco a développé le Rebuilda Post GT®, également à base de micro tenons fasciculés.

Rouge - 4 brins (\varnothing 0,8 mm)

Bleu - 6 brins (\varnothing 1,0 mm)

Noir - 9 brins (\varnothing 1,2 mm)

Jaune - 12 brins (\varnothing 1,4 mm)



Figure 30. Micro-tenons fasciculés Biolight PLUS®

Ces nouveaux micro-tenons fasciculés permettent :

- Une préparation canalaire minimalement invasive, réduite à la désobturation et au nettoyage de l'endodonte sans nécessiter le passage de forets ;
- Le renforcement fibré d'un plus grand volume de résine composite avec une augmentation importante de l'interface renfort fibré/résine de collage (Clunet-Coste 2017) ;
- Un renforcement effectif des parties radiculaires évasées, notamment au niveau du tiers coronaire, ainsi qu'au niveau du faux-moignon de la reconstitution ;
- Une parfaite adaptation aux courbures canalaires, liée à leur grande flexibilité.

Pour de nombreux auteurs, un tenon fibré doit occuper un maximum d'espace dans la lumière canalaire afin d'augmenter la résistance à la fracture.

Cette hypothèse a été vérifiée par Hattaa en 2011, qui a effectué un test de résistance sur des racines de bovins restaurées soit par tenon fibré unique, soit par un regroupement de fibres occupant toute la lumière canalaire. L'utilisation d'un système de tenons en fibre, courts et épais, du même diamètre que le canal radiculaire, a montré une plus grande résistance qu'un seul tenon en fibre (Hattaa 2011). En 2013, Vipin montre que l'utilisation de tenons composites nano-hybrides auxiliaires associée à un maître-tenon en fibre, permet de renforcer les racines aux parois dentinaires amincies (Vipin 2013).

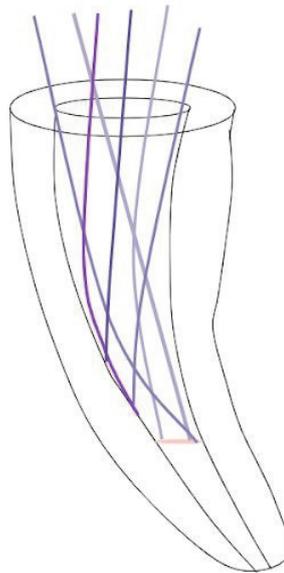


Figure 31. Schéma de la répartition des micro-tenons dans un canal courbe

Enfin en 2017, Li et al étudient les bénéfices de tenons auxiliaires sur 100 racines incisives. Ils recommandent alors l'utilisation de tenons fibrés auxiliaires, en concluant que l'application d'un tenon auxiliaire pourrait augmenter de manière significative la résistance à la fracture des canaux sur-évasés (Li 2017).

Une étude plus complète sur ces nouveaux micros-tenons fasciculés, menée en 2017 par Clunet Coste et coll., a confirmé leurs avantages biomécaniques.

D'abord en étudiant l'application de contraintes dans un bloc de résine composite avec un tenon unique puis sur un bloc de résine à 4, 5 et 7 tenons, ces auteurs ont mis en évidence le fait que plus la résine était renforcée avec des tenons uniformément répartis et moins elle subissait de contraintes (fig. 32) (Clunet-Coste 2017).

C'est un avantage car les micro-tenons, plus sollicités, sont conçus pour résister à de fortes contraintes, contrairement au composite qui est plus fragile. Le moignon de la RCR se voit donc renforcé, car soutenu par toutes ces microfibrilles (fig. 31).

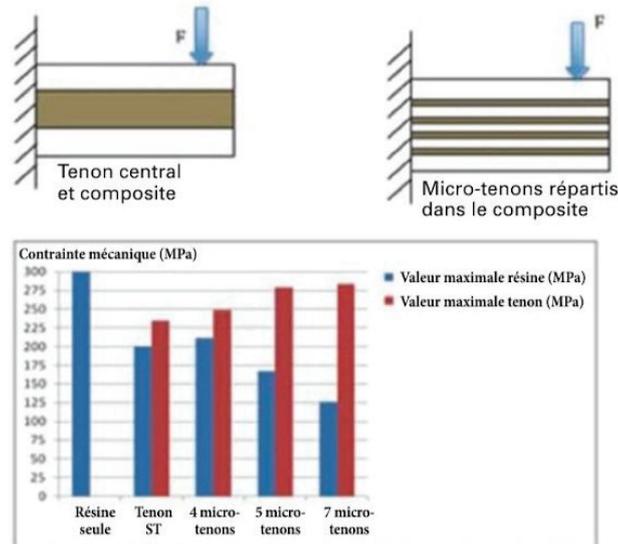


Figure 32. Comportement sous charge d'une poutre de composite renforcée par un tenon central ou par plusieurs micro-tenons. En bleu : contraintes dans la résine.
En rouge : contraintes dans les fibres

Ces résultats sont aussi confirmés par un test de traction in vitro d'application de charges sur un modèle de racine artificielle restaurée par micro-tenons fasciculés (fig. 33).

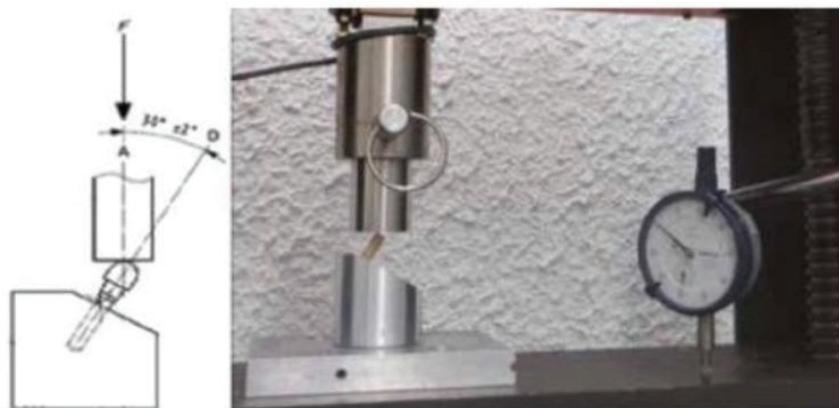


Figure 33. Test sous machine de traction, application d'une charge à 30° jusqu'à rupture de l'échantillon

En 2018, Haralur a évalué la résistance à la fracture de racines traitées endodontiquement, aux parois fines et restaurées, à l'aide soit d'un tenon fibré unique, soit de multiples tenons fibrés renforcés, soit d'un inlay-core unique, soit de plusieurs tenons métalliques.

