



HAL
open science

Restauration de la dent dépulpée “ du sol au plafond ” en une seule séance clinique : proposition de protocoles et cas cliniques associés

Jessica Paolino

► To cite this version:

Jessica Paolino. Restauration de la dent dépulpée “ du sol au plafond ” en une seule séance clinique : proposition de protocoles et cas cliniques associés. Médecine humaine et pathologie. 2022. dumas-03865309

HAL Id: dumas-03865309

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03865309>

Submitted on 22 Nov 2022

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

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

**RESTAURATION DE LA DENT DÉPULPÉE « DU
SOL AU PLAFOND » EN UNE SEULE SÉANCE
CLINIQUE**

Proposition de protocoles et cas cliniques associés

Année 2022

Thèse n° 42-57-22-16

THÈSE

Présentée et publiquement soutenue devant
la Faculté de Chirurgie Dentaire de Nice
Le 17 Juin 2022 par

Madame Jessica PAOLINO

Née le 13 septembre 1997 à Cagnes sur Mer

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

L. LUPI
M. BOLLA
N. BRULAT-BOUCHARD
G. LAMBERT

Présidente du jury
Directeur de thèse
Assesseur
Assesseur

CORPS ENSEIGNANT

56ème section : DEVELOPPEMENT, CROISSANCE ET PREVENTION

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

Professeur des Universités : Mme MULLER-BOLLA Michèle
Maître de Conférences des Universités : Mme JOSEPH Clara
Professeur des Universités Associée : Mme CHARAVET Carole
Maître de Conférences des Universités Associé : Mme OUEISS Arlette
Assistant Hospitalier Universitaire : Mme AIEM TORT-ALVAREZ Elody
Assistant Hospitalier Universitaire : M. 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 : Mme MERIGO Elisabetta
Maître de Conférences des Universités Associé : Mme BORSA Leslie
Assistant Hospitalier Universitaire : Mme FRENDO Marie

57ème section : CHIRURGIE ORALE ; PARODONTOLOGIE ; BIOLOGIE ORALE

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

Professeur des Universités : Mme DRIDI Sophie Myriam
Professeur des Universités : Mme PRECHEUR-SABLAYROLLES Isabelle
Professeur des Universités : Mme VINCENT-BUGNAS Séverine
Maître de Conférences des Universités : M. BENHAMOU Yordan
Maître de Conférences des Universités : M. COCHAIS Patrice
Maître de Conférences des Universités : Mme RAYBAUD Hélène
Maître de Conférences des Universités : Mme VOHA Christine
Assistant Hospitalier Universitaire : Mme FISTES Elene-Maria
Assistant Hospitalier Universitaire : M. GAUDARD Mathias
Assistant Hospitalier Universitaire : Mme NAMAN Eve

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 : M. BOLLA Marc
Professeur des Universités : Mme BRULAT-BOUCHARD Nathalie
Professeur des Universités : Mme LASSAUZAY Claire
Professeur des Universités Emérite : M. ROCCA Jean-Paul
Maître de Conférences des Universités : M. CEINOS Romain
Maître de Conférences des Universités : Mme EHRMANN Elodie
Maître de Conférences des Universités : M. LAPLANCHE Olivier
Maître de Conférences des Universités : M. LEFORESTIER Eric
Maître de Conférences des Universités : Mme POUYSSEGUR-ROUGIER Valérie
Assistant Hospitalier Universitaire : Mme ABID Sarah
Assistant Hospitalier Universitaire : Mme BECQUART Mathilde
Assistant Hospitalier Universitaire : M. BONNET Nicolas
Assistant Hospitalier Universitaire : M. CEPPO Franck
Assistant Hospitalier Universitaire : Mme DUBOIS Margaux
Assistant Hospitalier Universitaire : M. DUBROMEZ Julien
Assistant Hospitalier Universitaire : M. GIRODENGO Alexandre
Assistant Hospitalier Universitaire : Mme GROSSI Vanina
Assistant Hospitalier Universitaire : M. LAMBERT Gary

REMERCIEMENTS

À Madame le Professeur Laurence LUPI

*Docteur en Chirurgie Dentaire
Professeur des Universités - Praticien Hospitalier
Doyenne de la Faculté d'Odontologie et de Chirurgie Dentaire de Nice
Responsable de sous-section Prévention, Épidémiologie, Économie de la santé,
Odontologie légale*

C'était pour moi une évidence de vous demander de m'accompagner dans cette dernière étape de mon parcours universitaire. C'est grâce à vous que tout a commencé lorsque j'étais encore une lycéenne qui se posait beaucoup de questions sur quelle voie suivre après le baccalauréat. Vous aviez su me convaincre d'embrasser le cursus de chirurgien-dentiste et je vous en suis aujourd'hui très reconnaissante. Merci de me faire l'honneur de présider ce jury. Une dizaine d'années plus tard, « la boucle est enfin bouclée » ! Merci pour votre gentillesse, votre bienveillance et votre bonne humeur tout au long de ces années de faculté.

À Monsieur le Professeur Marc BOLLA

*Docteur en Chirurgie Dentaire
Professeur des Universités - Praticien Hospitalier
Département de Dentisterie Restauratrice, Endodontie, Prothèses, Fonction-Dysfonction,
Imagerie, Biomatériaux*

Je vous remercie d'avoir accepté de diriger ce travail de thèse, de m'avoir fait confiance et de m'avoir proposé ce sujet clinique très intéressant. J'ai beaucoup apprécié travailler à vos côtés en tant qu'aide opératoire tout au long de ma 6^{ème} année. Ces vacances m'ont permis d'acquérir beaucoup de compétences techniques, de capacités d'analyse et de diagnostic, sans jamais oublier l'approche humaine du patient.

J'éprouve une grande admiration pour votre pédagogie clinique, votre rigueur et votre précision. Ces qualités seront toujours un exemple pour mon exercice futur. Vous avez su, au travers de vos cours à la faculté et pendant cette dernière année hospitalière, me transmettre votre passion pour les biomatériaux, et je vous en suis reconnaissante.

Merci également pour votre patience et votre réactivité qui m'ont aidé à mener à bien ce travail de thèse qui reflète, je l'espère, toute ma profonde gratitude et mon sincère respect.

À Madame le Professeur Nathalie BRULAT-BOUCHARD

Docteur en Chirurgie Dentaire

Professeur des Universités - Praticien Hospitalier

Département de Dentisterie Restauratrice, Endodontie, Prothèses, Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux

Je vous remercie d'avoir accepté de siéger dans ce jury. Votre enseignement rigoureux en cours dès la 2^{ème} année, en TP, puis au CHU, m'a aidé à m'améliorer d'années en années. Je vous remercie de m'avoir transmis votre savoir et votre rigueur, en m'encourageant toujours à délivrer des soins d'une grande qualité. Veuillez trouver dans cette thèse l'expression de toute ma reconnaissance.

À Monsieur le Docteur Gary LAMBERT

Docteur en Chirurgie Dentaire

Assistant Hospitalier Universitaire

Département de Dentisterie Restauratrice, Endodontie, Prothèses, Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux

Merci de m'avoir accompagnée et aidée pendant les vacances hospitalières de 4^{ème} et de 6^{ème} année, que ce soit en prothèse mais aussi dans tous les autres domaines de la dentisterie ! Tu as su m'encourager lorsque je doutais et a toujours été présent pour m'épauler en cas de difficultés en me donnant des conseils et des astuces pour m'améliorer ! Je te remercie également pour ta participation à la prise des empreintes numériques de mon dernier cas clinique présenté dans cette thèse. Je suis touchée par l'intérêt que tu as porté à mon travail et à ces cas tout au long de leur réalisation.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.....	1
PARTIE I : LES CARACTÉRISTIQUES DE LA DENT DÉPULPÉE.....	3
1. La dent dépulpée dans son parodonte.....	3
2. Modifications biologiques.....	3
2.1 L'émail	3
2.2 La dentine	3
2.3 Conséquences de l'absence de pulpe	4
3. Modifications biomécaniques.....	5
PARTIE II : OBTURATION ENDODONTIQUE.....	6
1. Matériau d'obturation : la gutta percha	6
2. Ciments de scellement et d'obturation endodontique	7
2.1 Les ciments à base d'oxyde de zinc eugénol.....	7
2.2 Les ciments à base de résine	8
2.3 Les ciments à base d'hydroxyde de calcium.....	8
2.4 Les ciments à base de silicone	9
2.5 Ciments à base de verre ionomère.....	9
2.6 Ciments à base de biocéramiques.....	10
2.6.1 Ciments à base de MTA.....	10
2.6.2 Ciments à base de Biodentine.....	10
2.6.3 Les biocéramiques à visée d'obturation canalaire orthograde	11
PARTIE III : TECHNIQUES DE RESTAURATION DE LA DENT DÉPULPÉE EN UNE SEULE SÉANCE.....	14
1. Choix de la restauration en fonction de la situation clinique	15
2. Restauration par technique directe	16
2.1 Propriétés physiques et chimiques de la résine composite	17
2.1.1 Composition.....	17
2.1.2 Retrait de polymérisation.....	17
2.1.3 Taux de conversion.....	17
2.2 Protocole clinique : Obturation et restauration par technique directe dans la même séance .	18

3. Restauration postérieure partielle collée par CFAO.....	20
3.1 Indications et propriétés.....	20
3.2 Association avec un substitut dentinaire.....	21
3.3 Utilisation de la CFAO pour une restauration en une seule séance.....	23
3.4 Protocole clinique : Obturation et pose d'un onlay CFAO en une seule séance.....	24
4. Restaurations corono-radulaire fibrées	32
4.1 Indications.....	32
4.2 Association avec un ciment d'obturation adéquat.....	33
4.3 Protocole clinique : Obturation et RCR foulée en une seule séance	38
4.4 Protocole clinique : Obturation et RCR foulée avec micro-tenons fasciculés en une seule séance.....	45
4.5 Protocole clinique : Obturation et inlay-core en résine Numerys GF ® usiné en une seule séance.....	50
CONCLUSION	58
ANNEXES : FICHES DE PROTOCOLE CLINIQUE.....	60
Annexe 1 : Obturation et restauration postérieure partielle collée par CFAO en une seule séance	60
Annexe 2 : Obturation et RCR foulée en une seule séance	63
Annexe 3 : Obturation et RCR foulée avec micro-tenons fasciculés en une seule séance.....	65
Annexe 4 : Obturation et inlay-core en résine Numerys GF ® usiné en une seule séance..	67
RÉFÉRENCES.....	70

ABRÉVIATIONS

Bis-GMA : Bisphenol A-Glycidyl Methacrylate
CAD : Computer Aided Design = Conception assistée par ordinateur
CAM : Computer Aided Manufacture = Fabrication assistée par ordinateur
CFAO : Conception et Fabrication Assistée par Ordinateur
CFV : Composite à Fibre de Verre
CVI : Ciment Verre Ionomère
CVIHV : Ciment Verre Ionomère Haute Viscosité
CVIMAR : Ciment Verre Ionomère Modifié par Adjonction de Résine
DVO : Dimension Verticale d'Occlusion
IC : Inlay-Core
IDS : Immediate Dentin Sealing = Hybridation dentinaire immédiate
LT : Longueur de Travail
MTA : Mineral Trioxide Aggregate
PAP : Prothèse Adjointe Partielle
PCP : Préparation Corono Périphérique
PMMA : Poly Méthacrylate de Méthyle Acrylique
RC : Reconstitution Coronaire
RCR : Reconstitution Corono Radiculaire
RCRF : Reconstitution Corono Radiculaire Foulée
RMIPP : Reconstitution avec des Matériaux Insérés en Phase Plastique
RPC : Restauration Partielle Collée
TEGDMA : Triethylene Glycol Dimethacrylate
US : Ultrasons

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Résistance biomécanique d'une dent en fonction de la perte de substance associée.

Tableau II : Tableau récapitulatif des ciments d'obturation endodontique

Tableau III : Choix de la restauration en fonction de la situation clinique.

Tableau IV : Classification SISTA de Mount et Hume, modifiée par Lasfargues, appliquée à la perte de substance dentaire sur dent dépulpée.

Tableau V : Choix du type d'ancrage en fonction du nombre, de la hauteur et de l'épaisseur de parois restantes après la PCP.

LISTE DES FIGURES

- Figure 1** : Réseau de tubulis dentinaires vu au microscope électronique
- Figure 2** : Dyschromie de la dent dépulpée sur 31
- Figure 3** : Ciment biocéramique BioRoot RCS ® de Septodont
- Figure 4** : Utilisation du ciment BioRoot RCS ® (notice fabricant)
- Figure 5** : Coupe transversale au niveau du tiers moyen d'une incisive maxillaire obturée à l'aide d'un monocône calibré de gutta percha et d'un ciment biocéramique
- Figure 6** : Vue occlusale après pose du champ opératoire, curetage carieux, obturation endodontique, nettoyage de la chambre et pose de la matrice en proximal
- Figure 7** : Mordançage amélo dentinaire à l'acide orthophosphorique
- Figure 8** : Pose d'un composite fluide en fond de cavité et d'un composite classique pour rétablir la crête marginale distale
- Figure 9** : Vue occlusale de la dent dépulpée restaurée au composite par technique directe
- Figure 10** : Radiographie de contrôle
- Figure 11** : Onlay (à gauche) et inlay (à droite)
- Figure 12** : Overlay dentaire
- Figure 13** : Critères de préparation des cavités pour les restaurations partielles collées
- Figure 14** : Composite renforcé de fibres de verre courtes (EverX Posterior ®)
- Figure 15** : Vue x 1000 au microscope électronique d'EverX Posterior ®
- Figure 16** : Représentation schématique d'un agencement aléatoire de fibres courtes
- Figure 17** : Radio préopératoire de 37
- Figure 18** : Vue occlusale de la 37 après la pose de la digue
- Figure 19** : Dépose de la restauration temporaire (Cavit)
- Figure 20** : Rinçage final
- Figure 21** : Séchage des canaux avec des pointes de papier stériles
- Figure 22** : Insertion des maîtres cônes puis des cônes accessoires enduits de ciment
- Figure 23** : Vue occlusale après obturation
- Figure 24** : Radiographie post opératoire
- Figure 25** : Elimination des excès de gutta percha dans la chambre
- Figure 26** : Mordançage à l'acide orthophosphorique
- Figure 27** : Application d'un adhésif à l'aide d'une microbrush
- Figure 28** : Application d'un composite flow en fond de cavité
- Figure 29** : Application d'un CVI en tant que substitut dentinaire
- Figure 30** : Vue occlusale après dépose de la digue, de la restauration pré endodontique et préparation de la dent
- Figure 31** : Modélisation du futur overlay sur le logiciel CEREC
- Figure 32** : Validation du projet
- Figure 33** : Taille de la pièce au sein de l'usineuse
- Figure 34** : Glaçage et maquillage de la pièce
- Figure 35** : Cuisson de la pièce
- Figure 36** : Mordançage
- Figure 37** : Mélange du primer et de l'adhésif correspondant au composite de collage Multilink ®
- Figure 38** : Application sur toute la surface à l'aide d'une microbrush
- Figure 39** : Photopolymérisation
- Figure 40** : Application d'un gel à l'acide fluorhydrique dans l'intrados de l'overlay
- Figure 41** : Application d'une fine couche de silane dans l'intrados de l'overlay
- Figure 42** : Application du composite de collage Multilink ® dans l'intrados
- Figure 43** : Impaction de la pièce
- Figure 44** : Photopolymérisation flash avant élimination des excès
- Figure 45** : Photographie finale de l'overlay réalisé sur 37
- Figure 46** : Vue occlusale de la 15 après la pose de la digue

Figure 47 : Dépose de la restauration temporaire (Cavit)

Figure 48 : Essayage du maître cône de gutta percha

Figure 49 : Rinçage final

Figure 50 : Séchage du canal avec des pointes de papier stériles

Figure 51 : Instructions de mélange et de préparation du ciment BioRoot RCS ® (notice fabricant)

Figure 52 : Passage du Lentulo enduit de ciment dans le canal

Figure 53 : Enduction du maître cône de gutta percha de ciment BioRoot RCS ®

Figure 54 : Insertion du maître cône dans le canal

Figure 55 : Découpe de la partie coronaire de gutta percha avec un insert US sans eau

Figure 56 : Désobturation de la gutta percha avec un fouloir de Machtou chaud

Figure 57 : Désobturation de la gutta percha avec un foret de Gates

Figure 58 : Alésage du canal avec un foret Pivomatic jaune

Figure 59 : Mise en place d'un tenon métallique avant radiographie de contrôle

Figure 60 : Essayage du tenon en résine dans le canal

Figure 61 : Ajustement de la hauteur du tenon

Figure 62 : Essayage de la matrice de sertissage coronaire

Figure 63 : Mordançage intra canalaire à l'acide orthophosphorique

Figure 64 : Rinçage et séchage

Figure 65 : Colle auto-mordançante et auto-adhésive à prise duale : TotalCem ®, Itena

Figure 66 : Insertion de la colle composite dans le logement canalaire

Figure 67 : Insertion du tenon dans le logement canalaire

Figure 68 : Photopolymérisation

Figure 69 : Injection du composite de reconstitution dans la matrice transparente

Figure 70 : La préparation corono périphérique est achevée. Le tenon est visible par transparence.