Les résultats indiquent que la charge de rupture maximale était de $1843,80 \pm 7,13$ N pour les canines restaurées avec plusieurs tenons fibrés, suivies par les tenons coulés multiples ($1648,99 \pm 26,84$ N), les tenons en fibre unique ($1623 \pm 40,31$ N) et l'inlay-core coulé métallique ($1493 \pm 27,33$ N). Une tendance similaire a été observée pour la prémolaire avec une charge de rupture maximale plus élevée avec des tenons multiples renforcés en fibres.

Ainsi, la restauration d'une dent dévitalisée aux canaux plus larges par des tenons multiples en fibres composite renforcées offre une résistance à la fracture nettement plus élevée par rapport à un tenon unique plus large (Haralur 2018).

Protocole de mise en place :

Les premières étapes sont semblables à celles de la mise en place d'un tenon fibré. La digue une fois mise en place, une préparation canalaire réalisée à l'aide d'inserts ultrasonores, de forets de Gates et/ou forets Largo permet l'élimination de la gutta et un nettoyage méticuleux d'une portion canalaire au moins égale ou supérieure à la hauteur de la couronne. Aucune étape d'alésage par forets calibrés n'est donc nécessaire, le but étant un plus grand respect de l'anatomie canalaire.

Puis, des fagots de micro-tenons sont choisis pour s'insérer et remplir le plus possible la lumière canalaire. Leur manipulation se fait facilement à l'aide d'une précelle en tenant le manchon qui les maintient. L'adaptation est contrôlée par vision directe et radiographie.

Afin de conditionner les surfaces, un mordançage de la racine à l'aide d'acide orthophosphorique permet d'éliminer la boue dentinaire et les dernières traces d'eugénol. Cette étape est suivie d'un rinçage et d'un séchage. Puis l'adhésif correspondant à la colle composite utilisée est appliqué à l'aide d'une mini-brossette. Les micro-tenons ne nécessitent aucun prétraitement et leur enduction par de l'adhésif est également déconseillée.

Les étapes de mise en place des tenons et du composite de collage se succèdent alors rapidement. Un embout fin permet d'injecter la colle à prise duale dans le canal. Les fagots peuvent également être enduits de ce même matériau avant d'être insérés.

L'adaptation des tenons dans le canal et leur découpe à la bonne hauteur occlusale doit être effectuée avant toute photopolymérisation. Les micro-tenons sont découpés à proximité du manchon à l'aide d'une paire de ciseaux, leur faible diamètre autorisant une section fine sans meulage (Clunet-Coste 2017).

A l'aide d'une sonde, ils sont ensuite répartis dans l'ensemble de la racine, en prenant soin de les distribuer jusqu'à la périphérie de la lumière canalaire. Ils restent mobiles et ajustables tant que le composite n'a pas été photopolymérisé.

Après photopolymérisation et mise en place de la matrice de sertissage coronaire, le composite de reconstitution coronaire est injecté dans la matrice, autour des fibres, avant d'être également photopolymérisé sur l'ensemble de ses faces, puis la PCP est terminée.

Cas clinique illustré :

Cas de 2 prémolaires maxillaires restaurées par inlay-core métallique et RCR avec micro-tenons fasciculés, réalisé au service d'odontologie du CHU de Nice.



*Figure 34a et 34b. Situation clinique initiale
Vue occlusale et vestibulaire de 24 et 25 après traitement endodontique et PCP
Après évaluation des parois restantes il est décidé de réaliser une RCR fibrée sur 24
et un inlay-core sur 25*



Figure 35. Mise en place du champ opératoire pour étanchéifier la préparation



Figure 36. Essayage du fagot de micro-tenons choisi pour combler au maximum la lumière canalaire



Figure 37. Essayage de la matrice transparente modèle du futur faux-moignon



Figure 38. Conditionnement des tissus à l'aide d'acide orthophosphorique suivi du rinçage et séchage



Figure 39. Mise en place de la colle intracanaulaire à l'aide d'un embout adapté



Figure 40. Mise en place du fagot de tenons dans la lumière canalaire remplie de colle



Figure 41. Les micros-tenons sont coupés avec une paire de ciseaux avant d'être répartis de façon aléatoire dans le canal



Figure 42. Photopolymérisation de l'ensemble



Figure 43. Mise en place de la matrice transparente



Figure 44. Mise en place du composite de reconstitution coronaire



Figure 45. Polymérisation finale de l'ensemble



Figure 46. Vue de la reconstitution avant retrait de la digue



Figures 47a et 47b. Vues occlusale et vestibulaire de la reconstitution coronoradiculaire par micros-tenons fasciculés après reprise de la PCP



Figures 48a et 48b. Vues vestibulaire et occlusale après mise en place de l'inlay core sur 25



Figure 49. Radiographie post-opératoire de la reconstitution coronoradiculaire par micros-tenons fasciculés sur 24 et de l'inlay core sur 25

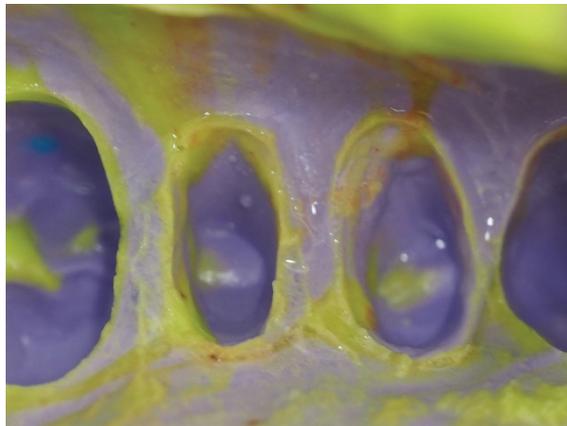


Figure 50. Photo de l'empreinte double mélange pour la réalisation des futures couronnes

III.2.3 Les inlays-cores fibrés obtenus par CFAO : exemple avec le Numerys GF (Itena)

En adéquation avec les avancées technologiques comme la CFAO, la société Itena a créé en 2019 un matériau usinable destiné à la confection des inlays-core via une empreinte numérique, le Numerys GF (fig. 51) qui permet de réaliser des inlays-core en fibres, monoblocs, épousant parfaitement l'anatomie canalaire et pouvant être collés dans la racine.

Ces blocs ou galettes Numeris GF de Itena clinical sont composés de 80% de fibres de verre et 20% de résine époxy. Leur innovation réside dans le fait que toutes les fibres sont orientées de manière unidirectionnelles dans l'axe d'usinage conseillé. L'orientation des fibres est importante car elle modifie la résistance à la contrainte du matériau et le renforcent quand elles sont disposées du côté de la force appliquée (Dyer 2004).

D'autres blocs équivalents existent mais qui présentent des fibres non organisées dont la résistance à la rupture n'est pas équivalente à celle des tenons fibrés préfabriqués constitués de fibres unidirectionnelles (Ruschel 2018).



Figure 51a. Matériau Numerys GF de Itena Clinical sous forme de galettes ou blocs usinables

Figure 51b. Photo au microscope électronique à balayage de la surface du matériau (x200)

La conception et la réalisation d'inlays-core via ces blocs présentent plusieurs avantages :

- Elles s'inscrivent dans le principe d'une chaîne de conception numérique, utile pour les praticiens dotés d'une caméra optique et éventuellement d'une machine de conception assistée par ordinateur ;
- L'adaptation étroite aux parois canalaires permet d'éviter les quantités excessives de composite de collage et crée une rétention mécanique supplémentaire s'opposant au descellement ;
- Leur module d'Young est proche de celui de la dentine (fig. 52), ce qui autorise une meilleure répartition des contraintes afin d'éviter les fractures (Pang 2019) ;
- Le matériau est esthétique et radio-opaque ;
- L'insertion de cette pièce monobloc simplifie le protocole de mise en place d'une RCR fibrée car il permet d'éviter la multiplication des interfaces en éliminant notamment la transition composite de collage intra-canaire composite de restauration coronaire.

	Tenon unique en fibre de verre + composite de reconstitution coronaire	Inlay core fibré usiné Numerys GF de Itena
Module d'élasticité	15 GPa	25 GPa
Résistance à la flexion	980 MPa	991 MPa
Résistance mécanique sous charge statique	175 N	225 N
Résistance mécanique sous charge cyclique	700 000 cycles	1 300 000 cycles

Figure 52. Propriétés mécaniques inlay core Numerys GF après test in vitro de Itena Clinical

Les inlay-cores fibrés usinés par CFAO ont fait leurs preuves à travers différentes études récentes.

En 2017, Tsintsadze et coll. ont évalué la résistance à l'arrachement, l'épaisseur de la couche de ciment et les nano-fuites à l'interface de tenons en fibre préfabriqués, de tenons en fibre CAO/FAO et de tenons métalliques coulés scellés dans les canaux radiculaires de forme ovale.

Il en ressort que les tenons en fibre fabriqués par CAO/FAO ont une rétention comparable à celle des inlay-cores en métal et significativement plus élevée que celle des tenons fibrés préfabriqués, et que l'épaisseur de la couche de composite autour des tenons en fibre fabriqués par CFAO est significativement inférieure à celle des tenons en fibre préfabriqués (Tsintsadze 2017).

Placés dans des racines ovalaires ou sur-préparées afin d'évaluer leur comportement sous charge et leur résistance à la fracture, Pang a conclu que leur résistance était comparable à celle des inlay-cores mais que les fractures observées étaient réparables (Pang 2019).

Enfin, Eid R. en 2019, appuie ces résultats à l'aide une étude sur les schémas d'échecs et la résistance à la fracture de RCR usinées par CFAO, dans laquelle les RCR CAO/FAO fabriquées en polymère haute densité ont montré de meilleures performances que les tenons en fibre préfabriqués (Eid 2019).

Enfin, leur résistance à l'arrachement serait significativement supérieure aux RCR fibrées réalisées avec un tenon préfabriqué, grâce à une diminution de l'épaisseur du composite de collage (Eid 2019). Ces nouveaux ancrages esthétiques, aux propriétés biomécaniques très intéressantes devraient se développer dans les années à venir.

Protocole de mise en place

Après la préparation corono-périphérique et la mise en forme du logement canalaire, l’empreinte numérique est réalisée. Elle peut être effectuée en 1 temps si la caméra optique permet d’enregistrer l’intégralité de la lumière canalaire ou en 2 temps. Le secteur dentaire considéré et l’arcade antagoniste sont alors enregistrés dans un premier temps puis un scan-post permettant la retranscription de l’orientation et du diamètre du canal est inséré dans la racine avant d’enregistrer la dent préparée et les dents proximales dans un second temps.

Lors de la conception de la pièce prothétique, le prothésiste modélise en 3D le futur inlay-core sur un logiciel dédié, à partir du fichier numérique envoyé par le praticien. Le fichier est exporté au format STL vers le logiciel d’usinage. L’inlay-core est ensuite usiné dans un bloc de fibres Numery GF grâce à une machine-outil type CEREC. Le prothésiste doit prendre soin d’orienter l’axe du tenon selon la direction des fibres (Magne 2003). Un modèle de l’arcade peut également être réalisé à l’imprimante 3D. Un praticien peut aussi modéliser lui-même l’ancrage et lancer l’usinage dans sa propre machine de conception, s’il possède la formation et les équipements nécessaires.

Avant la pose de la pièce prothétique, les interfaces doivent être préparées. La racine est mordancée à l’acide orthophosphorique, puis rincée et séchée avant l’application de l’adhésif à la micro-brossette.

L’inlay-core est désinfecté à l’alcool avant d’être séché. L’application d’un silane peut être utile pour augmenter les valeurs d’adhérence. Il est ensuite enduit d’adhésif.

Un embout fin permet d’injecter le composite de collage à prise duale au fond du logement ainsi que sur la partie canalaire l’inlay-core. Il est ensuite inséré dans la racine puis photopolymérisé.

Les excès de colle sont éliminés et des retouches peuvent être facilement réalisées à l’aide de fraises diamantées.

Cas clinique illustré

Cas 1 : Mise en place d'un inlay core sur une prémolaire maxillaire fabriqué par CFAO. Cas réalisé par le Dr Gérard Duminil



Figures 53a et 53b. Vue palatine d'une importante perte de substance sur la 14 nécessitant une restauration corono-radicaire



Figure 54. Empreinte optique de la PCP sur laquelle est tracée la limite cervicale

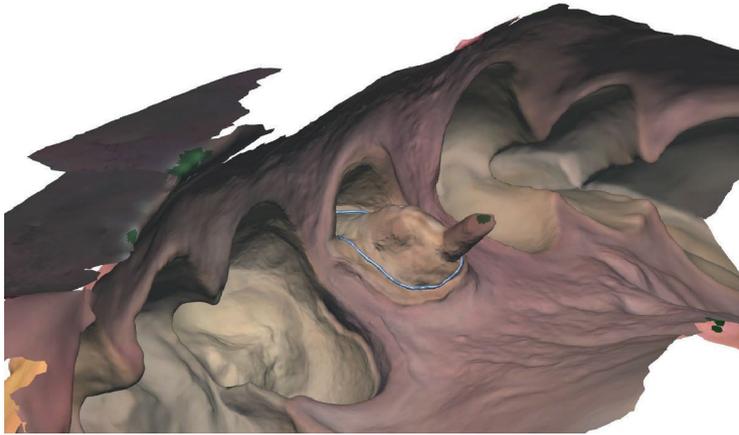


Figure 55. Vue de l'intrados de l'empreinte optique réalisée, on peut constater que le canal n'est pas enregistré dans sa globalité