Figure 71 : Fagots de micro-tenons fasciculés Biolight PLUS ®

Figure 72 : Répartition homogène des micro-tenons assurant une continuité entre le moignon et la partie radiculaire

Figure 73 : Mordançage intra canalaire

Figure 74 : Séchage du canal avec une pointe de papier après avoir rincé abondamment

Figure 75 : Enduction des parois canalaire d'un adhésif universel à prise duale

Figure 76 : Mode d'emploi de l'imprégnateur Biolight PLUS ® étape par étape

Figure 77 : Remplissage du canal, la colle est injectée en excès

Figure 78 : Insertion des micro-tenons dans le canal rempli de colle

Figure 79 : Section du manchon de préhension à l'aide d'une paire de ciseaux

Figure 80 : Dispersion des brins à l'aide d'une sonde

Figure 81 : Photopolymérisation

Figure 82 : Vue occlusale après polymérisation de la colle composite intra canalaire

Figure 83 : Mise en place d'une matrice de sertissage et remplissage avec un composite de reconstitution coronaire

Figure 84 : Vue occlusale après dépose de la matrice et retouche de la préparation

Figure 85 : Blocs et galette de résine Numerys GF ®, Itena , destinés à l'usinage

Figure 86 : Observation en microscopie électronique à balayage de la direction de direction de différentes fibres de verre

Figure 87 : Vue occlusale de la 45 après dépose de la dent provisoire

Figure 88 : Empreinte numérique de la mandibule

Figure 89 : Modélisation numérique du secteur 4 sur la Trios

Figure 90 : Vue occlusale de la modélisation numérique du canal de la 45

Figure 91 : Vue apicale de la modélisation numérique du canal de la 45

Figure 92 : Modélisation numérique des secteurs 1 et 4 en occlusion

Figure 93 : Usinage de l'inlay-core dans une galette de résine Numerys GF ®

- Figure 94** : Pose de la digue autour de la 45
- Figure 95** : Rinçage final
- Figure 96** : Séchage du canal avec une pointe de papier stérile
- Figure 97** : Imprégnation du cône de papier sur 4 mm avec le ciment
- Figure 98** : Application du ciment sur les 4 mm apicaux du canal
- Figure 99** : Insertion du cône de gutta de 4 mm imprégné de ciment
- Figure 100** : Le cône est poussé dans le fond du canal à l'aide d'un Finger Spreader
- Figure 101** : Insertion du Plugger chaud jusqu'à LT – 4 mm
- Figure 102** : Inlay-core en résine Numerys GF ® après usinage
- Figure 103** : Essayage de l'inlay-core
- Figure 104** : Mordançage coronaire et canalaire
- Figure 105** : Rinçage et séchage
- Figure 106** : Colle auto-mordançante et auto-adhésive utilisée pour le collage de la pièce
- Figure 107** : Enduction de l'inlay-core de silane
- Figure 108** : Enduction de l'inlay-core d'une fine couche d'adhésif
- Figure 109** : Insertion de la colle composite dans le canal à l'aide d'un embout fin
- Figure 110** : Enduction de la partie radiculaire de l'inlay-core de colle composite
- Figure 111** : Insertion de l'inlay-core dans la racine
- Figure 112** : Retrait des excès de colle à la sonde
- Figure 113** : Photopolymérisation de 20 secondes par faces
- Figure 114** : Vue vestibulaire de l'inlay-core en résine Numerys GF ® après sa pose
- Figure 115** : Vue vestibulaire de l'inlay-core en résine Numerys GF ® après sa pose
- Figure 116** : Vue occlusale de l'inlay-core en résine Numerys GF ® après sa pose
- Figure 117** : Radiographie de contrôle

INTRODUCTION

Une meilleure compréhension des propriétés de la dent dépulpée ainsi que l'avènement de nouveaux matériaux et protocoles d'adhésion permettent désormais de changer notre approche pour sa restauration, en ayant recours à des techniques plus conservatrices, qui respectent un gradient thérapeutique.

Aussi, la CFAO et les procédés de mise en forme associés sont de plus en plus utilisés dans notre profession pour la chaîne d'élaboration prothétique. Ils ont également permis la création et l'utilisation de nouveaux biomatériaux, comme par exemple les céramiques hybrides.

La nécessité d'étanchéité endodontique post obturation restant toujours d'actualité, il serait donc opportun d'envisager après une obturation endodontique de restaurer la dent dans la même séance. Pour des techniques de restauration partielle de la dent dépulpée (inlay, onlay, overlay...), la gutta percha pourrait se voir recouverte d'une fine couche de composite flow aux entrées canalaires, puis un matériau composite fibré pourrait être placé en tant que substitut dentinaire. Une préparation de la dent pour la restauration partielle collée pourrait alors être réalisée, une empreinte optique prise et la pièce (en composite, céramique ou céramique hybride) serait directement réalisée en CFAO. Le praticien pourrait ensuite l'essayer, éventuellement la maquiller, puis la coller en bouche, tout cela en une seule et même séance clinique.

Par ailleurs, lorsque la dent est plus délabrée et qu'elle nécessite un ancrage, des techniques de restauration corono-radiculaire fibrées en fonction du nombre de parois résiduelles pourraient être utilisées.

Lorsqu'il reste entre 2 et 3 parois après la préparation coronaire, un ancrage fibré ou des micro-tenons pourraient être collés dans le canal, puis la restauration coronaire effectuée à l'aide d'un composite dual dans la même séance, sans dépose de la digue.

Lorsque le nombre de parois restantes est inférieur à 2 après la préparation coronaire, un inlay-core réalisé en résine Numerys pourrait être réalisé en CFAO à partir d'une empreinte optique du canal dentaire, ou éventuellement à l'aide de scan-post, et collé le jour de l'obturation.

Cette thèse a pour but principal de prouver qu'une séquence de traitement de la dent dépulpée (obturation et restauration) en une seule séance clinique est envisageable et présenterait deux avantages majeurs : l'assurance d'une étanchéité et d'un collage optimal pour un travail réalisé entièrement sous digue jusqu'à isolation du système endocanalaire de la salive, et également un gain de temps précieux pour le patient et le praticien. Le but secondaire sera aussi de proposer des protocoles associés à des cas cliniques illustrés pour permettre une réalisation de ces séquences de traitement en une seule séance en cabinet.

PARTIE I : LES CARACTÉRISTIQUES DE LA DENT DÉPULPÉE

1. La dent dépulpée dans son parodonte

En l'absence de son principal élément nutritif, la pulpe, la dent dépulpée peut parfaitement se maintenir sur l'arcade. L'attache des fibres desmodontales à la paroi alvéolaire n'est pas perturbée par la perte de la vitalité de la dent, et elle peut donc continuer à assurer son fonctionnement normal sur l'arcade (1).

2. Modifications biologiques

2.1 L'émail

Composé à 96% de matière minérale (cristaux d'hydroxyapatite de calcium), à 3,6% de matière organique et à 0,4% d'eau, l'émail est un tissu acellulaire. Les propriétés mécaniques, physiques et optiques de l'émail restent identiques avant et après traitement de dévitalisation (2). Aussi, ses propriétés d'échange avec son environnement restent inchangées, ce qui permet à la dent dépulpée de continuer à assurer une résistance face aux forces masticatoires, d'où l'intérêt de préserver le maximum de structures amélaire intactes (3).

2.2 La dentine

La dentine est composée à 70% d'une phase minérale, à 20% de phase organique et à 10% d'eau. Elle est traversée par un réseau de millions de tubulis dentinaires. Ils contiennent des corps cellulaires odontoblastiques qui sont directement reliés à la pulpe et permettent de lui transmettre des stimuli.

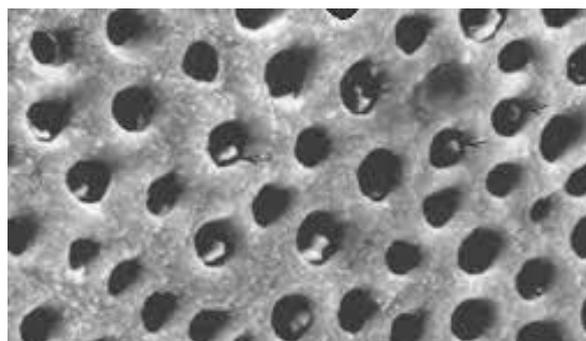


Figure 1 : Réseau de tubulis dentinaires vu au microscope électronique

On a longtemps imaginé que la dent dépulpée était fragilisée car « dessiquée ». Or, des études ont prouvé que la perte hydrique suite au traitement était très négligeable et n'influaient pas sur la résistance du tissu (4, 5).

Les fibres de collagène de la phase organique subissent quant à elles une dégradation progressive dans le temps, et on note une perte de la cohésion tissulaire après plusieurs années. Cependant le retentissement sur la résistance mécanique n'est pas présenté comme significatif (6).

Lors du traitement endodontique, les corps cellulaires odontoblastiques sont arrachés des tubulis en même temps que la pulpe canalaire. Des fragments peuvent toutefois persister dans les canalicules. Ils finiront par se nécroser et stagner dans les tubulis, tout comme des résidus sanguins provenant d'hémorragies pulpaire. Ces débris sont responsables d'une modification des propriétés optiques de la dentine et entraînent des dyschromies. Avec le temps, on note une modification de la teinte de la dent dépulpée (1, 7).



Figure 2 : Dyschromie de la dent dépulpée sur 31

2.3 Conséquences de l'absence de pulpe

La disparition de la pulpe entraîne la perte de toutes les fonctions liées à ce tissu à savoir : la fonction nutritive, le renouvellement hydrique, la proprioception et l'immunité en réaction aux agressions. En effet, une fois les tubulis déshabités des odontoblastes, la pression pulpaire qui repoussait les éléments d'agressions disparaît. La persistance de fluides intracanalaires permet un transport des micro-organismes et facilite la colonisation bactérienne (1, 8, 9, 10).

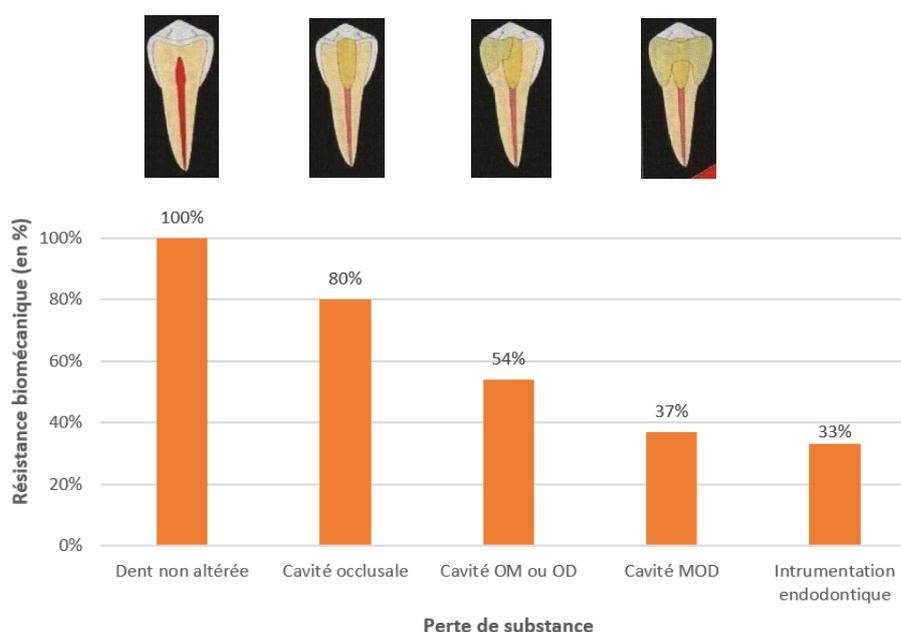
3. Modifications biomécaniques

La résistance biomécanique d'une dent dépulpée est altérée lorsqu'il y a une diminution quantitative du tissu amélaire. En effet, on observe une corrélation entre le taux de délabrement d'une dent (causé par l'atteinte carieuse et/ou par la perte de structure pour permettre l'accès à l'endodonte) et la diminution de sa résistance intrinsèque (11).

D'après une étude menée par *Reeh & al.* (12), la perte de substance dentaire est la cause majeure de la perte de résistance de la dent. Les résultats montrent qu'une cavité d'accès occlusale n'engendrerait qu'une perte de résistance de 20%, une perte de 46% lors de la réalisation d'une cavité à deux parois (occluso mésiale ou occluso distale) et une perte de 63% pour une cavité à trois parois (mésio occluso distale) (Tableau I).

La perte des crêtes marginales est le facteur qui influe le plus sur la diminution de la résistance (13). Elles sont donc à préserver au maximum quand cela est possible, d'où l'intérêt de privilégier une restauration postérieure partielle collée de type inlay ou onlay quand le cas en donne l'indication, sans systématiser l'inlay-core / couronne.

Tableau I: Résistance biomécanique d'une dent en fonction de la perte de substance associée (11, 12).



PARTIE II : OBTURATION ENDODONTIQUE

Les canaux radiculaires dépulpés sont une voie d'accès directe au péri apex pour les bactéries buccales.

L'obturation tridimensionnelle étanche du réseau canalaire est donc essentielle au succès du traitement endodontique. Le but est de désinfecter le plus possible les canaux et de les obturer afin d'éviter une contamination bactérienne par une percolation coronaire, et au niveau apical, une contamination par les fluides des tissus péri-apicaux (14, 15, 16).

Cela permet au parodonte de maintenir son intégrité, et de créer un environnement biologique favorable à la guérison (17, 18). Il convient en effet, d'éviter l'apparition ou l'évolution de lésions péri apicales qui indiqueraient l'échec du traitement (19).

L'obturation endodontique du canal préalablement mis en forme est réalisée à l'aide d'un matériau d'obturation et d'un ciment de scellement, tous deux biocompatibles. Elle doit être dense, homogène (20) et réalisée sans discontinuité jusqu'à se situer entre 0 et 2 mm de l'apex radiographique (21, 22). Cette obturation peut être réalisée avec de la gutta percha et avec des ciments de scellement endodontiques.

1. Matériau d'obturation : la gutta percha

La gutta percha C_5H_8 (ou trans-polyisoprène) est le matériau d'obturation canalaire le plus utilisé. Il sert de gold standard pour la comparaison avec d'autres matériaux (23). Il a l'avantage d'être compressible, inerte, doté d'une grande stabilité dimensionnelle, biocompatible, radio opaque et peut être dissous facilement au contact du bon solvant (24). Ces qualités en font un matériau de choix pour l'obturation endodontique.

La gutta percha est malléable et plastique, et c'est en la compactant et en la réchauffant que l'on exploite au mieux ses propriétés (25). Elle s'utilise avec des techniques de compactage latéral à froid, de compactage vertical à chaud ou de thermocompactage.

La gutta percha n'est pas un matériau qui adhère seul à la paroi dentinaire, une association avec un ciment d'obturation canalaire est donc indispensable pour obtenir un joint.

2. Ciments de scellement et d'obturation endodontique

2.1 Les ciments à base d'oxyde de zinc eugéno

Les ciments à base d'oxyde de zinc eugéno sont les plus anciens (apparus sur le marché en 1932) et les plus couramment utilisés encore actuellement en cabinet dentaire.

Ils se présentent sous la forme d'un mélange d'une poudre (à base d'oxyde de zinc) et d'un liquide composé majoritairement d'eugéno. L'ajout d'autres composants et adjuvants en quantité minoritaire et variable permet une formulation selon Rickert ou Grossman (26).

La réaction de prise est une réaction de chélation. La première phase correspond à la liaison d'une molécule d'oxyde de zinc avec deux molécules d'eau pour former l'hydroxyde de zinc. Ce dernier se lie avec deux molécules d'eugéno dans un second temps pour former un chélate d'eugénoate de zinc et une molécule d'eau (27).

Au niveau étanchéité, ce ciment possède des résultats similaires comparés aux autres types de ciments existants (28). Comme tous les ciments il subit une rétraction de prise, en libérant des ions Zn et de l'eugéno. Cela a un effet bénéfique, car l'eugéno est analgésique et anti-inflammatoire à faible dose, mais aussi bactéricide et antifongique. Il limiterait la pénétration de toxines mais n'empêcherait pas la pénétration bactérienne (29,30).

Cependant, cette rétraction de prise est responsable à terme, d'une perte d'étanchéité proportionnelle à l'épaisseur de ciment (31), ce qui plaide en faveur d'une obturation à la gutta condensée avec un joint le plus fin possible, et en défaveur d'une utilisation en masse importante comme dans la technique d'obturation monocône (26).

La solubilité des ciments à base d'oxyde de zinc eugéno peut cependant être avantageuse quand il y a un excès de matériau dans le péri apex (32). On assiste alors avec le temps, à une résorption du ciment au fil de temps en cas d'extrusion dans les tissus péri-apicaux (33).

Le temps de prise est d'environ 24 heures à 37 degrés Celsius (26, 34).

Les différents types de ciments à base d'oxyde de zinc eugéno commercialisés sont : le Pulp Canal Sealer ®, le Sealite Regular ®, l'Endomethasone N ®, le Roth 801 ® ou le Sultan ® (liste non exhaustive).

2.2 Les ciments à base de résine

Ces ciments de scellement sous la forme pâte-pâte peuvent être soit à base de résine époxy (AH+ ®, AH+ Jet ®, Topseal ®, MM Seal ® etc.) soit à base de résine méthacrylate (EndoREZ ® etc.).

Sous cette forme, ils doivent être utilisés en une mince couche avec des techniques de condensation latérale de gutta à froid (26). Ils ne sont pas conseillés pour des techniques de condensation à chaud à cause de leur faible thixotropie et de leur durcissement rapide à la chaleur (35).

Les ciments de scellement à base de résine époxy ont de bonnes propriétés mécaniques et d'adhérence à la dentine, une bonne étanchéité et une excellente résistance à la résorption (26). Ceci leur confère une étanchéité parmi les meilleures du marché, et elle ne semble pas être influencée par l'épaisseur de matériau (31, 35).

Ils possèdent une excellente biocompatibilité en cas de dépassement dans le péri-apex (36). Enfin, ils sont absolument insolubles dans les fluides (28), ce qui rend indispensable leur utilisation en mince couche associée à de la gutta pour permettre un éventuel retraitement endodontique.