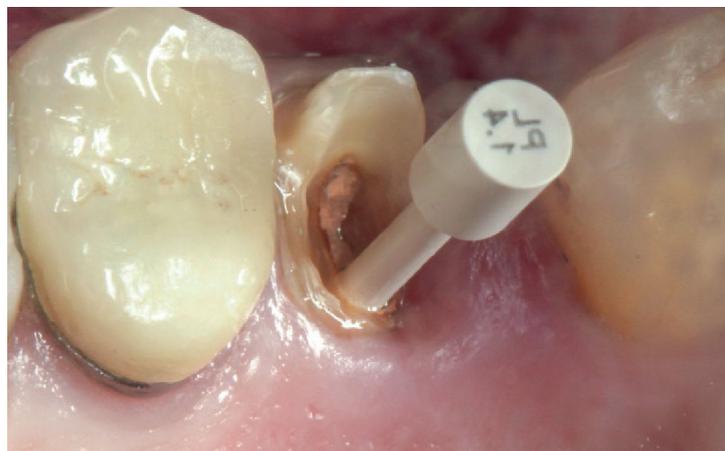


Figure 56. Mise en place du Scanpost adapté au dernier foret utilisé afin de réaliser l'empreinte intra canalaire

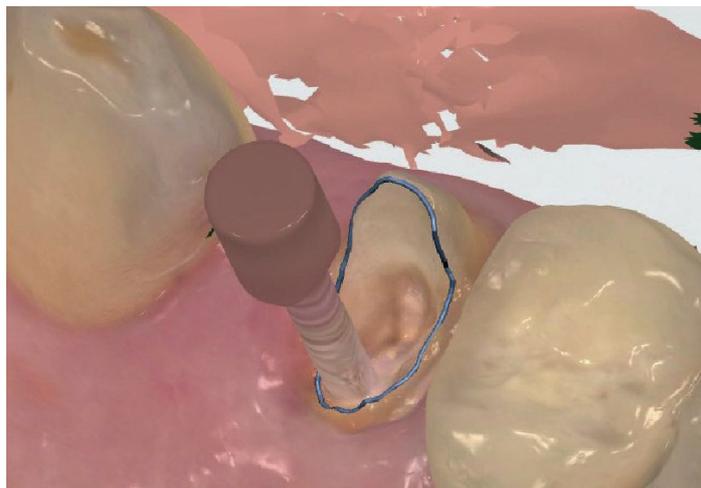


Figure 57. Complément d'empreinte scanpost mis en place



Figure 58. Photo de l'inlay core usiné dans un bloc Numerys GF avant la pose



Figure 59. Mise en place de la pièce usinée, collée dans une canal dentaire

Cas 2 : Reconstitution corono-radicaire réalisée par CFAO sur une molaire maxillaire avec empreinte complète du canal. Cas réalisé par le Dr Gérard Duminil.



Figure 60. Situation clinique initiale, nécessité de remplacer l'ancienne RCR



Figure 61. Situation clinique suite à la dépose de l'ancrage

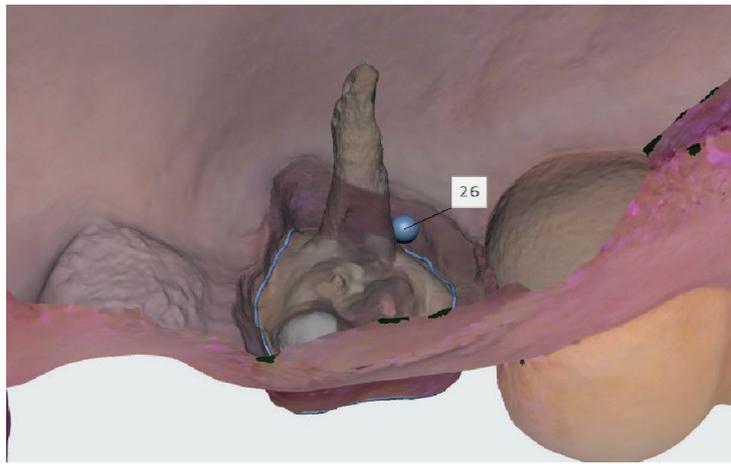


Figure 62. Empreinte optique de la partie supra gingivale

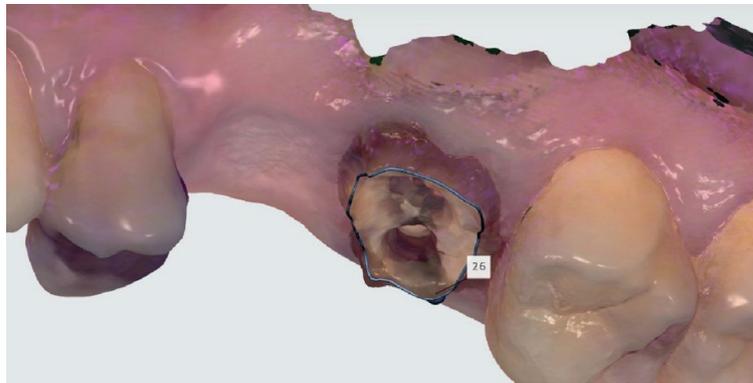


Figure 63. Visualisation de l'intrados de l'empreinte, le canal large a été enregistré dans son intégralité



Figure 64. Modélisation du futur inlay-core sur logiciel de CAO



Figure 65. Situation clinique après la pose de l'inlay-core

CONCLUSION

La dent dépulpée se présente comme un complexe organo-minéral poreux qui peut se conserver sur l'arcade malgré l'absence de la pulpe. Les modifications biologiques, telle que la légère perte hydrique et la dégradation progressive des fibres de collagène, affecte peu la résistance globale de la dent. C'est l'éviction des tissus dentaires lors de nos actes thérapeutiques qui entraîne une perte de résistance proportionnelle à la perte de substrat. Cela augmente le risque de fracture et diminue le taux de survie de la dent. Il est donc nécessaire dans nos soins de respecter un gradient thérapeutique et effectuer les gestes les plus conservateurs possibles.

Face à une dent dépulpée quasiment sans parois restante, une reconstitution corono-radicaire est nécessaire afin d'assurer la rétention de la future prothèse. Cet ancrage doit être réalisé le plus rapidement possible afin d'assurer une étanchéité coronaire et maintenir un traitement endodontique exempt de bactéries pour prévenir toute réinfection.

Aujourd'hui deux techniques de restauration corono-radicales se distinguent, les reconstitutions directes réalisées avec un matériau inséré en phase plastique et les reconstitutions indirecte réalisée avec un matériau métallique coulé au laboratoire. Bien que chacune des deux techniques présente ses avantages et ses inconvénients, il convient d'alterner entre les deux après l'évaluation des parois restantes suite à la préparation corono-périphérique.

Le développement des connaissances et les multiples études sur le comportement des RCR coulées, notamment au niveau de la répartition des contraintes au sein de la racine, à poussé les praticiens à développer un matériau aux module d'élasticité se rapprochant de celui de la dentine.

Les premiers tenons fibrés unitaires associé à un composite de restauration coronaire ont permis de réduire le risque de fracture et améliorer l'étanchéité de nos ancrages.

L'émergence de nouveaux matériaux tels que les colles auto-adhésives, plus tolérantes aux erreurs de manipulation, ont permis de démocratiser l'utilisation de RCR fibrée.

En 2018, les tenons micro-fascicules, ont été développés et étudiés. Ces multiples tenons, se déploient au sein de la racine et du composite de collage. Ce qui permet de favoriser la répartition des contraintes et renforcer la RCR. De plus ils ne nécessitent aucun alésage canalaire et s'adaptent à la morphologie de la racine.

Dernièrement l'arrivée des chaînes de conception et fabrication assistée par ordinateur ont permis également de développer des nouvelles solutions thérapeutiques.

Ces nouvelles technologies nous permettent de passer d'une empreinte classique à une empreinte optique, elles créent des fichiers numériques et autorisent la réalisation de pièces prothétiques usinées dans des blocs de matériaux grâce à des machines outils.

Toutes ces avancées techniques ont permis d'apporter un nouveau moyen d'ancrage comme les inlays cores fibrés usinés de chez Itena.

Cette innovation nous permet d'avoir la possibilité de réaliser des RCR via une chaîne de conception assistée par ordinateur. On peut alors imaginer pouvoir réaliser une prise en charge ultra rapide grâce à ces systèmes. Une fois que le traitement endodontique, la préparation corono-périphérique ainsi que celle de l'ancrage sont réalisés, une empreinte optique pourrait être prise au fauteuil. La modélisation de l'ancrage et de la couronne sont alors réalisés sur le logiciel adapté et le fichier numérique est directement envoyé aux machines outils, présente dans le cabinet ou au laboratoire du prothésiste. La conception ne prenant que quelques heures, le patient pourrait obtenir une reconstitution totale de la dent en une journée, temps idéal en cas de perte coronaire liée à un traumatisme par exemple. Les nouvelles générations de chirurgiens dentistes tendent à rendre le numérique omniprésent dans notre pratique quotidienne.

BIBLIOGRAPHIE

Aboudharam G, Laurent M. « Évolution et indications des reconstitutions corono-radicaire indirectes. » Cahiers de Prothèses 2001; 116:61-71.

Aboudharam G. « Reconstitutions préprothétiques par technique directe in Restaurer la dent dépulpée tout simplement - L'Information Dentaire 2014.

Agence nationale d'accréditation et d'évaluation en santé (ANAES) « Indications et contre-indications des reconstitutions corono-radicaire préprothétiques coulées et insérées en phase plastique. » Service d'évaluation technologique 2003

Ahmed Y, Ferroudji H, Lacomblet MP, Grégoire G. « Etanchéité endo-canalair après collage de tenon fibrés radicaire avec un adhésif universel. » Initiatives santé 2019

Akkayan B, Gülmez T. « Resistance to fracture of endodontically treated teeth restored with different post systems. » The Journal of Prosthetic Dentistry 2002 ; 87(4):431-7.

Anantula K, Ganta A.K. « Evaluation and comparison of sealing ability of three different obturation techniques - Lateral condensation, Obtura II, and GuttaFlow: An in vitro study. » Journal of conservative dentistry 2011 ; 14(1):57-61.

Armand S. « Méthodologie des préparations corono-périphériques pour prothèses fixées à visées esthétiques. » Le cahier de prothèse 1999 ; 108

Balkenhol M, Wöstmann B, Rein C, Ferger P. « Survival time of cast post and cores: A 10-year retrospective study. » - Journal of Dentistry 2007 ; 5(1):50-8.

Batista V.E.S, Bitencourt S.B, Bastos N.A, Pellizzer E.P, Goiato M.C, Dos Santos D.M. « Influence of the ferrule effect on the failure of fiber-reinforced composite post-and-core restorations: A systematic review and meta-analysis. » The Journal of Prosthetic Dentistry 2020 ; 123(2):239-245.

Bitter K, Paris S, Pfuertner C, Neumann K, Kielbassa A.M. « Morphological and bond strength evaluation of different resin cements to root dentin. » - European Journal of Oral Science 2009 ; 117(3):326-33.

Bolla M, Bennami V. « La reconstitution corono-radicaire pré-prothétique des dents dépulpées. » Rueil-Malmaison : Editions CdP, 1999; 90 pages

Bolla M, Colon P, Leforestier E. « Cahier des charges des matériaux de restauration utilisés en technique directe. » Société Francophone des Biomatériaux Dentaires 2009-2010

Bolla M. « Restaurer la dent dépulpée tout simplement ». L'Information Dentaire. 2014.

Büttel L, Krastl G, Lorch H, Naumann M, Zitzmann N.U, Weiger R. « Influence of post fit and post length on fracture resistance. » International Endodontic Journal 2009 ; 42(1) : 47-53.

Cagidiaco MC, Radovic I, Simonetti M, Tay F, Ferrari M. « Clinical performance of fiber post restorations in endodontically treated teeth: 2- year results. » *The International Journal of Prosthodontic* 2007 ; 20:293-298.

Caplan D, Kolker J, Rivera EM, Walton RE. « Relationship between number of proximal contacts and survival of root canal treated teeth. » *International endodontic journal* 2002 ; 35(2) : 193-9.

Carratù P, Amato M, Riccitiello F, Rengo S. « Evaluation of leakage of bacteria and endotoxins in teeth treated endodontically by two different techniques. » *Journal of endodontics* 2002 ; 28(4) : 272-5.

Cloet E, Debels E, Naert I. « Controlled Clinical Trial on the Outcome of Glass Fiber Composite Cores Versus Wrought Posts and Cast Cores for the Restoration of Endodontically Treated Teeth: A 5-Year Follow-up Study. » *The international journal of prosthodontics* 2017 ; 30(1):71-79.

Clunet-Coste B, Michel Bartala M, Maneuf B, Cieren C, Sarrazin F. « Reconstitution corono-radulaire fibro architecturée. Intérêt des micro-tenons. » *L'information dentaire* 2017; 23 : 16-25

Decup F, Antonioli P, Lasfargues JJ. « Spécificités de la dent dépulpeée, propriétés biomécaniques, caractéristiques physiologiques et histologiques. » in. *Restaurer la dent dépulpeée tout simplement - L'Information Dentaire*. 2014.

Déjou J, Camps J, Levallois B. « Préparation "Endo-prothétique" des racines courbes. » *Les Cahiers de Prothèse* 1989 ; 65:7-16

Déjou J, Laborde G. « Le tenon radulaire : est-il indispensable, utile ou dangereux ? » *Les cahiers de prothèse* 2001.