Le temps de prise complète est situé entre 9 et 11 heures à 37 degrés Celsius pour l'AH+ ® (34, 37, 38).

2.3 Les ciments à base d'hydroxyde de calcium

Les ciments à base d'hydroxyde de calcium sont obtenus après le mélange d'un catalyseur contenant une résine formée à partir d'acide salicylique, et d'une base contenant de l'hydroxyde de calcium, des oxydes de zinc et de calcium. Leur réaction de prise aboutit à un hydroxyde de calcium pris dans une matrice résineuse (26).

Ils ont été élaborés en se basant sur les propriétés connues de l'hydroxyde de calcium. En effet, même si ce dernier est un excellent médicament biologique, il est extrêmement soluble dans les fluides tissulaires (39). Les obturations réalisées avec les ciments à base d'hydroxyde de calcium, se délitent dans le temps et provoquent une perte d'étanchéité. Des dents qui présentent initialement une guérison, font souvent l'objet de récurrences (35).

Le temps de prise varie entre 15 et 20 heures selon les études pour le Sealapex ® (37, 40). Ils sont commercialisés sous le nom de Sealapex ®, Apexit ®, Endoflas ®, CRCS ® etc.

2.4 Les ciments à base de silicone

Ce matériau est à base de polydiméthylsiloxane. Il s'utilise comme un ciment de scellement associé à une condensation de gutta percha. Il est commercialisé sous le nom de RoekoSeal RSA ® (26).

Il possède une étanchéité comparable à celle des ciments AH+ ® et à l'oxyde de zinc eugénol, ainsi qu'une bonne biocompatibilité (41).

Il existe également une version enrichie à la poudre de gutta, pour une utilisation en obturation monocône (GuttaFlow BioSeal ®). Son utilisation reste controversée car cette technique semble donner de moins bons résultats d'étanchéité (42).

Des études ont montré que le temps de prise pour le RoekoSeal ® était d'environ 40 minutes et qu'il était compris entre 24 et 36 minutes pour le GuttaFlow ® (34, 38). Ces ciments présentent peu de recul clinique et des études supplémentaires sont nécessaires.

2.5 Ciments à base de verre ionomère

Ce ciment est formé à partir d'une réaction acide-base, lors du mélange d'une poudre contenant un fluoro-amino-silicate de calcium et d'un liquide qui est un acide polycarboxylique (26).

Les ciments à base de verre ionomère peuvent adhérer spontanément à la dentine radiculaire, mais ne présentent aucune adhésion à la gutta percha. De plus, ils présentent une solubilité et une désintégration importante, dont résulte une perte d'étanchéité (26,43).

Ils sont très difficiles à désobturer, du fait de leur dureté et de l'absence de solvant efficace, et ne sont pas résorbés dans les tissus péri apicaux (26).

Ils libèrent naturellement du fluor, ce qui leur confère un effet bactéricide immédiat, qui diminue avec le temps (44).

Parmi les ciments à base de verre ionomère, on peut citer le Ketac Endo ®. Son temps de prise varie entre 30 min et 2 heures selon les études (45, 46).

2.6 Ciments à base de biocéramiques

Les biocéramiques sont des matériaux de la famille des céramiques auxquels on reconnaît un effet biologique par la création de liaisons covalentes entre le phosphate de la dentine et le calcium libéré par le matériau pour former des cristaux d'hydroxyapatite (47).

Un des intérêts majeurs de ces matériaux est qu'ils relarguent progressivement de l'hydroxyde de calcium sur le long terme, ce qui leur confère des propriétés anti bactériennes. De plus, le joint entre le matériau et la dent est biochimique. Il ne se détériore donc pas avec le temps et assure la qualité de l'interface (47).

2.6.1 Ciments à base de MTA

Ce ciment est composé d'oxyde de calcium pour 50 à 75%, de dioxyde de silicium pour 15 à 25% et de silicate tricalcique, silicate dicalcique, aluminate tricalcique (26).

La poudre de ce ciment est mélangée au liquide (eau stérile) afin d'obtenir un gel colloïdal qui effectue sa prise en 2 heures 45 minutes (26, 34, 48, 49).

Les ciments à base de MTA comme le ProRoot MTA ®, sont indiqués en endodontie pour le coiffage pulpaire direct, la pulpotomie, le traitement des perforations, les bouchons apicaux de dents immatures à apex ouverts et l'obturation à rétro en chirurgie endodontique (26).

2.6.2 Ciments à base de Biodentine

Elle a été initialement conçue en tant que substitut dentinaire pour les restaurations coronaires dans les techniques sandwich. Sa modification principale par rapport au MTA concerne l'absence d'aluminosilicate et l'eau nécessaire à la prise contient du chlorure de calcium qui accélère celle-ci. Le temps de prise est donc diminué à une durée de 9 à 12 minutes (26, 49).

La Biodentine ® est indiquée en endodontie pour les coiffages directs, les pulpotomies, les réparations des perforations, l'obturation à rétro en chirurgie endodontique, les apexifications ainsi que pour les résorptions cervicales externes (50).

2.6.3 Les biocéramiques à visée d'obturation canalaire orthograde

Un nouveau ciment de scellement biocéramique a été mis au point récemment pour les traitements endodontiques orthograde. C'est un dérivé de la Biodentine ® décrite précédemment : le BioRoot RCS ® (51).



Figure 3 : Ciment biocéramique BioRoot RCS ® de Septodont

Il se présente sous la forme d'une poudre constituée de :

- Silicate tricalcique ;
- Oxyde de zirconium, pour assurer la radio opacité (27) ;
- Povidone, lui permettant ainsi une adhésion à la gutta-percha.

La partie liquide contient de l'eau et du chlorure de calcium qui permet d'accélérer considérablement le temps de prise du matériau (47, 51). Le BioRoot RCS ® possède donc un temps de travail assez court correspondant à une dizaine de minutes et un temps de prise compris entre 30 minutes et 4 h selon les études et la technique utilisée dans les expériences (51, 52, 53, 54, 55).

Ce ciment possède d'excellentes propriétés biologiques comme la biocompatibilité, une bioactivité et une absence de toxicité (56). De plus, il induit la sécrétion de facteurs de croissance angiogéniques et ostéogéniques (57) et aurait une capacité prolongée à relarguer des ions calcium (51).

L'obturation canalaire avec du BioRoot RCS se fait avec une technique monocône plutôt qu'avec une technique de compaction verticale à chaud, car les propriétés du ciment se modifient lorsqu'il est soumis à de hautes températures (52, 53).

Le BioRoot RCS ® est inséré dans les canaux par induction du cône de gutta percha ou avec un lentulo. Contrairement à la technique monocône conventionnelle qui consiste à sceller un cône dans un gros volume de ciment, cette procédure consiste à remplir le canal avec le BioRoot RCS ® qui n'est ici plus considéré comme un ciment de scellement, mais comme un matériau d'obturation à part entière. La mise en place du cône de gutta percha, utilisé comme compacteur, permet de favoriser la pénétration du matériau dans l'espace canalaire et de faciliter la désobturation en cas de nécessité de retraitement (47).

Une étude a montré la faisabilité de la désobturation de canaux obturés avec le ciment BioRoot RCS ®. Grâce à la présence du cône de gutta percha qui peut facilement être dissous au contact du bon solvant, 91,7% des canaux étudiés ont pu être désobturés efficacement (58).



Figure 4 : Utilisation du ciment BioRoot RCS ® (notice fabricant) (59)



Figure 5 : Coupe transversale au niveau du tiers moyen d'une incisive maxillaire obturée à l'aide d'un monocône calibré de gutta percha et d'un ciment biocéramique. (60)

Tableau II : Tableau récapitulatif des ciments d'obturation endodontique

	Ciment oxyde de zinc eugéno	Ciment à base de résine	Ciment à base d'hydroxyde de calcium	Ciment à base de silicone	Ciment à base de verre ionomère	Ciment à base de biocéramiques
Nom commercial	<i>Sealite Regular</i> ® <i>Pulp Canal Sealer</i> ® <i>Endomethasone</i> ®	<i>AH+</i> ® <i>AH+ Jet</i> ®	<i>Sealapex</i> ,® (<i>Apexit</i> ®)	<i>RoekoSeal</i> ® <i>GuttaFlow</i> ®	<i>Ketac Endo</i> ®	<i>BioRoot RCS</i> ®
Composition	Oxyde de zinc Eugéno	Résine époxy Résine méthacrylate	Acide salicylique Hydroxyde de calcium Oxyde de zinc	Polydiméthyl siloxane	Fluoro-amino-silicate de calcium Acide polycarboxylique	Silicate tricalcique Oxyde de zirconium Povidone Eau Chlorure de calcium
Qualités	Résorption si dépassement péri apical Biocompatible Désobturation possible	Adhérence Biocompatible Résistance à la résorption	 Propriétés biologiques initiales	 Biocompatible	Adhésion à la dentine Relargue du fluor Prise rapide	Prise assez rapide Biocompatible Bioactif Adhérence Désobturation possible
Défauts	Rétraction de prise Perte d'étanchéité si couche trop épaisse	Insoluble Pas de résorption si dépassement péri apical	Solubilité ++ Perte d'étanchéité Récidives fréquentes	Peu de recul clinique Pour le Gutta Flow : perte d'étanchéité ++	Pas d'adhésion à la gutta Perte d'étanchéité Pas de solvant Désobturation difficile Pas de résorption si dépassement péri apical	
Technique d'obturation associée	Condensation de gutta à chaud ou à froid Thermo-compactage	Condensation latérale à froid		Condensation de gutta à chaud ou à froid		Technique monocône
Temps de prise	24 h	9 h – 11 h	15 h – 20 h	40 min (Roeko) 24 – 36 min (Gutta Flow)	30 min – 2 h	30 min – 4 h (Temps de travail = 10 min)

PARTIE III : TECHNIQUES DE RESTAURATION DE LA DENT DÉPULPÉE EN UNE SEULE SÉANCE

L'obturation canalaire seule est un acte insuffisant pour la restauration de la dent dépulpée, car un traitement exposé trop longtemps à la salive laissera passer les bactéries (61). Une étude de *Ray & al.* sur plus de 1000 dents devitalisées a démontré que l'association d'un bon traitement endodontique avec une restauration coronaire de mauvaise qualité diminue le taux de succès du traitement de plus de 47%. Le taux de succès est seulement diminué de 23% dans les cas d'une association d'un mauvais traitement endodontique avec une bonne restauration coronaire (62). La qualité de la restauration coronaire joue donc un rôle primordial dans le succès du traitement endodontique et la santé péri-apicale à long terme (62).

La meilleure compréhension des propriétés de la dent dépulpée a entraîné deux conséquences fondamentales dans les possibilités de traitement. Premièrement, il n'est pas nécessaire de systématiser la couronne afin de « protéger » la dent dépulpée car la PCP réalisée en vue d'une coiffe prothétique est très destructrice pour les tissus dentaires.

Deuxièmement, un ancrage radiculaire et particulièrement un ancrage métallique, ne renforce pas forcément la racine et peut au contraire la fragiliser, voire entraîner des fractures radiculaires (63, 64). Les ancrages fibrés sont des alternatives car ils possèdent un module d'élasticité similaire à celui de la dentine ce qui réduit le risque de fracture radiculaire (65).

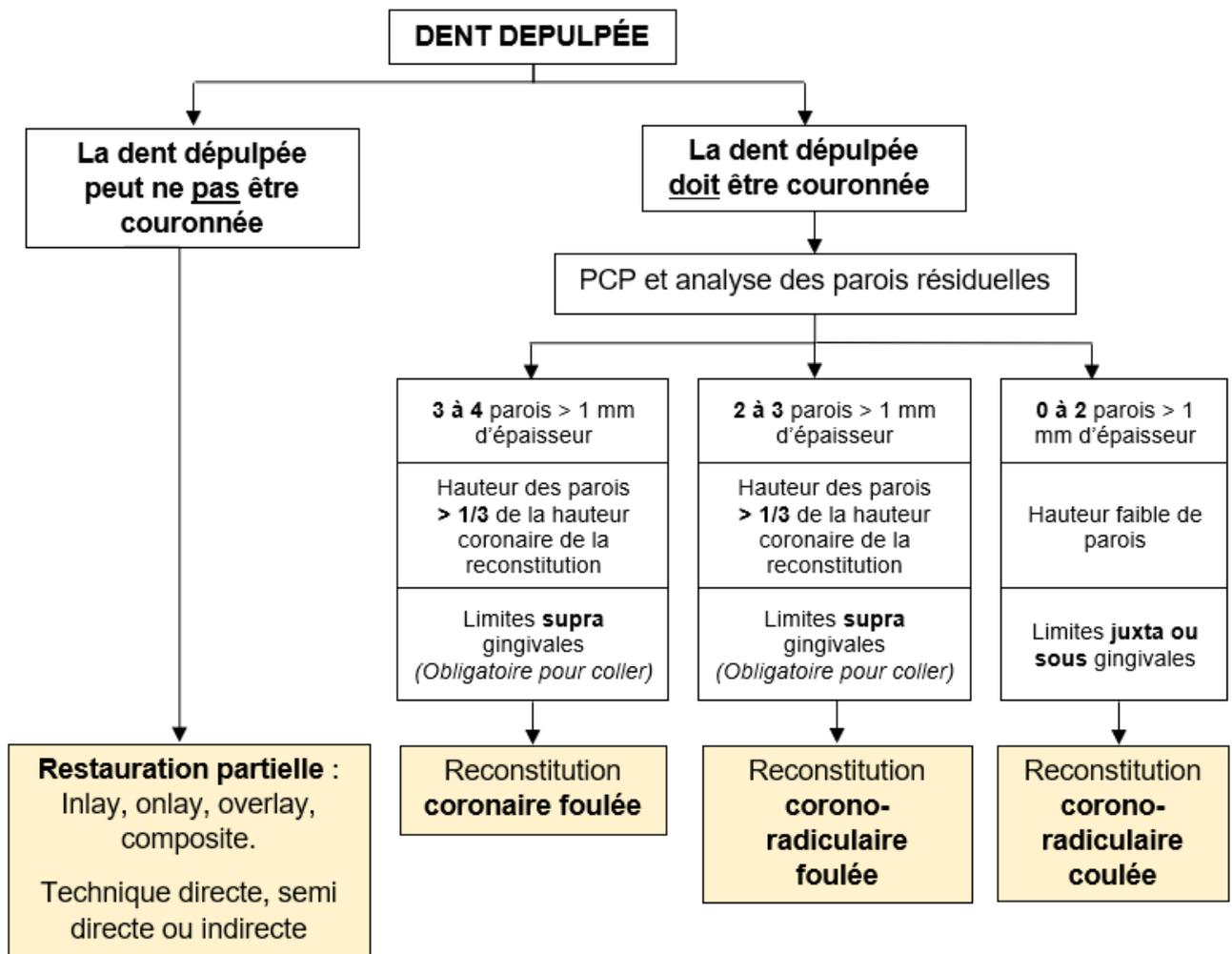
De plus, on note une évolution des propriétés mécaniques et valeurs d'adhésion des matériaux d'assemblage ainsi que le développement des adhésifs amélo-dentaires (63). Il a par ailleurs été démontré que les dents dépulpées reconstituées par matériaux composites et tenons fibrés avaient le même taux de survie que les dents couronnées après 3 ans d'utilisation (66, 67).

C'est pour cela qu'il est désormais souhaitable de changer l'approche de restauration de la dent dépulpée conventionnelle (traditionnel inlay core / couronne), en ayant recours à de nouvelles techniques plus conservatrices, préservant ainsi le maximum de substances dentaires. On peut désormais d'avantage envisager les restaurations partielles collées sur dents dépulpées, ainsi que des reconstitutions corono-radicales de matériaux insérés en phase plastique (RMIPP) ou usinées puis collées (63).

1. Choix de la restauration en fonction de la situation clinique

Le choix du type de restauration à privilégier en fonction de la situation clinique peut être évalué à l'aide du diagramme ci-dessous (63) :

Tableau III : Choix de la restauration en fonction de la situation clinique.



2. Restauration par technique directe

Les techniques de restauration sans ancrage dites « directes » sont réalisées directement au fauteuil par le praticien en résine composite, sans intervention d'un prothésiste en laboratoire.

Elles sont indiquées si la perte de substance concerne la cavité d'accès, mais aussi en présence d'une perte de substance de faible à moyenne étendue de type occluso-mésiale ou occluso-distale, avec une dent présentant au moins 3 parois résiduelles et au moins une crête marginale intacte (68). Dans la classification SISTA, cela correspond à une cavité présente :

- En site 1, jusqu'au stade 3 ;
- En site 2, jusqu'au stade 2.

Tableau IV : Classification SISTA de Mount et Hume, modifiée par Lasfargues, appliquée à la perte de substance dentaire sur dent dépulpée (69).

Sites (topographie de la lésion)	Stades (étendue de la lésion)
<ul style="list-style-type: none">• 1 : Perte de substance dentaire occlusale• 2 : Perte de substance dentaire proximale• 3 : Perte de substance dentaire cervicale	<ul style="list-style-type: none">• 0 : Aucune perte de substance dentaire• 1 & 2 : Perte de substance modérée ; substance dentaire résiduelle de solidité suffisante.• 3 & 4 : Perte de substance dentaire large / importante ; fragilisation ou perte de cuspides

Une restauration par technique directe implique également un accès adéquat à la zone à restaurer et la possibilité de poser un champ opératoire étanche pour optimiser le collage. La limite proximale après éviction carieuse devra être juxta ou supra gingivale (70).

Pour limiter le nombre d'étapes intermédiaires pouvant favoriser la contamination bactérienne, la restauration peut tout à fait être réalisée dans la même séance que l'obturation canalaire.