Dietschi D, Duc O, Krejci I, et Sadan A. « Biomechanical Considerations for the Restoration of Endodontically Treated Teeth: A Systematic Review of the Literature--Part 1. Composition and Micro- and Macrostructure Alterations. » *Quintessence International* 2007; 38(9):733-43.

Dimitriu B, Vârlan C, Suci I, Vârlan V, Bodnar D. « Current considerations concerning endodontically treated teeth: alteration of hard dental tissues and biomechanical properties following endodontic therapy. » *Journal of medicine and life* 2009 ; 2(1):60-5.

Duminil G. « Les restaurations corono-radulaires indirectes par techniques CFAO. » *L'information dentaire* 2019 ; 25-26.

Dyer SR, Lassila LVJ, Jokinen M, Vallittu PK. « Effect of fiber position and orientation on fracture load of fiber-reinforced composite. » *Dental Materials* 2004 ; 20(10):947-55.

Eid R.Y, Juloski J, Ounsi H, Silwaidi M, Ferrari M, Salameh Z. « Fracture Resistance and Failure Pattern of Endodontically Treated Teeth Restored with Computer-aided Design/ Computer-aided Manufacturing Post and Cores: A Pilot Study. » *Journal of Contemporary Dental Practice* 2019 ; 20(1):56-63.

Eid R.Y, Koken S, Baba N.Z, Ounsi H, Ferrari M, Salameh Z. « Effect of Fabrication Technique and Thermal Cycling on the Bond Strength of CAD/CAM Milled Custom Fit Anatomical Post and Cores: An In Vitro Study. » Journal of Prosthodontics 2019 ; 28(8):898-905.

Eskitaşcioğlu G, Belli S, Kalkan M. « Evaluation of two post core systems using two different methods (fracture strength test and a finite elemental stress analysis). » Journal of Endodontics 2002; 28(9):629-33.

Ferrari M, Cagidiaco M.C, Goracci C, Vichi A, Mason P.N, Radovic I, Tay F. « Long-term retrospective study of the clinical performance of fiber posts. » American Journal of Dentistry 2007; 20(5):287-91.

Ferrari M, Mason P.N, Goracci C, Pashley D.H, Tay F.R. « Collagen degradation in endodontically treated teeth after clinical function. » Journal of dental research 2004; 83(5):414-9.

Franco E.B, Lins do Valle A, Pompéia Fraga de Almeida A.L, Rubo J.H, Pereira J.R. « Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with glass fiber posts of different lengths. » The Journal of Prosthetic Dentistry 2014; 111(1):30-4.

Freedman G.A. « Esthetic post-and-core treatment. » Dental clinics of North America 2001; 45(1):103-16.

Gantel C, Aboudharam G, Dejou J, Blanchard J. « Enquête sur la pratique des reconstitutions coronoradiculaires. » Les cahiers de prothèse 2006; 133

Garcia P.P, Wambier L.M, De Geus J.L, Da Cunha L.F, Correr G.M, Gonzaga C.C. « Do anterior and posterior teeth treated with post-and-core restorations have similar failure rates? A systematic review and meta-analysis. » The Journal of Prosthetic Dentistry 2019; 121(6):887-894.

Goracci C, Ferrari M. « Current Perspectives on Post Systems: A Literature Review. » Australian Dental Journal 2011; 56 Suppl 1:77-83.

Hattaa M, Shinyaa A, Vallittu PK, Shinyaa A, Lassila L.V.J. « High volume individual fibre post versus low volume fiber post: The fracture load of the restored tooth. » Journal of dentistry 2011; 39(1):65-71.

Haralur S.B, Al Ahmari M.A, AlQarni S.A, Althobati M.K. « The Effect of Intraradicular Multiple Fiber and Cast Posts on the Fracture Resistance of Endodontically Treated Teeth with Wide Root Canals. » Biomed Research International 2018; 1671498.

Kim Y.H, Lee J.H. « Influence of modification in core building procedure on fracture strength and failure patterns of premolars restored with fiber post and composite core. » The Journal of advanced prosthodontics 2012 ; 4(1):37-42.

Koubi S, Weissrock G, Tassery H, Brouillet J.L « Reconstitutions coronoradiculaires collées fibrées : qu'en est-il ? » - L'information dentaire 2008; 25.

Li Q, Xu B, Wang Y, Cai Y. « Effects of auxiliary fiber posts on endodontically treated teeth with flared canals. » Operative dentistry 2011; 36(4):380-9.

Magni E, Mazzitelli C, Papacchini F, Radovic I, Goracci C, Coniglio I, Ferrari M. « Adhesion between fiber posts and resin luting agents: a microtensile bond strength test and an SEM investigation following different treatments of the post surface. » The journal of adhesive dentistry 2007; 9(2):195-202

Magne P, Belser U. « Restaurations adhésives en céramique sur dents antérieures : Approche biomimétique. » Quintessence internationale 2003

Magni E, Mazzitelli C, Papacchini F, Radovic I, Goracci C, Coniglio I, Ferrari M. « The adhesion between FRC posts and resin core materials following different treatments of the post surface. » International Dentistry 2007 ; 9(2):30-40

Martínez-Insua A, Da Silva L, Rilo B, Santana U. « Comparison of the fracture resistances of pulpless teeth restored with a cast post and core or carbon-fiber post with a composite core. » The Journal of prosthetic dentistry 1998 ; 80(5):527-32.

Moshonov J, Slutzky-Goldberg I, Gottlieb A, Peretz B. « The effect of the distance between post and residual gutta-percha on the clinical outcome of endodontic treatment. » Journal of endodontics 2005; 31(3):177-9.

Moyen O, Armand S. « Les reconstitutions corono-radicales : apport des ancrages en fibres de carbone. » Les cahiers de prothèse 1999; 106:7-18.

Naumann M, Schmitter M, Frankenberger R, Krastl G « Ferrule Comes First. Post Is Second! Fake News and Alternative Facts? A Systematic Review. » Journal of endodontics 2018; 44(2):212-219

Naumann M, Sterzenbach G, Rosentritt M, Beuer F, Meyer-Lückel H, Frankenberger R. « Self-adhesive cements as core build-ups for one-stage post-endodontic restorations ? » International Endodontic Journal. 2011; 44(3):195-202.

Ng Y.L, Mann V, Rahbaran S, Lewsey J, Gulabivala K. « Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature -- Part 2. Influence of clinical factors. » International endodontic journal 2008; 41(1):6-31

Oudin A, Raux F. « Reconstitution corono-radicalaire sceller ou coller ? in Restaurer la dent dépulpée tout simplement - L'Information Dentaire. 2014

Pang J, Feng C, Zhu X, Liu B, Deng T, Gao Y, Li Y, Ke J. « Fracture behaviors of maxillary central incisors with flared root canals restored with CAD/CAM integrated glass fiber post-and-core. » - Dental Materials Journal 2019; 38(1): 114–119.

Papa J, Cain C, Messer HH. « Moisture content of vital vs endodontically treated teeth. » Endodontics and dental traumatology 1994; 10(2):91-3

Pegoretti A, Fambri L, Zappini G, Bianchetti M. « Finite element analysis of a glass fibre reinforced composite endodontic post. » *Biomaterials*. 2002; 23(13):2667-82.

Pereira JC, Do Valle AL, Shiratori FK, Ghizoni JS, Bonfante EA. « The effect of post material on the characteristic strength of fatigued endodontically treated teeth. » *The Journal of Prosthetic Dentistry* 2014; 112:1225-1230.

Pierrisnard L, Bohin F, Renault P, Barquins M. « Corono-radicular reconstruction of pulpless teeth: a mechanical study using finite element analysis. » *The Journal of Prosthetic Dentistry* 2002; 88(4):442-8

Reeh ES, Messer HH, et Douglas WH. « Reduction in tooth stiffness as a result of endodontic and restorative procedures. » *Journal of Endodontics* 1989; 15(11):512-6.

Reginato CF, Oliveira AS, Kaizer MR, Jardim PS, Moraes RR. « Polymerization efficiency through translucent and opaque fiber posts and bonding to root dentin. » *Journal of Prosthodontic Research* 2013; 57(1):20-3.

Ruschel GH et al. « Mechanical properties and superficial characterization of a milled CAD-CAM glass fiber post. » *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials* 2018; 82:187-192

Sarkis-Onofre R, Jacinto RC, Boscato N, Cenci MS, Pereira-Cenci T. « Cast metal vs. glass fiber posts: a randomized controlled trial with up to 3 years of follow up. » - *Journal of dentistry* 2014; 42(5):582-7.

Saunders WP, et Saunders EM. « Coronal Leakage as a Cause of Failure in Root-Canal Therapy: A Review. » *Endodontics & Dental Traumatology* 1994; 10 (3):105-8.

Sjögren U, Figdor D, Persson S, Sundqvist G. « Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. » *International endodontic journal* 1997; 30(5):297-306.

Skupien JA, Sarkis-Onofre R, Cenci MS, Moraes RR, Pereira-Cenci T « A systematic review of factors associated with the retention of glass fiber posts. » *Brazilian Oral Research* 2015; 29:806-832

Sorensen JA, Engelman MJ. « Ferrule Design and Fracture Resistance of Endodontically Treated Teeth. » *The Journal of Prosthetic Dentistry* 1990; 63(5): 529-36.

Spazzin AO, De Moraes RR, Cecchin D, Farina AP, Carlini-Júnior B, Correr-Sobrinho L. « Morphological analysis of glass, carbon and glass/carbon fiber posts and bonding to self or dual-cured resin luting agents. » *Journal of applied oral science* 2009; 17(5):476-80.

Stavridakis M, Brokos Y, Krejci I. « Is the glass half empty or half full? A novel "philosophical" approach to the "mystery" of the so-called ferrule effect. » *Medical Hypotheses*. 2018; 115:35-41.

Swanson K, et Madison S. « An Evaluation of Coronal Microleakage in Endodontically Treated Teeth. Part I. Time Periods. » *Journal of Endodontics* 1987; 13 (2):56-59.

Tabassum S, Khan FR. « Failure of endodontic treatment : « The usual suspects. » European journal of dentistry 2016; 10(1):144-147

Tilotta F, Lévy G, Lautrou A. « Anatomie dentaire » Elsevier Masson 2018.

Tsintsadze N, Juloski J, Carrabba M, Tricarico M, Goracci C, Vichi A, Ferrari M, Grandini S. « Performance of CAD/CAM fabricated fiber posts in oval-shaped root canals: An in vitro study. » American Journal of Dentistry 2017; 30(5):248-254.

Vipin A, Vineeta N, Neeraj S, Pooja A. « Reinforcement of Flared root canals with fiber post & auxiliary prepolymerized nanohybrid composite posts: a clinical report. » International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology - 2013; 2:12.

Wilson AD. « The chemistry of dental cements. » Chemical Society Reviews 1978; 7:265-296

Wu MK, Pehlivan Y, Kontakiotis EG, et Wesselink PR. « Microleakage along Apical Root Fillings and Cemented Posts. » The Journal of Prosthetic Dentistry 1998; 79 (3):264-69.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1. Dentine au microscope électronique à balayage MEB, grossissement x 3000.

Figure 2. Exemple de dyschromie apparue après traitement endodontique de la dent n°11

Figure 3. Pourcentage de perte de résistance mécanique de la dent liée à la perte des tissus coronaires (selon Reeh et coll.)

Figure 4. Image de lésion apicale liée à un traitement endodontique inadéquat.

Figure 5. Techniques de restaurations actuelles adaptées selon les tissus résiduels. Figure 6. Schéma d'une préparation corono-périphérique et effet ferrule.

Figure 7. Éléments composants une restauration corono-radulaire.

Figure 8. Photos d'une reconstitution avec matériaux insérés en phase plastique et d'une reconstitution avec inlay-core.

Figure 9. Tableau guidant le choix de la technique de RCR selon les substrats en présence.

Figure 10a. Photo d'une racine fracturée présentant un phénomène de corrosion liée à un inlay-core

Figure 10b. Radio d'une racine fracturée liée à une sur préparation canalaire.

Figure 11a. Photo de bloc de résine Numerys GF usinable pour la confection d'inlay-core

Figure 11b. Exemple d'inlay-core fibré usiné.

Figure 12. Radios de fractures profondes associées à la mise en place d'inlays-core

Figure 13. Exemples de différents modules d'élasticité.

Figures 14a et 14b. Distribution des contraintes dans une racine restaurée par RCR coulée et une racine restaurée par RCR foulée.

Figure 15. Exemples de ciments poudre-liquide et ciment verre ionomère

Figure 16. Représentation schématique d'une résine composite.

Figure 17. Photo au microscope de la surface de collage entre tenon et dentine radulaire.

Figure 18. Exemples de fragilisation et fausse route lors de la préparation canalaire.

Figure 19. Exemples de différents système d'acquisition d'empreinte numérique.

Figure 20. Exemples de logiciels disponibles pour la CAO.

Figure 21. Exemples de machines outil pour la fabrication assistée par ordinateur.

Figure 22a. Empreinte anatomique classique avec matériau à empreinte fluide.

Figure 22b. Empreinte numérique à l'aide de scan-post inséré dans la racine.

Figure 23. Schéma légendé de la composition d'une RCR foulée.

Figure 24. Interface tenon-matériau d'assemblage observée au microscope.

Figure 25. Situation clinique après préparation corono-périphérique.

Figure 26. Mise en place du tenon unitaire associé à un composite de collage intra radulaire.

Figure 27. RCR foulée une fois le composite de reconstitution coronaire mis en place.