2.1 Propriétés physiques et chimiques de la résine composite

2.1.1 Composition

Les résines composites sont composées d'une phase organique ou matrice résineuse contenant une résine matricielle (Bis-GMA), des contrôleurs de viscosité, des inhibiteurs de prise et des agents de polymérisation (comme par exemple la camphoroquinone qui est un photo initiateur).

Elles contiennent aussi des charges (quartz) qui forment la phase dispersée inorganique. Elles sont liées à la matrice résineuse grâce au silane, qui est un agent de couplage organo-minéral.

2.1.2 Retrait de polymérisation

Les résines composites présentent un important retrait de polymérisation pouvant aller de 1 à 3,5% de leur volume (71). Ce retrait va entraîner un stress à l'interface résine composite / émail qui peut provoquer des pertes d'étanchéité marginales, des réinfiltrations bactériennes ou encore des fissures amélares (70).

Afin de limiter ces inconvénients, le composite sera monté par incréments de maximum 2 millimètres d'épaisseur, en couches obliques, avec une photopolymérisation progressive (70). Des composites spécifiques pour la restauration de la dent dépulpée permettent cependant des profondeurs de polymérisation jusqu'à 6 millimètres.

2.1.3 Taux de conversion

Le taux de conversion correspond à la proportion de monomères ayant réagi complètement pour se lier et former une chaîne de polymères. Il n'est jamais de 100% et ne dépasse pas 50 à 60% pour les résines composites photopolymérisables. Il dépend de la nature de la matrice et des charges, de la taille des charges, de la teinte du composite, de la puissance de la source lumineuse et du temps d'irradiation (72).

Le taux de conversion de la matrice Bis GMA impose également de monter le composite en petits incréments, sinon la lumière ne va pas diffuser sur toute l'épaisseur du matériau (72).

Dans le cas d'une cavité profonde, le composite de restauration sera utilisé en surface. En profondeur, on utilisera un matériau présentant un faible stress de polymérisation en tant que substitut dentinaire. Ce dernier peut-être un ciment verre-ionomère modifié par adjonction de résine (CVIMAR), un composite fluide ou bien une couche de composite renforcé de fibre (comme le EverX Posterior ®) (68).

2.2 Protocole clinique : Obturation et restauration par technique directe dans la même séance (68)

Pour les pertes de substance dentaires occlusales comme proximales, le protocole de restauration directe est identique à celui des dents pulpées (68).

Un champ opératoire étanche est posé autour de la dent. L'ouverture de chambre et le curetage carieux sont réalisés. Les canaux sont localisés, préparés puis obturés par de la gutta percha associée à un ciment de scellement à l'oxyde de zinc eugénol.

Une fois les canaux obturés, la gutta percha occupant la chambre est déposée à l'aide d'un instrument à ultrasons utilisé sans eau et d'un fouloir de Machtou jusqu'aux entrées canalaires. Une matrice métallique est mise en place avec un coin de bois en proximal (figure 6).

Un conditionnement tissulaire est réalisé à l'aide d'acide orthophosphorique à 35% en commençant par l'émail (30 secondes de mordantage) puis sur la dentine (15 secondes) (figure 7). Il s'agit ici d'effectuer un nettoyage accru des tissus, afin d'éliminer la boue dentinaire et l'eugénol du ciment de scellement présents aux entrées canalaires pour optimiser la polymérisation de la résine composite. La dent est rincée abondamment pendant 30 secondes, puis séchée sans dessécher la structure dentinaire. Le conditionnement tissulaire peut également être complété par un microsablage à l'oxyde d'alumine à 50 microns.

Une fine couche d'adhésif est appliquée à l'aide d'une microbrush. Elle est séchée légèrement avec le spray d'air avant d'être photopolymérisée pendant 20 secondes.

Un fond de cavité en composite fluide est déposé au niveau des entrées canalaires puis photopolymérisé. Il a pour but de compenser l'architecture irrégulière du plancher pulpaire et d'éviter les manques. Une crête marginale en composite classique est ensuite montée contre la matrice en distal, par incréments de 2 millimètres d'épaisseur avec une photopolymérisation progressive (figure 8).



Figure 6 : Vue occlusale après pose du champ opératoire, curetage carieux, obturation endodontique, nettoyage de la chambre et pose de la matrice en proximal (68)



Figure 7 : Mordançage amélo dentinaire à l'acide orthophosphorique (68)



Figure 8 : Pose d'un composite fluide en fond de cavité et d'un composite classique pour rétablir la crête marginale distale (68)

La face occlusale est ensuite restaurée, toujours par incréments de 2 millimètres. La digue est déposée, les sur-contours sont éliminés en occlusal et en proximal. L'occlusion est réglée à l'aide de papier articulé, puis la dent est polie à l'aide de fraises à polir en occlusal et de strips inter dentaires en proximal (figure 9).

Enfin, une radiographie de contrôle est réalisée (figure 10).



Figure 9 : Vue occlusale de la dent dépulpée restaurée au composite par technique directe (68)



Figure 10 : Radiographie de contrôle (68)

3. Restauration postérieure partielle collée par CFAO

3.1 Indications et propriétés

Les restaurations postérieures partielles collées (RPC) sont indiquées lorsque (68) :

- La perte de substance dentaire se fait au détriment des deux parois proximales et/ou d'une cuspid (SISTA 1.3 / 1.4 / 2.3 / 2.4). Elles sont une alternative de choix aux couronnes lorsque le délabrement est moyennement important (73) ;
- Une technique directe ne peut être réalisée pour des raisons techniques ou esthétiques (ex : remplacement d'un amalgame très volumineux) ;
- Plusieurs restaurations sont à réaliser sur un même cadran : il est préférable de les préparer dans la même séance afin d'obtenir des contacts proximaux précis ;
- Une réhabilitation fonctionnelle est nécessaire (ex : rétablissement de la courbe d'occlusion).

Ces restaurations prennent la forme d'inlays, d'onlays ou d'overlays.

Un inlay est une restauration partielle collée destinée à restaurer une perte de substance dentaire le plus souvent occlusale, pouvant également intéresser les faces proximales, mais ne nécessitant pas le recouvrement d'une cuspid (figure 11) (74).

Un onlay est destiné à restaurer une perte de substance dentaire intéressant le recouvrement d'une cuspid, sans englober cependant l'intégralité des cuspides dentaires (figure 11) (73, 74).

Un overlay quant à lui, recouvre l'intégralité des cuspides (figure 12).



Figure 11 : Onlay (à gauche) et inlay (à droite) (75)



Figure 12 : Overlay dentaire (76)

Les préparations de cavités pour les RPC doivent respecter certains critères (figure 13).



Figure 13 : Critères de préparation des cavités pour les restaurations partielles collées (68)

Les critères de préparation des cavités prévoient de laisser suffisamment de place pour le matériau restaurateur, de majorer les dépouilles, de supprimer les angles vifs et d'avoir souvent recours au recouvrement cuspidien afin de limiter le risque de fractures au-delà de la jonction émail ciment (68).

Au niveau caméral, il est parfois nécessaire de compenser le volume tissulaire perdu par une adjonction d'un substitut dentinaire, qui se veut être un matériau biomimétique capable de résister aux contraintes fonctionnelles du secteur postérieur (77). Il se verra ensuite recouvert de la pièce prothétique collée.

3.2 Association avec un substitut dentinaire

Les matériaux de substitution dentinaire actuellement utilisés sur dent dépulpée relèvent de différentes familles (77) :

- Les composites de faible viscosité (composites flow) ;
- Les composites de moyenne viscosité (conventionnels, hybrides, Bulk-Fill) ;
- Les composites renforcés de fibres (CRF) comme l'EverX Posterior® ;
- Les ciments verres ionomères renforcés ou modifiés par adjonction de résine (CVIMAR) et CVI haute viscosité (CVIHV).

Dans le cas d'une utilisation de substitut dentinaire sur une dent dépulpée, l'espace de l'ancienne chambre pulpaire représente souvent un volume important à combler. L'utilisation d'un composite Bulk-Fill est donc intéressante, car il se distingue par trois de ses propriétés (78) :

- Une translucidité élevée, qui permet un meilleur passage de la lumière de photopolymérisation dans les couches profondes et donc un meilleur degré de conversion. Ainsi, il pourra être appliqué en plus grande épaisseur (jusqu'à 6 mm) (72, 79) ;
- Des photo-initiateurs différents de la camphoroquinone habituelle. Ils varient selon les marques, mais sont en général plus réactifs, ce qui permet une photopolymérisation plus rapide, plus homogène et plus en profondeur (80) ;
- La présence de modulateurs de polymérisation qui permettent de réduire le stress de polymérisation et les tensions au niveau de la jonction avec l'adhésif.

Parmi les composites Bulk-Fill, on retrouve les composites renforcés de fibres de verre courtes (CFV) dont le nouveau EverX Posterior ® fait partie (figure 14). En effet, il est composé de fibres de verre à base de silicate (verre de type E, [Electrical Glass]) qui forment la fraction inorganique. Elles sont silanisées, et noyées dans une matrice résineuse (fraction organique) à base de méthacrylate (PMMA, bis-GMA et TEGDMA) (81).



Figure 14 : Composite renforcé de fibres de verre courtes (EverX Posterior ®) (81).

Les fibres de verre courtes, ont la particularité d'être orientées dans tous les sens de l'espace, de façon aléatoire (figures 15 et 16), contrairement aux autres composites à fibres de verre dans lesquels les fibres sont souvent uniquement unidirectionnelles (81). Le but est de répartir les forces appliquées de façon homogène et dans toutes directions afin de renforcer mécaniquement la dent. Le stress des polymères de la matrice est transféré vers les fibres de verre, qui participent à l'arrêt de la propagation des fissures (78, 82).

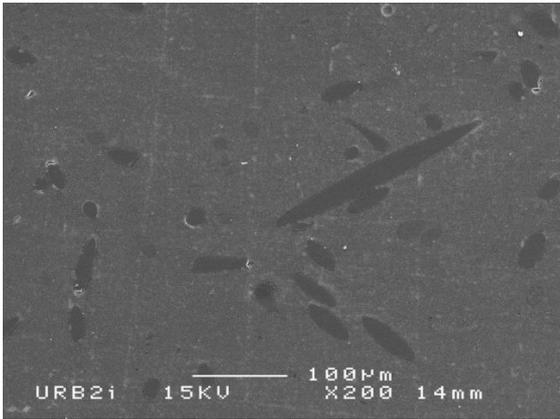


Figure 15 : Vue x 1000 au microscope électronique d'EverX Posterior ® (78)

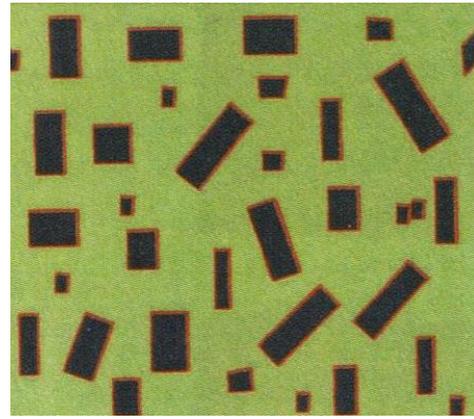


Figure 16 : Représentation schématique d'un agencement aléatoire de fibres courtes. Noir : fibres de verre ; Vert : matrice résineuse à base de méthacrylate ; Rouge : Silane (81).

Une étude de 2017 de *Garlapati et al.* compare la résistance à la fracture de dents dépulpées avec des cavités mésio-occluso-distale à restaurer, en fonction du substitut dentinaire utilisé. Le recours à un composite fibré de type EverX Posterior ® en guise de comblement sous une couche de composite de restauration, semble être le plus favorable en terme de résistance mécanique comparé à un composite hybride de moyenne viscosité (83).

Par ailleurs, une autre étude de 2015 de *Monaco et al.* montre que la présence d'un composite fibré en base intermédiaire sur des prémolaires dépulpées et restaurées par des overlays en composite usinés par CFAO augmente significativement la résistance à la fracture (84). L'EverX Posterior ® se caractérise par une résistance supérieure à la fracture (jusqu'à 2,9 MPa m^{1/2}), ainsi que par une meilleure résistance à la flexion (jusqu'à 124 MPa) et d'un module d'élasticité supérieur (9,5 MPa) (85).

Les CFV doivent cependant être toujours recouverts d'un autre matériau et ne peuvent pas être utilisés en site 2 afin d'éviter l'hydrolyse et la dégradation intra orale de leur réseau polymère (81). Le matériau de recouvrement sera un composite de restauration en méthode directe, ou bien une restauration postérieure partielle collée (inlay / onlay / overlay).

3.3 Utilisation de la CFAO pour une restauration en une seule séance

La technique indirecte consiste à prendre une empreinte de la cavité qui sera envoyée au prothésiste qui va ensuite préparer la pièce prothétique. Après réception de la pièce, le praticien peut ensuite la coller à la dent. Cela implique deux séances cliniques distinctes et la pose d'une restauration temporaire en inter séance (73).

La technique CFAO ou CAD/CAM associe une empreinte optique à la fabrication assistée par ordinateur. Le système CEREC a été développé afin de concevoir, fabriquer et poser une restauration au fauteuil en une séance en évitant une empreinte et une phase de temporisation. Il permet de prendre une empreinte optique de la dent avec une caméra intra buccale. Le logiciel informatique après acquisition des données, réalise une modélisation de la future pièce prothétique qui peut être modifiée par le praticien. Puis, l'unité d'usinage réalise la pièce prothétique à partir d'un bloc de céramique, par soustraction de matière. Le praticien peut ensuite coller la pièce prothétique après vérifications et réglages (73).

Le concept de CFAO directe offre de nombreux avantages comme l'absence de détérioration des informations enregistrées, la capacité de modification numérique à chaque étape, et une très grande capacité de stockage des données et empreintes numériques (86).

3.4 Protocole clinique : Obturation et pose d'un onlay CFAO en une seule séance

Le cas clinique suivant a été réalisé par Jessica PAOLINO au CHU de Nice, avec l'aide du Pr Bolla.

Un patient de 63 ans consulte pour réhabilitation globale. La 37 est également en pulpite irréversible et nécessite donc d'être dévitalisée. Une pulpotomie est réalisée en urgence. La 38 est en dehors du plan d'occlusion et a été extraite au début du traitement, ce qui facilite l'accès à la limite distale de la 37.



Figure 17 : Radio préopératoire de 37

Lors de la 2ème séance, une restauration pré endodontique est montée en distal pour pouvoir poser une digue. Les canaux sont préparés et les maîtres cônes sont essayés.

Lors de la 3^{ème} séance, après vérification de l'absence de symptomatologie, une digue est mise en place autour de la 37 (figure 18). L'obturation temporaire (Cavit) est déposée (figure 19), puis les canaux sont rincés avec de l'hypochlorite de sodium (NaOCl à 2,5%), de l'EDTA liquide à 17%, et enfin à nouveau avec de l'hypochlorite de sodium (figure 20). Ils sont ensuite séchés à l'aide de pointes de papier stériles (figure 21).



Figure 18 : Vue occlusale de la 37 après la pose de la digue



Figure 19 : Dépose de la restauration temporaire (Cavit)



Figure 20 : Rinçage final



Figure 21 : Séchage des canaux avec des pointes de papier stériles

Un ciment à base d'oxyde de zinc eugénol est préparé (Sealite Regular ®). Même s'il achève sa prise totale au bout de 24 h, ce type de ciment peut quand même être choisi pour l'obturation de cette dent. Un nettoyage accru devra être effectué au niveau des entrées canalaires où des restes de ciment peuvent subsister après l'obturation.

Les maîtres cônes sont enduits de ciment et insérés dans les canaux jusqu'à la longueur de travail (LT). Les Finger Spreader sont passés dans les canaux jusqu'à LT - 2 mm. Les cônes accessoires sont eux aussi enduits de ciment, puis insérés dans les canaux en répétant le passage des Finger Spreader (figure 22). Enfin, un Mc Spadden monté sur contre angle est inséré à LT - 5 mm pour venir obturer les canaux avec une technique de thermocompactage. Une radio post-opératoire est prise afin de vérifier la qualité du traitement endodontique (longueur, densité) (figure 24).

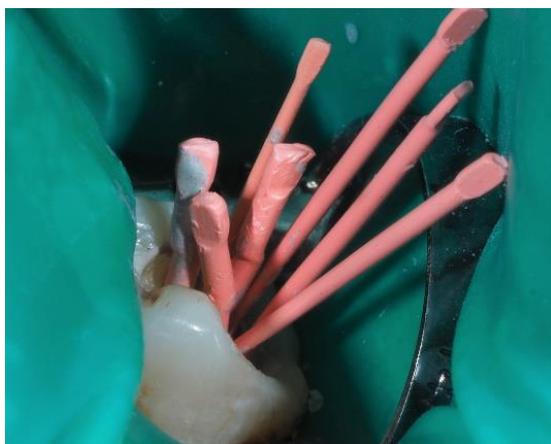


Figure 22 : Insetion des maîtres cônes puis des cônes accessoires enduits de ciment



Figure 23 : Vue occlusale après obturation



Figure 24 : Radiographie post opératoire

Après l'obturation, la chambre se retrouve remplie de gutta percha (figure 23) qu'il faudra éliminer au maximum jusqu'aux entrées canalaires. On utilise un insert ultrasonique sans eau pour retirer l'excédent de gutta ainsi qu'un fouloir de Machtou chauffé à blanc sur une flamme (figure 25).

Une hybridation dentinaire immédiate (IDS) est ensuite réalisée au niveau caméral. Cette procédure permet d'augmenter la propension au collage et l'étanchéité par l'infiltration de la dentine par un adhésif dès la préparation de la dent (78, 87). Idéalement, elle est réalisée grâce à un système M&R3, mais dans ce cas clinique, elle a été réalisée avec le M&R2 disponible au CHU. Un mordantage à l'acide orthophosphorique à 35 % est réalisé pendant 30 secondes (figure 26) puis rincé abondamment à l'eau pendant une durée équivalente. La dent est ensuite séchée, puis un adhésif est mis en place sur toutes les parois à l'aide d'une microbrush (figure 27). Un spray d'air léger est appliqué pour faire s'évaporer les excès d'adhésif avant de photopolymériser pendant 20 secondes.



Figure 25 : Elimination des excès de gutta percha dans la chambre



Figure 26 : Mordantage à l'acide orthophosphorique



Figure 27 : Application d'un adhésif à l'aide d'une microbrush

Du fait de l'architecture irrégulière du plancher pulpaire et des entrées canalaires, une fine couche de composite fluide est déposée en fond de cavité afin d'éviter les manques. Elle est photopolymérisée pendant 20 secondes (figure 28).

Un substitut dentinaire est mis en place dans la chambre. Un CVI conventionnel a été utilisé dans ce cas, mais il serait tout à fait possible d'envisager d'utiliser un composite fibré Bulk-Fill comme l'EverX Posterior ® décrit précédemment. Le CVI est déposé dans la cavité pulpaire et mis en place à l'aide d'un fouloir, puis polymérisé (figure 29).



Figure 28 : Application d'un composite flow en fond de cavité



Figure 29 : Application d'un CVI en tant que substitut dentinaire

La digue peut désormais être déposée. La restauration pré endodontique est éliminée en distal. Après avoir vérifié que les parois de la préparation soient bien de dépouille, une préparation amélaire est réalisée pour un overlay avec un recouvrement cuspidien. Il aura pour but de remonter légèrement la dimension verticale d'occlusion (DVO) dans le cadre d'une réhabilitation prothétique globale. La préparation est polie à l'aide de fraises bague rouge.



Figure 30 : Vue occlusale après dépose de la digue, de la restauration pré endodontique et préparation de la dent

La teinte du futur overlay est choisie, puis une empreinte numérique est prise grâce à la caméra optique et à la technologie CEREC. La 37 est d'abord scannée, puis toutes les dents du secteur 3. L'empreinte du secteur antagoniste est ensuite prise, puis celle des faces vestibulaires des secteurs 2 et 3 en occlusion. Le tracé des limites de la préparation est vérifié sur l'écran, et une correction manuelle est appliquée si besoin. Le futur overlay est modélisé sur le logiciel CEREC (figure 31). Après vérification de la forme de la pièce et des points de contact, le projet est validé et la fabrication lancée dans l'usineuse du CHU (figure 32).

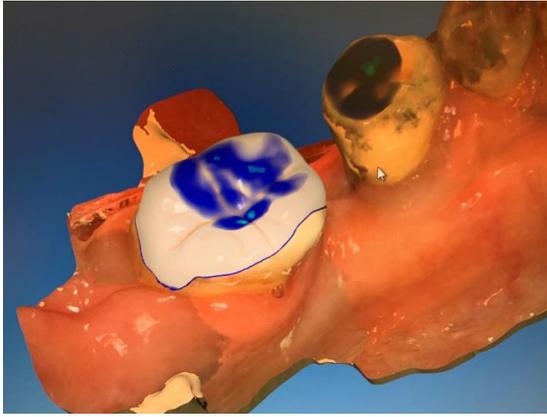


Figure 31 : Modélisation du futur overlay sur le logiciel CEREC. En bleu : les futurs points de contact avec la dent antagoniste

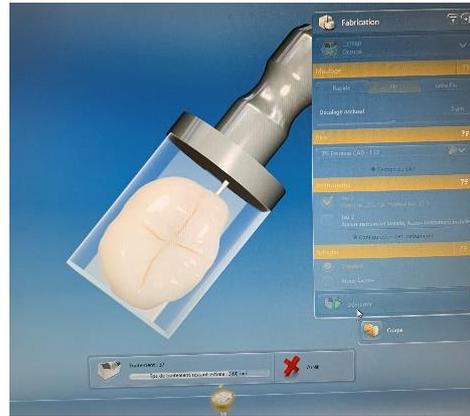


Figure 32 : Validation du projet

Le bloc de céramique hybride (Enamic) de la teinte choisie est inséré dans l'usineuse, et la taille de l'overlay au sein du bloc peut démarrer (figure 33). Elle dure environ 15 minutes. La pièce est ensuite glacée et maquillée si besoin (figure 34), avant d'être passée au four pour une cuisson d'environ 20 minutes (figure 35).

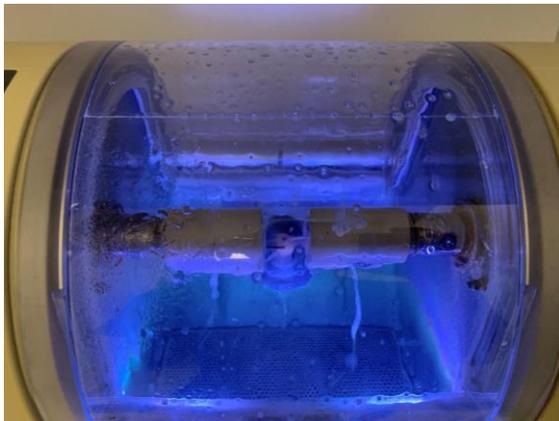


Figure 33 : Taille de la pièce au sein de l'usineuse



Figure 34 : Glacage et maquillage de la pièce



Figure 35 : Cuisson de la pièce

De retour au fauteuil, l'overlay est essayé : sa bonne insertion est vérifiée. La digue est à nouveau posée. Le conditionnement tissulaire est réalisé avec un système M&R2. La surface est mordancée à l'acide orthophosphorique pendant 30 secondes (figure 36), en commençant par le contour amélaire puis par les surfaces dentinaires, à raison de respectivement 30 et 15 secondes. Le rinçage rigoureux est suivi d'un séchage de la surface de travail puis de la surface dentaire. L'adhésif et le primer correspondants au composite de collage Multilink ® sont mélangés en quantité égale (figure 37). Ce mélange est appliqué énergiquement sur toutes les parois et sur les limites à l'aide d'une microbrush (figure 38), avant d'être délicatement séché à la seringue à air pour éliminer les excès. Enfin, une photopolymérisation est réalisée pendant 20 secondes (figure 39).



Figure 36 : Mordançage



Figure 37 : Mélange du primer et de l'adhésif correspondant au composite de collage Multilink ®

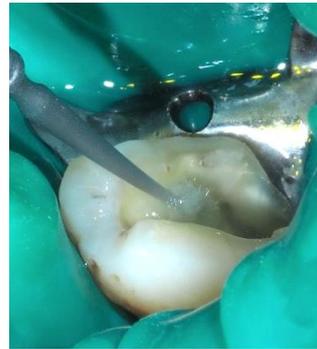


Figure 38 : Application sur toute la surface à l'aide d'une microbrush



Figure 39 : Photopolymérisation

L'intrados de l'overlay peut maintenant être conditionné. Un mordançage avec un gel d'acide fluorhydrique à 5% est réalisé pendant 20 secondes (figure 40). La pièce est rincée abondamment avec de l'eau, puis séchée. Des résidus d'acide fluorhydrique peuvent persister malgré le rinçage. Pour les éliminer, il est possible de réaliser un mordançage supplémentaire à l'acide orthophosphorique à 35% dans l'intrados de la pièce, puis de rincer et de sécher à nouveau. Une couche fine de silane est ensuite appliquée dans l'intrados à l'aide d'une microbrush (figure 41). La surface est séchée délicatement avec la seringue à air. Il est conseillé d'attendre 3 minutes avant de commencer l'assemblage.



Figure 40 : Application d'un gel à l'acide fluorhydrique dans l'intrados de l'overlay



Figure 41 : Application d'une fine couche de silane dans l'intrados de l'overlay

Le composite de collage Multilink ® peut maintenant être appliqué dans l'intrados de la pièce (figure 42). Le Multilink ® fait partie des colles sans potentiel adhésif propre. Celles-ci nécessitent impérativement que les surfaces dentaires ainsi que la pièce prothétique à coller soient conditionnées au préalable. Elles sont constituées d'un composite diméthacrylate, pouvant être micro-chargé ou micro-hybride et possèdent une phase résineuse importante leur conférant une bonne fluidité. Elles sont essentiellement à prise duale (88).

La pièce est impactée sur la dent à l'aide d'un stick de préhension, puis son insertion complète est vérifiée. L'aide opératoire maintient la pièce en place en appuyant sur la face occlusale avec une sonde ou un fouloir (figure 43). Une photopolymérisation flash de 5 secondes est réalisée pour gélifier le composite de collage (figure 44). Cela permet ensuite d'éliminer au maximum les excès de colle à la sonde et au fil dentaire en proximal. Une polymérisation complète à raison de 30 secondes par face est réalisée pour terminer ce le collage.



Figure 42 : Application du composite de collage Multilink® dans l'intrados



Figure 43 : Impaction de la pièce

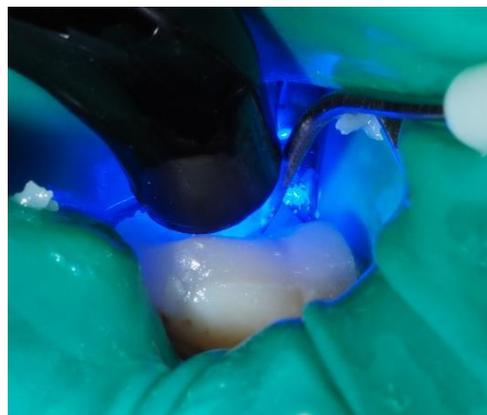


Figure 44 : Photopolymérisation flash avant élimination des excès

La digue peut maintenant être retirée. Pour les finitions, des pointes de silicones sont utilisées pour le polissage du joint. Au niveau proximal, il est possible d'utiliser des strips interdentaires de rugosité décroissante, ou des inserts sonores vibrants en forme de lames diamantées d'un seul côté (89). Enfin, l'occlusion est réglée à l'aide de papier articulé.



Figure 45 : Photographie finale de l'overlay réalisé sur 37

L'ensemble de ce cas clinique a été réalisé au CHU de Nice en une seule séance longue d'environ 3 heures (photographies comprises). Une fiche de protocole récapitulative étape par étape a été rédigée pour faciliter sa réalisation au fauteuil (annexe 1).

4. Restaurations corono-radriculaire fibrées

4.1 Indications

Lorsque la dent dépulpée doit impérativement être couronnée, il n'est pas nécessaire de systématiser le traditionnel inlay-core en métal. Une analyse de la situation clinique et du nombre, de la hauteur et de l'épaisseur des parois restantes après la préparation corono périphérique permet un choix adéquat du type d'ancrage à réaliser.

Tableau V : Choix du type d'ancrage en fonction du nombre, de la hauteur et de l'épaisseur de parois restantes après la PCP (63).

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

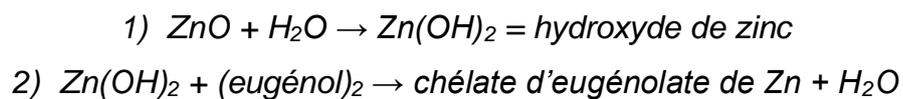
En plus de l'évaluation de la situation clinique, il faut prendre en compte d'autres paramètres pour choisir le type de reconstitution. Un rapport de la HAS nous rappelle que le choix d'une RMIPP se fait aussi en examinant (90) :

- La possibilité d'installer un champ opératoire étanche pour réaliser un protocole de collage à l'abri de la salive ;
- La localisation de la dent sur l'arcade : étant donné l'axe radriculaire des dents maxillaires antérieures, si la perte de substance dentaire nécessite un ancrage radriculaire, les inlay-core (IC) sont indiqués sur ce type de dents ;
- Le contexte occlusal : les IC sont indiqués si le contexte occlusal défavorable entraîne une sollicitation importante de la dent restaurée en cisaillement et/ou en flexion ;
- Le rôle dévolu à la superstructure : les RMIPP sont contre-indiquées lorsque la dent sera support de prothèse adjointe partielle (PAP) ou pilier de bridge, du fait d'une résistance mécanique trop faible ;

- Les facteurs limitatifs liés au patient (comme une faible ouverture buccale) : une RCR foulée nécessite une séquence clinique longue, sans discontinuité, et un accès aisé au site opératoire. Lorsque ces conditions ne sont pas réunies, un IC est préférable ;
- La possibilité de réintervention : plus aisément réalisable avec une RCR foulée.

4.2 Association avec un ciment d'obturation adéquat

Quand un ciment à base d'eugénole est préparé, l'eugénole est mélangé à de l'hydroxyde de zinc en présence d'eau, et une réaction de chélation a lieu pour produire un chélate de zinc eugénole contenant des molécules d'eugénole (91) :



Cette deuxième réaction est réversible : quand le ciment se retrouve à nouveau au contact d'eau (contenue entre autres dans les fluides des tubulis dentinaires), il y a une hydrolyse de l'eugénole et une molécule d'eugénole capable de diffuser dans la dentine est libérée. L'eugénole est un composant à base de phénol qui a la capacité de se lier à des radicaux libres (65, 92). Au contact de matériaux à base de résine (contenant une matrice Bis-GMA ou d'autre contenants à base de diméthacrylate) comme les colles et les ciments résines, l'eugénole peut réagir avec ces radicaux libres et inhiber la réaction de polymérisation (93), réduisant ainsi la force d'adhésion et le succès clinique de procédures de restaurations collées selon beaucoup d'études.

Cependant, les études ne sont pas toutes d'accord sur ce point-là. Une étude de *Hagge et al.* rapporte qu'un intervalle long entre l'obturation canalaire avec un ciment à base d'eugénole et le collage de l'ancrage fibré réduit la rétention car il y a une pénétration plus profonde de l'eugénole dans les tubulis dentinaires (94).

Il faut donc prendre en compte la durée pendant laquelle le ciment à base d'eugénole est resté en contact direct avec la dentine radiculaire avant d'être retiré. Dans une étude de *Hume et al.* (95), il est démontré que le relargage d'eugénole (grâce à la réaction d'hydrolyse) par un ciment d'oxyde de zinc eugénole est immédiat dans la salive ou dans l'eau. Cependant, ce relargage est presque complètement nul durant la première heure de contact avec la dentine radiculaire. L'eugénole n'a pas été détecté dans les fluides péri-pulpaire pendant plusieurs heures. La quantité d'eugénole a commencé à augmenter

dans les heures suivantes pour atteindre un pic de diffusion à environ 24 h, et elle a continué de s'accroître pendant les deux semaines qui ont suivi l'obturation.

L'auteur explique ces données par le fait que l'eugénolate et la diffusion de l'eugénol relargué sont limités au contact de la dentine. La dentine radiculaire est traversée de très nombreux tubulis remplis de fluides, mais dont les orifices seraient encore partiellement occultés par de la boue dentinaire après la préparation des canaux, même après un rinçage. La quantité d'eau et de fluides qui arriverait immédiatement au contact du ciment serait donc initialement faible, ce qui expliquerait la libération différée de l'eugénol dans la dentine radiculaire (95). Cela suggèrerait que si le retrait du ciment à base d'eugénol des parois canalaire est effectué immédiatement après l'obturation, la capacité d'adhésion ne serait pas diminuée comme le présentent certaines études.

Une étude de *Aleisa & al.* de 2016 a cherché à évaluer la rétention d'ancrages fibrés collés avec 3 différentes colles à prise duale (deux ciments résine RelyX Unicem ® et Paracore ®, et un composite de collage Variolink ®) en fonction de l'intervalle de temps laissé entre l'obturation et le collage (96). Certains ancrages ont été collés directement après l'obturation endodontique (groupe 1 : après 24 heures dans cette étude) et d'autres, bien plus tard (groupe 2 : après 2 semaines). Les résultats de cette étude ont montré qu'un intervalle de temps plus long entre l'obturation et le collage de l'ancrage fibré diminuerait la rétention du tenon, quel que soit le type de colle utilisé. Les ancrages collés dans un intervalle de temps court après l'obturation (groupe 1) obtiennent une rétention significativement supérieure par rapport aux ancrages collés deux semaines plus tard (groupe 2). Ce résultat peut s'expliquer par le fait qu'une plus grande pénétration de l'eugénol a lieu dans les tubulis dentinaires avec le temps. Cette étude conclut qu'il est donc préférable de coller un ancrage fibré rapidement après une obturation avec un ciment à l'eugénol plutôt que d'attendre plusieurs jours. Par ailleurs, cette étude conclut que peu importe l'intervalle de temps entre l'obturation et le collage, les tenons collés avec un ciment résine avec un potentiel auto-adhésif (type RelyX Unicem ®) ont une rétention significativement supérieure par rapport au composite de collage. Il est donc préférable d'utiliser un ciment résine pour le collage de nos ancrages fibrés.

Une autre étude de *Vilas-Boas et al.* de 2016 (97), a évalué l'effet de différents ciments d'obturation (à la résine époxy, à l'eugénol, aux biocéramiques) et de l'intervalle de temps entre l'obturation et le collage (immédiat ou à J+7) sur la force d'adhérence d'un tenon fibré collé avec une colle auto-adhésive (RelyX ®). Les résultats ont montré une augmentation

importante des défauts adhésifs (ciment / dentine et tenon / ciment) lorsque le collage était effectué 7 jours après l'obturation, par rapport à un collage immédiatement après. Cela suggèrerait à nouveau que l'eugénole diffuse dans la dentine radiculaire avec le temps, et qu'un collage retardé serait beaucoup moins efficace qu'un collage dans la séance de l'obturation. Cette étude conclut cependant sur le fait que l'utilisation d'un ciment sans eugénole (AH+ ® ou biocéramique) permettrait d'obtenir de meilleurs résultats sur la force d'adhérence par rapport à un ciment à l'eugénole (quel que soit l'intervalle de temps laissé entre le collage et l'obturation).