Figure 28. Exemples de modifications de l'anatomie intracanaulaire.

Figure 29. Répartition des contraintes dans une dent restaurée par RCR (Pegoretti 2002)

Figure 30. Photo des micro-tenons fasciculés Biolight PLUS® (BMC).

Figure 31. Schéma de la répartition des micro-tenons dans un canal courbe.

Figure 32. Comportement sous charge d'une poutre de composite renforcée par un tenon central ou par plusieurs micro-tenons.

Figure 33. Test sous machine de traction, application d'une charge à 30° jusqu'à rupture de l'échantillon.

Figures 34a et 34b. Situation clinique initiale de 24 et 25 après PCP.

Figure 35. Mise en place du champ opératoire pour étanchéifier la préparation.

Figure 36. Essayage du fagot de micro-tenons choisi pour combler au maximum la lumière canalaire.

Figure 37. Essayage de la matrice transparente modèle du futur faux moignon.

Figure 38. Conditionnement des tissus à l'aide d'acide orthophosphorique, suivi du rinçage et séchage.

Figure 39. Mise en place de la colle intracanaulaire à l'aide d'un embout adapté.

Figure 40. Mise en place du fagot de tenons dans la lumière canalaire remplie de colle.

Figure 41. Les micros-tenons sont coupés avec une paire de ciseaux avant d'être répartis de façon aléatoire dans le canal.

Figure 42. Photopolymérisation de l'ensemble.

Figure 43. Mise en place de la matrice transparente.

Figure 44. Mise en place du composite de reconstitution coronaire.

Figure 45. Polymérisation finale de l'ensemble.

Figure 46. Vue de la reconstitution avant retrait de la digue.

Figures 47a et 47b. Vues occlusale et vestibulaire de la reconstitution corono-radicaire par micro-tenons fasciculés après reprise de la PCP.

Figures 48a et 48b. Vues vestibulaire et occlusale après mise en place de l'inlay-core sur 25.

Figure 49. Radiographie de la situation clinique finale.

Figure 50. Photo de l'empreinte double mélange pour la réalisation des futures couronnes

Figure 51a. Matériau Numerys GF de Itena Clinical sous forme de galettes ou blocs usinables.

Figure 51b. Photo au microscope électronique à balayage de la surface du matériau (x200).

Figure 52. Propriétés mécaniques d'un inlay-core Numerys GF après test in vitro.

Figures 53a et 53b. Vue palatine d'une importante perte de substance sur la 14 nécessitant une restauration corono-radicaire.

Figure 54. Empreinte optique de la PCP sur laquelle est tracée la limite cervicale.

Figure 55. Vue de l'intrados de l'empreinte optique réalisée ; le canal n'est pas enregistré dans sa globalité.

Figure 56. Mise en place du scan-post adapté au dernier foret utilisé afin de réaliser l'empreinte intracanaire.

Figure 57. Complément d'empreinte scan-post mis en place.

Figure 58. Photo de l'inlay-core usiné dans un bloc Numerys GF avant la pose.

Figure 59. Mise en place de la pièce usinée, collée dans le canal radiculaire.

Figure 60. Situation clinique initiale : nécessité de remplacer l'ancienne RCR.

Figure 61. Situation clinique suite à la dépose de l'ancrage.

Figure 62. Empreinte optique de la partie supra gingivale.

Figure 63. Visualisation de l'intrados de l'empreinte ; le canal large a été enregistré dans son intégralité.

Figure 64. Modélisation du futur inlay-core sur logiciel de CAO.

Figure 65. Situation clinique après la pose de l'inlay-core.

Serment d'Hippocrate

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

*Je promets et je jure, au nom de l'Etre Suprême, d'être fidèle aux lois
de l'Honneur et de la probité dans l'exercice de La Médecine
Dentaire.*

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

*Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui se
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.*

Je garderai le respect absolu de la vie humaine dès sa conception.

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

*Respectueux et reconnaissant envers les Maîtres, je rendrai à leurs
enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.*

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

*Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y
manque.*



Approbation – Improbation

Les opinions émises par les dissertations présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, sans aucune approbation ou improbation de la Faculté de Chirurgie dentaire (1).

Lu et approuvé,

Vu,
Nice, le

Le Président du jury,

Le Doyen de la Faculté de
Chirurgie Dentaire de l'UNS

Professeur Claire LASSAUZAY

Professeur Laurence LUPI

(1) Les exemplaires destinés à la bibliothèque doivent être obligatoirement signés par le Doyen et par le Président du Jury.

Noémie KEIDJIAN

RESTAURATION DE LA DENT DÉPULPÉE AVEC DES ANCRAGES FIBRES : POSSIBILITÉS ACTUELLES ET EXEMPLES D'APPLICATION

Thèse : Chirurgie Dentaire, Nice, 2020, n° 42-57-20-31

Directeur de thèse : **Marc BOLLA**

Mots-clés : : dent dépulpée, reconstitution corono-radulaire, tenon fibré, micro-tenons fasciculés, CFAO, inlay-core usiné

Résumé:

La dent dépulpée se présente comme un complexe organo-minéral poreux qui peut se conserver sur l'arcade malgré l'absence de la pulpe. Les modifications biologiques, telles que la légère perte hydrique et la dégradation progressive des fibres de collagène, n'affectent que peu la résistance globale de la dent. C'est la perte des tissus dentaires qui entraîne une perte de résistance intrinsèque de la dent, ce qui augmente le risque de fracture et diminue son taux de survie. Face à une dent fortement délabrée et quand le choix de la réalisation d'une couronne s'impose, deux techniques s'offrent à nous pour la réalisation d'une reconstitution corono-radulaire : une technique directe dite RCR foulée ou une technique indirecte dite RCR coulée. Ces deux méthodes possèdent chacune leurs avantages et inconvénients. Elles ont été testées au travers de différentes études sur la répartition des contraintes et leur comportement dans le temps. Avec l'arrivée de nouveaux matériaux de collage, plus tolérant en manipulation et plus esthétiques, la RCR foulée qui autorise une meilleure répartition des contraintes dans la racine, s'est répandue dans notre pratique courante. Elle est classiquement constituée d'un tenon fibré unitaire supportant un composite de restauration coronaire. Mais des nouveaux ancrages tels que les micro-tenons fasciculés ou les inlay-cores fibrés usinés ont été récemment mis sur le marché. Les micro-tenons fasciculés sont capable de se séparer et se répartir au sein de la racine et du composite, ce qui renforce la restauration et permet d'éviter l'alésage canalaire. Tandis que les inlay-cores fibrés permettent de réaliser des ancrages grâce aux nouvelles technologie de conception et fabrication assistée par ordinateur. Usinables en un temps réduit, leur bonnes propriétés mécaniques et optiques devraient amener ces ancrages à se développer à l'avenir.