Par ailleurs, il a été démontré que la pénétration des ciments à base d'eugénole dans la dentine radiculaire n'excède pas 120 µm directement après l'obturation, quelle que soit la technique utilisée (condensation latérale, compaction verticale à chaud ou avec un système Thermafill) (98). De plus, l'eugénole libérée dans les ciments à base d'oxyde de zinc eugénole est capable de diffuser dans la dentine sur une profondeur supérieure à 200 µm, avec cependant très peu, voire pas, d'eugénole détecté dans la surface péripulpaire pendant les premières heures (99).

Avec une faible pénétration des ciments et une diffusion presque nulle de l'eugénole dans la dentine immédiatement après l'obturation, un autre facteur est à prendre en compte : la quantité de dentine radiculaire éliminée durant la préparation du logement pour le tenon fibré dans un canal obturé avec un ciment à l'eugénole. Une étude de *Rosa et al.* de 2013 (100), a évalué l'influence de différents types de ciments d'obturation (à base d'eugénole ou sans eugénole) sur la rétention de tenons fibrés collés directement après l'obturation (Groupe 1 : J0) ou après deux semaines (Groupe 2 : J+15). Les dents utilisées étaient d'origine bovine, car elles sont très proches en termes d'anatomie et de structure des canines humaines. Des valeurs de rétention similaires ($p > 0.05$) ont été trouvées entre un collage à J0 ou à J+15 après obturation avec un ciment à l'eugénole. L'auteur explique ces résultats par le fait qu'un retrait mécanique de la dentine radiculaire contaminée par l'eugénole a lieu pendant la préparation du logement pour le tenon avec des forets standardisés (type Pivomatic).

Une autre étude de *Kasraie & al.* (65) démontre qu'une augmentation du diamètre de préparation du logement entraîne une augmentation de la rétention et de l'adhérence des ancrages fibrés collés avec un ciment résine, en augmentant la surface de contact, mais aussi en nettoyant les parois internes dentinaire du canal. Plus on utilise un diamètre de foret important, plus on élimine de dentine intra canalaire, et donc de couches de dentine potentiellement contaminées par l'eugénol. Il faut également corrélérer une augmentation du diamètre avec un risque plus élevé de fracture radiculaire ou de perforation. Un alésage par foret standardisé pour permettre une insertion d'un tenon fibré éliminerait donc plus de 200 µm de dentine radiculaire, ce qui nous permettrait de coller sur une dentine « fraîche » non contaminée par l'eugénol.

Enfin, un dernier paramètre à prendre en compte est la possibilité de minimiser les effets de l'eugénol et nettoyant efficacement les parois canalaire. Une étude de *Oliveira et al.* de 2019 (101) a montré que l'utilisation d'éthanol comme substrat de nettoyage des surfaces dentinaires permettrait de pallier à la diminution d'adhérence causée par la présence d'eugénol. L'éthanol est un solvant organique qui peut dissoudre les composants à base de phénol, comme ceux présents dans la molécule d'eugénol.

Une autre étude de 2019 de *Farina et al.* (102), a évalué l'effet de différents protocoles de retrait de ciment à l'eugénol de la dentine radiculaire sur l'adhérence de tenons fibrés collés avec des ciments résine. Les résultats ont montré qu'un nettoyage à l'alcool et l'utilisation d'un foret de type Largo étaient les procédures les plus efficaces pour nettoyer le canal. L'auteur en a donc conclu qu'une irrigation avec un solvant à base d'alcool associée à un passage de forets de type Largo après retrait du matériau d'obturation permettait d'augmenter fortement la force d'adhérence des tenons fibrés collés après obturation avec un ciment à l'eugénol.

Enfin, une revue systématique de la littérature et méta analyse de *Reis-Prado et al.* de 2021 a tenté de comparer les effets d'une préparation du logement pour le tenon immédiatement après l'obturation par rapport à une préparation retardée (103). Après analyse des 32 études inclus, l'auteur en a conclu qu'une préparation retardée du logement pour le tenon semble influencer négativement sur l'herméticité apicale et qu'une procédure de préparation immédiate serait préférable pour limiter la perte d'étanchéité apicale.

Pour conclure, il est difficile de trouver un consensus dans la littérature concernant l'influence d'un ciment à l'eugénole sur la force d'adhérence et de collage des ancrages fibrés collés avec des ciments résines. Ceci a été confirmé dans une revue systématique de la littérature et méta analyse de *Altmann et al.* de 2015 (91). Les facteurs à prendre en compte d'après les études présentées précédemment sont donc :

- La durée de contact entre le ciment à l'eugénole et les parois dentinaires ;
- La quantité de dentine radiculaire éliminée durant la préparation du logement ;
- La procédure utilisée pour le nettoyage de la dentine radiculaire pour maximiser le potentiel de collage.

Il a été décidé d'utiliser deux différents types de ciments d'obturation dans nos cas cliniques, considérant les résultats plutôt encourageants présentés précédemment sur le collage immédiatement après une obturation : un ciment classique à base d'oxyde de zinc eugénole (Sealite ®) et un ciment sans eugénole (BioRoot RCS ®).

L'utilisation d'un ciment d'obturation ne contenant pas d'eugénole comme le ciment biocéramique BioRoot RCS ® pourrait permettre de s'affranchir de tous les potentiels inconvénients liés à l'eugénole, tout en conservant les avantages associés à une obturation et reconstitution de la dent dépulpée dans la même séance à savoir :

- L'obtention d'une herméticité coronaire immédiate ;
- L'assurance d'une étanchéité et d'un collage optimal pour un travail réalisé entièrement sous digue, jusqu'à isolation totale du système endo canalaire de la salive ;
- Un gain de temps pour le praticien et pour le patient.

Les résultats sont présentés dans des cas cliniques illustrés ci-après.

4.3 Protocole clinique : Obturation et RCR foulée en une seule séance

Le cas clinique suivant a été réalisé par Jessica PAOLINO au CHU de Nice, avec l'aide du Pr Bolla.

Lors de la 1^{ère} séance, la pulpectomie a été réalisée sur une 15 qui était en pulpite. La longueur de travail a été déterminée et le canal a été préparé. Un Cavit a été posé en attendant la suite des soins. Une indication de RCR foulée est posée car il reste un nombre de parois suffisant, de hauteur supérieure à 2 mm et en supra gingival. La dent devra ensuite être couronnée.

Lors de la 2^{ème} séance, le champ opératoire est posé (figure 46). La digue est un pré requis à tout acte de dentisterie adhésive car les colles utilisées sont hydrophobes. Elle permet d'éviter la contamination salivaire et bactérienne.

La restauration temporaire (Cavit) est ensuite déposée (figure 47). Le maître cône de gutta percha est essayé à la bonne longueur de travail (figure 48), puis mis de côté dans une solution à l'hypochlorite de sodium. Un rinçage final des canaux avec de l'hypochlorite de sodium (NaOCl à 2,5%), de l'EDTA liquide à 17%, et enfin à nouveau avec de l'hypochlorite de sodium est réalisé (figure 49). Les canaux sont séchés à l'aide de pointes de papier stériles (figure 50).

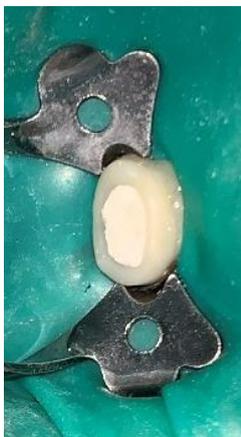


Figure 46 : Vue occlusale de la 15 après la pose de la digue



Figure 47 : Dépose de la restauration temporaire (Cavit)



Figure 48 : Essayage du maître cône de gutta percha



Figure 49 : Rinçage final



Figure 50 : Séchage du canal avec des pointes de papier stériles

Le ciment BioRoot RCS ® peut maintenant être préparé (figure 51) (59). Une dose de poudre est déposée sur le bloc à spatuler à l'aide de la cuillère correspondante fournie dans la boîte. Elle doit être remplie à ras bord pour une dose complète. A l'aide de la pipette, 5 gouttes de liquide sont déposées sur le bloc. Le ciment est obtenu en mélangeant progressivement la poudre et le liquide avec une spatule à ciment pendant environ 60 secondes, jusqu'à obtenir une texture lisse, crémeuse et consistante. Le temps de travail de ce ciment est de 10 minutes.



Figure 51 : Instructions de mélange et de préparation du ciment BioRoot RCS ® (notice fabricant) (59)

Un bourre pâte type Lentulo enduit de ciment BioRoot RCS ® est inséré dans le canal pour enduire les parois (figure 52). Le maître cône de gutta percha préalablement désinfecté puis séché est à son tour enduit de ciment (figure 53). Il est ensuite inséré dans le canal jusqu'à la longueur de travail (figure 54). Le ciment BioRoot RCS ® s'utilise avec une technique d'obturation monocône car il n'est ici plus considéré comme un ciment de scellement mais comme un matériau d'obturation à part entière. Il n'y a donc pas besoin d'ajouter de cônes accessoires ni de réaliser un thermocompactage au Mc Spadden.



Figure 52 : Passage du Lentulo enduit de ciment dans le canal



Figure 53 : Enduction du maître cône de gutta percha de ciment BioRoot RCS ®



Figure 54 : Insertion du maître cône dans le canal

La partie coronaire du cône de gutta percha peut être découpée à l'aide d'un insert ultrasonique utilisé sans eau afin de faire fondre le matériau (figure 55) ou à l'aide d'une spatule de bouche chauffée à blanc. Tout l'excès de gutta percha présent dans la partie coronaire est ainsi retiré.

Le logement pour le tenon est préparé en éliminant partiellement le matériau d'obturation à l'aide de fouloirs de Machtou chauffés à blanc sur une flamme (figure 56). Ils sont insérés en plusieurs fois, en commençant par un fouloir de diamètre important et en changeant pour un fouloir de plus faible diamètre au fur et à mesure de la descente. Il s'agit ici de retirer à chaque fois quelques millimètres de gutta percha jusqu'à se trouver à environ LT - 5 mm. La longueur de désobturation au niveau radiculaire doit être supérieure à la hauteur coronaire de la reconstitution : un ratio 1/3 coronaire et 2/3 intraradiculaire est préconisé. De plus, il est impératif de laisser une partie apicale d'obturation canalaire d'au moins 5 mm pour assurer son étanchéité (104). Un foret de type Largo ou de Gates peut également être utilisé pour aider à la désobturation (figure 57). Un foret calibré de type Pivomatic est ensuite utilisé pour mettre en forme le canal et permettre l'insertion d'un tenon fibré (figure 58). Une radio pour contrôler l'axe et la longueur du logement peut être réalisée à l'aide d'un tenon métallique (figure 59).

Il est impératif de nettoyer le logement canalaire des traces de matériaux d'obturation ou de ciment. Ce nettoyage peut se faire à l'aide d'instruments ultrasoniques lisses sous irrigation abondante, de brossettes interdentaires montées sur contre angle, ou encore d'un microsablage à l'acide d'oxyde d'alumine (même si ce microsablage n'atteindra pas complètement le fond du logement) (104). Ce nettoyage mécanique peut être associé à une irrigation avec un solvant à base d'alcool (101, 102).



Figure 55 : Découpe de la partie coronaire de gutta percha avec un insert US sans eau



Figure 56 : Désobturation de la gutta percha avec un fouloir de Machtou chaud

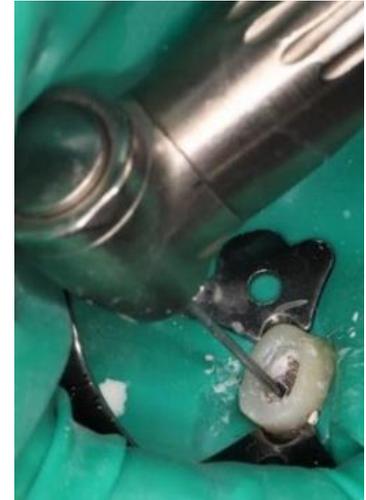


Figure 57 : Désobturation de la gutta percha avec un foret de Gates



Figure 58 : Alésage du canal avec un foret Pivomatic jaune



Figure 59 : Mise en place d'un tenon métallique avant réalisation d'une radio de contrôle

Le tenon en résine à base de fibres de verre est ensuite essayé (figure 60). Son diamètre doit être choisi en fonction du diamètre du logement canalaire. Il doit pouvoir flotter et s'insérer librement jusqu'au contact de la gutta percha pour éviter toute réinfection bactérienne (105). Le tenon doit être passif et ne pas présenter de zones de friction avec les parois radiculaires (104). La hauteur du tenon en résine est ensuite réglée en le découpant à l'aide d'un disque diamanté monté sur pièce à main (et non pas d'une fraise sur turbine !) (figure 61). Pour rappel, la hauteur coronaire du tenon doit être d'environ 1/3 de sa longueur. Le tenon fibré est sectionné 2 mm sous la future surface occlusale.

Une matrice transparente circonférentielle en plastique est essayée puis ajustée pour correspondre au diamètre et à la hauteur souhaités (figure 62). Elle permet le sertissage coronaire et préfigure la forme du futur faux-moignon. Sa transparence permet la photoconduction et la photopolymérisation complète du faux-moignon.



Figure 60 : Essayage du tenon en résine dans le canal



Figure 61 : Ajustement de la hauteur du tenon



Figure 62 : Essayage de la matrice de sertissage coronaire

Le protocole de collage commence par un conditionnement tissulaire des surfaces canalaires et de la partie coronaire avec un acide orthophosphorique à 37%, qui est appliqué pendant 30 secondes (figure 63). Ce nettoyage intra-canalair va favoriser l'adhésion et créer une rétention micro-mécanique (106). La préparation est ensuite rincée abondamment (figure 64), puis séchée avec un spray d'air et avec des pointes de papier stériles pour l'intérieur du logement canalaire.

Un ciment résine auto-mordant et auto-adhésif à prise duale est utilisé pour coller le tenon à l'intérieur du canal (TotalCem[®], Itena) (figure 65). Cette colle ne nécessite normalement pas de mordantage préalable, mais l'etching a quand même été réalisé dans notre cas clinique, afin d'éliminer le plus possible de boue dentinaire et de restes de ciment des parois canalaires, et de mordancer la partie coronaire.



Figure 63 : Mordantage intra canalair à l'acide orthophosphorique



Figure 64 : Rinçage et séchage



Figure 65 : Colle auto-mordante et auto-adhésive à prise duale : TotalCem[®], Itena

Le canal est ensuite rempli avec cette colle à l'aide d'un embout fin qui est placé à l'entrée du logement (figure 66). Il faut que l'embout d'injection soit suffisamment fin pour s'insérer jusqu'au fond du logement. Pendant l'injection, il est important de garder le contact entre l'embout et la colle injectée afin d'éviter tout risque d'incorporation de bulles d'air (104). La colle peut également être injectée autour du tenon afin d'éviter l'apparition de bulles dans la reconstitution. Le tenon peut ensuite être inséré dans le canal en prenant soin d'aller jusqu'à l'extrémité du logement préparé (figure 67). Une photopolymérisation est réalisée en plaçant la lampe au-dessus du tenon pendant 40 secondes (figure 68).



Figure 66 : Insertion de la colle composite dans le logement canalaire



Figure 67 : Insertion du tenon dans le logement canalaire



Figure 68 : Photopolymérisation

La matrice transparente de sertissage est ensuite positionnée autour de la dent. La cavité coronaire est remplie avec un composite à prise du dual pour la reconstitution des faux moignons (Core Build Up®, Cyber Tech dans ce cas clinique) (figure 69). Chaque face est ensuite photopolymérisée pendant 20 secondes. La matrice peut ensuite être retirée et la digue déposée. La préparation peut être achevée par une étape de polissage à l'aide de fraises diamantées à polir montées sur turbine. Le joint entre la résine et la dent doit être imperceptible à la sonde.

La dent est désormais prête à être couronnée (figure 70). Une couronne provisoire est posée en attendant les prochaines séances. L'empreinte pour la coiffe peut également être directement réalisée dans cette séance.

L'ensemble du cas clinique a été réalisé au CHU de Nice en une seule séance de 1h30 (photographies comprises). Une fiche de protocole récapitulative étape par étape a été rédigée pour faciliter sa réalisation au fauteuil (annexe 2).



Figure 69 : Injection du composite de reconstitution dans la matrice transparente



Figure 70 : La préparation corono périphérique est achevée. Le tenon est visible par transparence.

Lors de la réalisation de ce cas clinique, une difficulté a été rencontrée pendant l'étape de désobturation de la gutta percha. En effet, même si le BioRoot RCS ® est un ciment d'obturation avec un temps de travail de 10 minutes et une prise assez rapide par rapport aux autres ciments disponibles, sa prise n'était pas totalement achevée au moment de la désobturation des 2/3 coronaire. De plus, l'utilisation d'une technique monocône implique qu'une grande superficie de l'espace canalaire des 2/3 coronaire soit occupée par ce ciment (en cours de prise) et la gutta percha n'occupe que la partie centrale du canal (cf : figure 5). L'utilisation d'instruments mécanisés destinés à la désobturation comme un foret mécanisé est difficile, et un risque d'arrachement du cône peut avoir lieu.

Au contraire, lors d'obturations avec une technique différente comme avec un thermocompactage, une compaction verticale à chaud ou latérale à froid, le ciment ne représente que quelques micromètres au contact des parois canalaires, et la quasi-totalité du canal est remplie avec de la gutta percha. Une descente progressive avec des fouloirs de Machtou associés à un foret de Largo et / ou de Gates serait donc facilitée et pourrait réduire ce risque d'arrachement de la gutta après utilisation d'une de ces techniques d'obturation, même si le ciment associé n'est pas encore totalement pris.

Aux vues des études précédemment décrites (cf : partie 4.2), il aurait été préférable d'utiliser un ciment classique à l'eugénol, ou bien un ciment à base de résine (comme l'AH+) qui peuvent s'utiliser avec ces techniques d'obturation, même si leurs temps de prise sont plus longs. Le BioRoot RCS ® reste quand même utilisé pour l'obturation et suivi d'une préparation pour un ancrage fibré ou coulé (simplement pas directement dans la même séance) par de très nombreux praticiens dont des endodontistes exclusifs. Cela ne change cependant en rien le protocole de réalisation d'un ancrage fibré présenté ci-dessus.

4.4 Protocole clinique : Obturation et RCR foulée avec micro-tenons fasciculés en une seule séance

Pour ce cas clinique, des micro-tenons fasciculés sont cette fois ci utilisés à la place du tenon en résine. Il s'agit d'un ensemble de micro-tenons ultra fins composés de fils de verre silanés et imprégnés par une résine UDMA. Ils sont reliés en fagots à leur extrémité par un manchon qui facilite leur insertion dans le canal préalablement désobturé, nettoyé et rempli d'une colle composite. Le manchon est coloré en fonction du nombre de brins dans le fagot : 4, 6, 9 ou 12 brins (figure 71) (107).

Les micro-tenons fasciculés permettent (108) :

- Une mise en œuvre clinique facile ;
- Une préparation canalaire moins invasive qu'avec un tenon normalisé, car l'alésage avec des forêts n'est pas nécessaire. Seule une désobturation suivie d'un nettoyage de l'endodonte sont préconisés avant leur utilisation.
- Un plus grand renforcement de la résine de reconstitution avec une augmentation de l'interface entre le renfort fibré (multiples brins) et la résine de collage ;
- Un moignon coronaire renforcé en continuité avec la partie radiculaire. On retrouve une répartition homogène des micro-tenons dans tout l'espace canalaire et dans la partie coronaire (figure 72) ;
- Une adaptation à toutes les morphologies canales (courbures, sections ovales) grâce à leur flexibilité accrue ;
- Une meilleure transmission de la lumière de polymérisation car l'augmentation du nombre de tenons augmente le nombre d'éléments conducteurs de lumière (109,110).



Figure 71 : Fagots de micro-tenons fasciculés Biolight PLUS® (107)

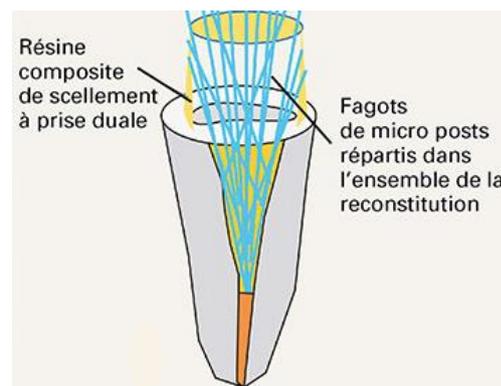


Figure 72 : Répartition homogène des micro-tenons assurant une continuité entre le moignon et la partie radiculaire (108)

Le champ opératoire est posé, et la dent dont les canaux ont déjà été préparés lors de la séance précédente, peut être obturée après avoir effectué un rinçage final et un séchage intra canalaire à l'aide de pointes de papier. En se basant sur les conclusions du cas clinique précédent, il serait préférable d'utiliser une technique de thermocompactage associée à un ciment à l'eugénol classique, ou une technique de condensation latérale à froid avec un ciment à base de résine comme l'AH+.

La désobturation de la gutta percha dans la partie coronaire est réalisée à l'aide de fouloirs de Machtou pour réaliser une descente, et de forets mécanisés de Gates ou de Largo. Pour rappel, la longueur de désobturation doit être supérieure ou égale à la hauteur du futur moignon coronaire. Aucune étape d'alésage supplémentaire n'est théoriquement nécessaire avant la pose des micro-tenons. Ceci peut être valable si l'on utilise un ciment d'obturation sans eugénol comme l'AH+, pour lequel un simple mordantage intra canalaire suffirait pour nettoyer les parois dentinaires.

Cependant, aux vues des résultats études précédemment décrites qui montrent une augmentation de la force de collage des tenons fibrés quand la quantité de dentine intraradiculaire éliminée lors de la préparation du logement augmente (65,100), il serait en théorie préférable de réaliser un alésage avec un foret standardisé de faible diamètre si l'obturation a été réalisée avec un ciment à l'eugénol. Cela permettrait de s'assurer du retrait des premiers micromètres de dentine canalaire potentiellement contaminés par l'eugénol, et de maximiser le potentiel de collage.

Une fois le canal désobturé à la bonne longueur de préparation, le fagot avec le bon nombre de brins correspondants est choisi en essayant de positionner le maximum de micro-tenons dans le canal. Le choix se fait par contrôle visuel et radiographique. Les micro-tenons sont mis de côté, désinfectés avec de l'alcool, puis séchés.

Un conditionnement tissulaire des surfaces canalaires et de la partie coronaire est ensuite réalisé avec un acide orthophosphorique à 37% pour éliminer au maximum la boue dentinaire ainsi que les traces éventuelles de ciment restantes sur les parois canalaires (figure 73). La préparation et le canal sont rincés abondamment et séchés (figure 74).

Les parois canalaires doivent ensuite être enduites à l'aide d'une microbrush, d'une fine couche d'adhésif universel à prise duale correspondant à la colle composite choisie (figure 75), sans polymériser. Les micro-tenons sont quant à eux prêts à l'emploi et ne nécessitent pas d'être enduits d'adhésifs, car cela aurait pour conséquence de solidariser les micro-tenons entre eux (108).

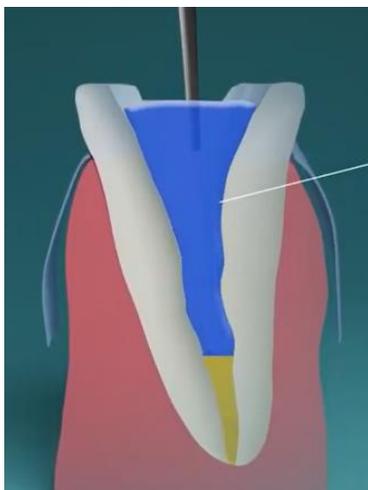


Figure 73 : Mordançage intra canalaire (111)

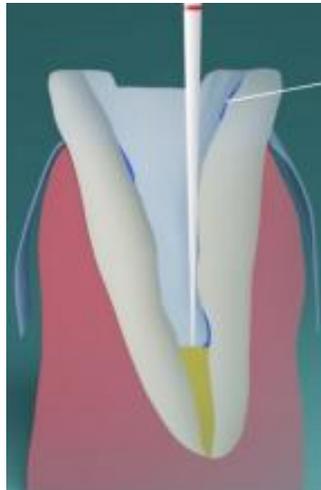


Figure 74 : Séchage du canal avec une pointe de papier après avoir rincé abondamment (111)

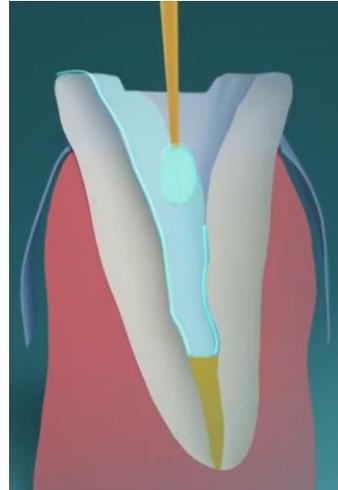


Figure 75 : Enduction des parois canalaires d'un adhésif universel à prise duale (111)

Les micro-tenons peuvent cependant être enduits de composite de collage avant d'être insérés dans le canal. Cette induction est possible et facilitée grâce à un système d'imprégnateur associé aux micro-tenons Biolight PLUS ® (107). Le micro applicateur (embout extra fin) doit d'abord être installé sur l'embout du mélangeur de la seringue de colle composite (figure 76.1). Le fagot de micro-tenons est ensuite inséré dans l'imprégnateur correspondant à son nombre de brins. Le micro embout de la seringue de colle est inséré dans l'ouverture de l'imprégnateur (figure 76.2). Le fagot est retiré de l'étui sur les 2/3 de sa longueur en tirant sur la gaine de préhension colorée, sans l'en sortir complètement (figure 76.3). Il faut à présent maintenir le fagot de micro-tenons en position et injecter la colle à l'aide de la seringue jusqu'à la voir apparaître à l'autre extrémité (figure 76.4). Les micro-tenons sont à nouveau enfoncés dans l'imprégnateur en poussant le fagot par sa gaine de préhension tout en maintenant la pression sur la seringue (figure 76.5). Le fagot est ensuite relâché tout en continuant d'injecter la colle : il sort naturellement de l'imprégnateur (figure 76.6) et est prêt à être inséré dans le canal. Il est important d'éviter de manipuler l'imprégnateur avec les doigts. Celui-ci est à usage unique et ne doit pas être réutilisé.

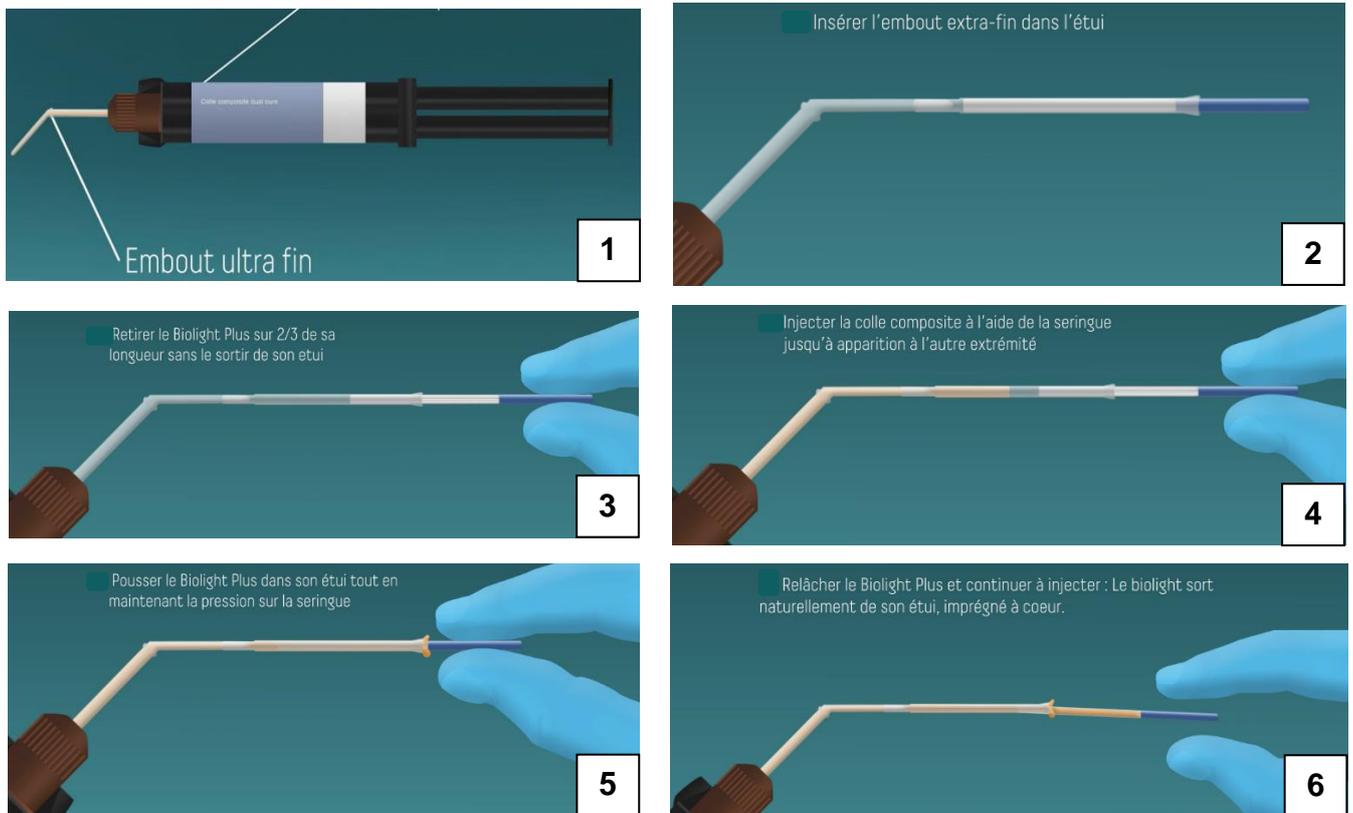


Figure 76 : Mode d'emploi de l'imprégnateur Biolight PLUS © étape par étape (111)

La colle composite est insérée dans le canal à l'aide d'un embout fin en excès (figure 77). Les micro-tenons sont insérés dans le canal (figure 78). Leur adaptation se fait en découpant le manchon de préhension à l'aide d'une paire de ciseaux pour régler les tenons à la bonne hauteur occlusale (figure 79). Leur faible diamètre autorise une section fine, le meulage étant fortement contre-indiqué (108). Les brins sont maintenus en place en pression digitale. La répartition dans le logement canalaire est obtenue en les dispersant dans tout l'espace canalaire avec une sonde (apicalement et vers les bords du canal), afin de les positionner en « bouquet » (figure 80). Ils restent mobiles dans la résine tant que la photopolymérisation n'est pas initiée. Une photopolymérisation de 20 secondes permet de figer les fibres (figure 81).



Figure 77 : Remplissage du canal, la colle est injectée en excès (111)

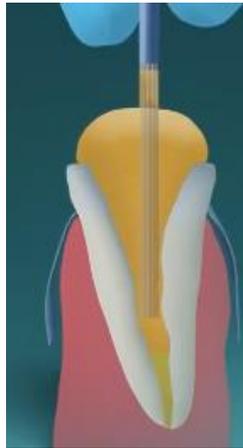


Figure 78 : Insertion des micro-tenons dans le canal rempli de colle (111)

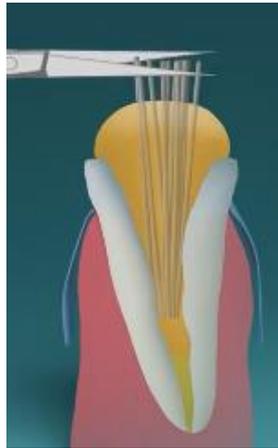


Figure 79 : Section du manchon de préhension à l'aide d'une paire de ciseaux (111)

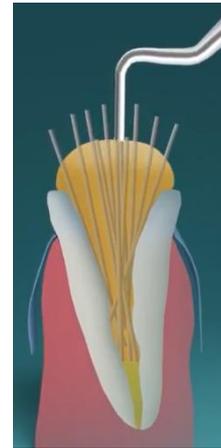


Figure 80 : Dispersion des brins à l'aide d'une sonde (111)



Figure 81 : Photopolymérisation (111)

Une matrice transparente de sertissage coronaire est essayée puis ajustée pour correspondre au diamètre et à la hauteur du futur moignon. La matrice est ensuite mise en place autour de la partie coronaire de la dent, et un composite de reconstitution coronaire est injecté autour des fibres (figure 83). La reconstitution est polymérisée (20 secondes par faces), puis la matrice est déposée et la préparation peut être polie. Le moignon est prêt à recevoir la couronne, son empreinte peut même être prise directement dans la séance (figure 84).



Figure 82 : Vue occlusale après polymérisation de la colle composite intra canalaire (108)



Figure 83 : Mise en place d'une matrice de sertissage et remplissage avec un composite de reconstitution coronaire (108)



Figure 84 : Vue occlusale après dépose de la matrice et retouche de la préparation (108)

Une fiche de protocole récapitulative étape par étape a été rédigée pour faciliter la réalisation de ce type de cas clinique au fauteuil (annexe 3).

4.5 Protocole clinique : Obturation et inlay-core en résine Numerys GF ® usiné en une seule séance

Numerys GF ® (Itena) est un nouveau matériau hybride composé à 20% de résine époxy et à 80% de fibres de verre (112). Il est destiné à être usiné à partir d'une empreinte numérique, via la CFAO, dans un bloc ou une galette de résine (figure 85). Il est indiqué pour la fabrication d'inlay-core mono radiculés, qui seront ensuite collés dans la racine afin de reconstituer la dent dépulpée. L'avantage de ce système est qu'il permet d'obtenir une restauration corono-radulaire monobloc, sans la création d'interfaces entre le tenon et la résine composite.

Ce nouveau matériau permet désormais d'envisager la fabrication d'un inlay-core en résine dans une usineuse éventuellement présente au cabinet, et son collage directement dans la même séance que l'obturation endodontique.

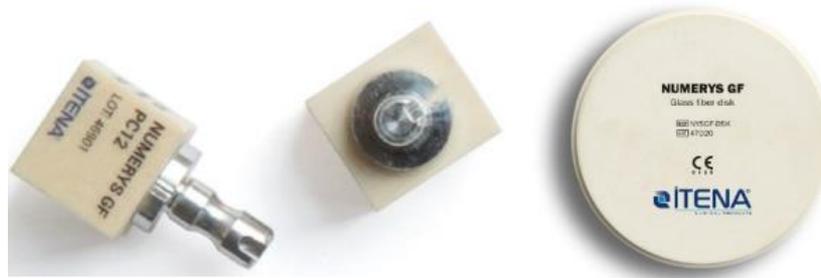


Figure 85 : Blocs et galette de résine Numerys GF ®, Itena , destinés à l'usinage (112)

Cette nouvelle résine a la particularité de posséder des fibres de verre disposées de manière unidirectionnelles (figure 86). Cette disposition est similaire à celle des tenons fibrés préfabriqués utilisés dans les RCR foulées. Lors de l'usinage de la pièce, le grand axe de l'inlay-core devra être orienté selon la direction de ces fibres.

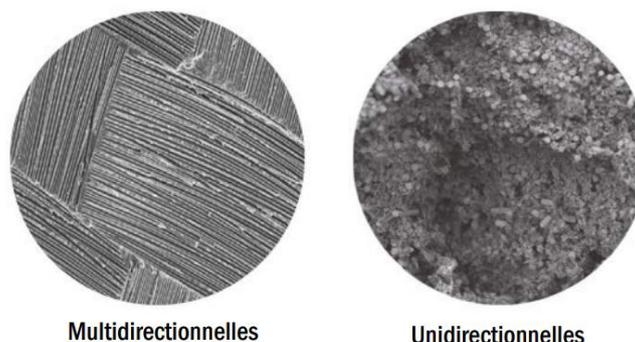


Figure 86 : Observation en microscopie électronique à balayage de la direction de direction de différentes fibres de verre. Numerys GF® possède une disposition unidirectionnelle des fibres.

Cette résine possède un module d'élasticité similaire à celui de la dentine. Lorsque le matériau utilisé a un module d'élasticité proche de celui de la dentine, on note une répartition plus homogène des contraintes, une plus faible concentration du stress dans l'ancrage, ce qui diminue le risque de fracture et de descellement (113). De plus, il a été démontré qu'une restauration corono-radicaire avec tenon fibré intégré produit avec un système de CFAO, réduisait l'apparition de fractures irréparables de la racine (114).

Les fibres de verre de Numerys GF ® sont intrinsèquement radio-opaques, permettant ainsi un contrôle radiographique au moment de l'essayage. L'aspect esthétique du matériau permet de ne pas devoir opacifier la suprastructure.

Le cas clinique suivant a été réalisé au CHU de Nice par Jessica PAOLINO, avec l'aide du Pr Bolla et du Dr Lambert.

La patiente consulte en urgence pour la perte de son composite sur sa 45, déjà traitée endodontiquement. La dent qui s'était cariée sous l'ancienne restauration, est maintenant trop délabrée pour une simple restauration composite directe et doit être couronnée. On profite de cette séance pour la désobturer, réparer le canal avec une instrumentation mécanisée et effectuer la préparation corono périphérique. Après évaluation du nombre et de la hauteur des parois restantes et de la possibilité de poser un champ opératoire étanche, il est décidé de réaliser un inlay-core en résine Numerys GF ® usiné. L'obturation de la dent, ainsi que l'empreinte numérique, la fabrication et le collage de la pièce en résine seront réalisés dans la même séance clinique lors du prochain rendez-vous. Une couronne provisoire à tenon est réalisée et scellée provisoirement en attendant.

Lors de la deuxième séance, la dent provisoire est retirée (figure 87). Le canal est totalement calcifié sur les derniers mm jusqu'à l'apex, et l'ancienne obturation étant très ancienne, sans image apicale, la longueur de travail est fixée à 2 mm de l'apex radiographique. La mise en forme du canal pour le futur ancrage est réalisée à l'aide d'un foret Pivomatic. La longueur de la préparation de ce logement se situe à 4 mm de la longueur de travail. Une radio de contrôle avec un tenon métallique peut être prise.

L'empreinte numérique peut désormais être prise à l'aide de la caméra numérique et du système Trios (figure 88). Elle peut s'effectuer en un temps si l'on dispose d'un bon accès rectiligne et direct au logement canalaire et que la caméra peut l'enregistrer dans son intégralité. Cela peut être le cas par exemple, d'une incisive maxillaire ou de la dent de notre cas clinique, qui possède un canal unique, large et rectiligne (figures 89, 90 et 91).

Dans le cas d'un faible diamètre de la préparation canalaire, il est conseillé d'utiliser un repère calibré (scan post). La préparation coronaire est d'abord enregistrée telle quelle, puis une nouvelle empreinte est prise après l'insertion du scan post, avec les dents proximales. La limite périphérique peut être tracée par le praticien sur l'empreinte numérique (115, 116). Dans notre cas, on voit une limite périphérique nette, aussi bien au niveau de l'extrados que de l'intrados de la préparation (figures 90 et 91).

On termine en prenant l'empreinte de l'arcade antagoniste et les deux arcades sont mises en occlusion (figure 92). Le futur inlay-core peut ainsi être modélisé en 3D sur le logiciel.



Figure 87 : Vue occlusale de la 45 après dépose de la dent provisoire



Figure 88 : Empreinte numérique de la mandibule



Figure 89 : Modélisation numérique du secteur 4 sur la Trios

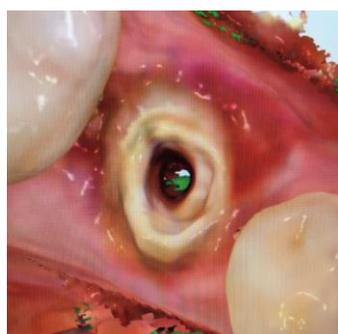


Figure 90 : Vue occlusale de la modélisation numérique du canal de la 45



Figure 91 : Vue apicale de la modélisation numérique du canal de la 45



Figure 92 : Modélisation numérique des secteurs 1 et 4 en occlusion

Le fichier est exporté au format STL vers le logiciel d'usinage. La galette de résine Numerys GF® est placée dans l'usineuse en prenant soin d'orienter l'axe des fibres de verre selon le grand axe du futur inlay-core. La galette est alors taillée avec des fraises diamantées (figure 93). La fabrication dure une quinzaine de minutes.



Figure 93 : Usinage de l'inlay-core dans une galette de résine Numerys GF® (117)

Pendant le temps nécessaire à la fabrication de la pièce, on peut procéder à l'obturation du canal. La digue est posée après avoir légèrement anesthésié la gencive (figure 94). Le canal est rincé avec de l'hypochlorite de sodium (NaOCl à 2,5%), de l'EDTA liquide à 17%, et enfin à nouveau avec de l'hypochlorite de sodium (figure 95). Il est ensuite séché à l'aide de pointes de papier stériles (figure 96).



Figure 94 : Pose de la digue autour de la 45



Figure 95 : Rinçage final

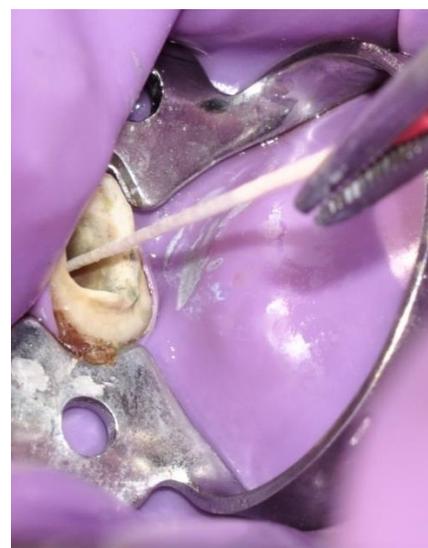


Figure 96 : Séchage du canal avec une pointe de papier stérile

Pour l'obturation, il a été décidé de n'obturer que les 4 millimètres apicaux du canal, qui correspondent à la partie non préparée au foret Pivomatic (longueur de travail – longueur de préparation pour l'ancrage = 4 mm) afin de minimiser le contact du ciment avec les parois dentinaires destinées au collage et de réduire le temps passé à désobturer. Un ciment à l'oxyde de zinc eugénol est préparé (figure 97) et est appliqué sur les parois des derniers millimètres apicaux à l'aide d'une pointe de papier imprégnée sur 4 millimètres (figure 98). En effet, l'utilisation d'un bourre pâte classique type Lentulo aurait pour effet de propager le ciment sur l'intégralité des parois, ce qui risquerait de diminuer le potentiel de collage de la colle composite utilisée pour l'assemblage. On découpe un cône de gutta percha calibré à la bonne LAM sur ses 4 derniers millimètres. Ce dernier est imprégné de ciment et il est inséré dans le fond du canal (figure 99), et poussé à l'aide d'un Finger Spreader (figure 100). Enfin, on réalise une condensation verticale à chaud de la gutta percha avec un Plugger chaud inséré dans le fond du canal jusqu'à LT – 4 mm (figure 101). Cela permet de créer un bouchon de gutta percha qui a été chauffée, condensée et plastifiée et qui occupe désormais la totalité du diamètre du canal.



*Figure 97 :
Imprégnation du
cône de papier sur
4 mm avec le
ciment*



*Figure 98 :
Application du
ciment sur les 4 mm
apicaux du canal*



*Figure 99 : Insertion du
cône de gutta de 4 mm
imprégné de ciment*



*Figure 100 : Le cône
est poussé dans le
fond du canal à
l'aide d'un Finger
Spreader*



*Figure 101 : Insertion
du Plugger chaud
jusqu'à LT – 4 mm*

Le temps d'obturer la dent, l'inlay-core Numerys a été usiné (figure 102). De retour au fauteuil, l'inlay-core est essayé. Sa bonne insertion et son adaptation sont vérifiées : la limite entre la dent et la résine doit être parfaitement jointive (figure 103). Une radiographie de contrôle peut également être prise si besoin.



Figure 102 : Inlay-core en résine Numerys GF © après usinage



Figure 103 : Essayage de l'inlay-core

Un conditionnement tissulaire de l'intérieur du canal est effectué en réalisant un mordantage à l'acide orthophosphorique à 37% pendant 30 secondes (figure 104), qui est ensuite rincé abondamment. La préparation est séchée avec un spray d'air et le canal avec des pointes de papier stériles (figure 105).

Un ciment résine auto-mordant et auto-adhésif à prise duale (auto et photo polymérisation) est utilisé pour le collage de notre inlay-core (TotalCem ®, Itena) (figure 106). Cette colle ne nécessite normalement pas de mordantage préalable, mais l'etching a quand même été réalisé dans ce cas clinique afin d'éliminer le plus de boue dentinaire possible et les potentiels restes de ciment des parois canalaire. Si la colle utilisée n'est pas auto-adhésive, alors il faudra également appliquer une fine couche d'adhésif correspondant à la colle sur les parois à l'aide d'une microbrush. Celui-ci sera délicatement séché pour éliminer les excès, mais sans être polymérisé.



Figure 104 : Mordantage coronaire et canalaire



Figure 105 : Rinçage et séchage



Figure 106 : Colle auto-mordante et auto-adhésive utilisée pour le collage de la pièce

L'inlay-core Numerys est désinfecté dans de l'alcool, puis séché et enduit d'une couche de silane sur la totalité de la restauration pour augmenter les valeurs d'adhérence (figure 107). Il est laissé à l'air libre pendant 1 minute. Un adhésif universel est ensuite appliqué sur toute la surface (figure 108), puis séché délicatement pour éliminer les excès.

A l'aide d'un embout fin spécifique, la colle composite à prise duale est déposée dans le fond du logement canalaire en remontant pour éviter la présence de bulles (figure 109), ainsi que sur la partie radiculaire de l'inlay-core (figure 110).



Figure 107 : Enduction de l'inlay-core de silane



Figure 108 : Enduction de l'inlay-core d'une fine couche d'adhésif



Figure 109 : Insertion de la colle composite dans le canal à l'aide d'un embout fin



Figure 110 : Enduction de la partie radiculaire de l'inlay-core de colle composite

L'inlay-core en résine peut être inséré dans la racine (figure 111). L'excès de colle est plus facilement retiré lorsqu'elle est sous forme de gel avec une sonde (figure 112). L'état de gel est obtenu en photopolymérisant par phases de 2 secondes ou en laissant la colle autopolymériser pendant 1 minute 30 à 2 minutes. Une fois les excès retirés, une photopolymérisation de 20 secondes est réalisée sur chaque face (figure 113). Le composite a également une prise chimique, ce qui garantit une prise complète même au fond du canal (116).



Figure 111 : Insertion de l'inlay-core dans la racine



Figure 112 : Retrait des excès de colle à la sonde



Figure 113 : Photopolymérisation de 20 secondes par faces

La digue peut ensuite être déposée, et les retouches de la partie coronaire de l'ancrage sont réalisées à l'aide d'une fraise diamantée à bague rouge. Les rebords sont polis avec des disques, des cupules et des pointes de polissage (figures 114, 115 et 116). Une radiographie finale est prise (figure 117). Une couronne provisoire est posée en attendant la prochaine séance. L'empreinte pour la coiffe peut également être directement réalisée dans cette séance.



Figure 114 : Vue vestibulaire de l'inlay-core en résine Numerys GF ® après sa pose



Figure 115 : Vue vestibulaire de l'inlay-core en résine Numerys GF ® après sa pose



Figure 116 : Vue occlusale de l'inlay-core en résine Numerys GF ® après sa pose



Figure 117 : Radiographie de contrôle

La future couronne sera collée sur le faux moignon en résine avec un composite de collage auto-adhésif universel.

L'ensemble de ce cas clinique a été réalisé au CHU de Nice dans une longue séance de 1h30 (photographies comprises). Une fiche de protocole récapitulative étape par étape a été rédigée pour faciliter sa réalisation au fauteuil (annexe 4).

CONCLUSION

Les restaurations partielles collées, ainsi que les reconstitutions corono-radicaux de matériaux insérés en phase plastique (RMIPP) ou usinées puis collées permettent de restaurer la dent dépulpée, sans systématiser l'inlay-core / couronne. Cela permet de s'inscrire dans la philosophie du Pr Michel Degrange (précurseur dans les domaines de l'adhésion et de l'ultra préservation tissulaire en France et fondateur de l'Académie de Dentisterie Adhésive) : « *Ne faites pas en quelques secondes plus de dégâts avec votre fraise que la carie n'en a fait en plusieurs années* ».

Lorsqu'il reste assez de parois supra gingivales, il est désormais possible d'envisager une obturation ainsi qu'une restauration coronaire en technique directe ou avec un onlay usiné à l'aide de la CFAO dans la même séance, afin d'assurer un vrai continuum endo restaurateur. Cela permet de garantir une étanchéité canalaire et coronaire et de maintenir un traitement endodontique exempt de toutes bactéries afin d'éviter une réinfection : l'obturation, l'IDS, la pose d'un substitut dentinaire et le collage sont réalisés entièrement sous digue. De plus, cela entraîne un gain de temps pour le praticien et pour le patient, en évitant une inter séance avec une restauration temporaire et des délais laboratoire longs pour la fabrication de la pièce prothétique. Le patient pourrait repartir à la fin d'une longue séance clinique, avec sa dent dépulpée et restaurée « du sol au plafond » !

Lorsque la dent est plus délabrée et qu'elle nécessite un ancrage, des techniques de RCR foulées avec un ancrage fibré ou des micro-tenons peuvent être collés dans le canal, puis la restauration coronaire effectuée à l'aide d'un composite dual dans la même séance que l'obturation, sans dépose de la digue. L'obturation pourra être réalisée avec un ciment classique à l'eugénol (avec une technique de thermocompactage), car le ciment ne serait que très brièvement en contact avec la dentine radicaire. Elle est suivie d'un nettoyage accru des parois dentinaires et d'une préparation avec un foret standardisé pour l'ancrage, ce qui permet de maximiser la force de collage du tenon. L'obturation peut également être réalisée avec un ciment sans eugénol comme l'AH+.

L'utilisation du ciment biocéramique BioRoot RCS ® a de nombreux avantages, mais pas pour une désobturation immédiate lorsque le ciment n'a pas achevé sa prise. Son utilisation reste tout de même large et possible si la préparation de l'ancrage est différée par rapport à l'obturation.

Il est possible d'envisager que ce soit la personne qui réalise l'obturation endodontique de la dent qui se charge également la RCR foulée. Ainsi, un endodontiste exclusif pourrait réaliser l'intégralité des séances cliniques de RCR par ancrages fibrés proposés dans cette thèse, afin d'étanchéifier et d'isoler complètement les canaux de la salive. Cela éviterait la pose d'une obturation temporaire qui pourrait se réinfiltrer et la réintervention dans le canal par le dentiste correspondant. Cela implique une très bonne communication entre les deux correspondants et un partage de la même philosophie de travail sur le collage et l'adhésion.

Enfin, les avancées techniques en termes de CFAO permettent désormais d'envisager, lorsque le nombre de parois restantes est inférieur à 2 après préparation coronaire, la fabrication et le collage d'un inlay-core réalisé en résine Numerys GF ® à partir d'une empreinte optique directement le jour de l'obturation. Cela permet également de gagner du temps, car la pièce est usinée pendant que l'on réalise l'obturation au fauteuil. Elle est ensuite collée dans la séance sans que la digue soit déposée, ce qui permet à nouveau de garantir une isolation totale du système canalaire de la salive et un collage optimal.

En conclusion de ces cas cliniques et d'un point de vue personnel, il a été plus aisé de réaliser la séance d'obturation et de restauration d'une dent dépulpée en une seule séance avec un onlay usiné, lorsqu'il n'y a pas d'ancrage. Ce protocole semble fiable et reproductible. Les difficultés rencontrées lors des RCR foulées et de la reconstitution avec un inlay-core en résine Numerys GF ®, notamment lors de la désobturation quand le ciment n'avait pas terminé sa prise, rendent la réalisation plus complexe.

La restauration de la dent dépulpée « du sol au plafond » en une seule séance implique une connaissance approfondie de ses propriétés ainsi que des biomatériaux utilisés pour pouvoir les associer au cours d'une même séance. Les protocoles présentés dans cette thèse représentent pour certains une innovation en termes de procédures et d'organisation des séances et du plan de traitement. Il serait intéressant de conduire des études cliniques plus approfondies afin d'évaluer leur succès et leur reproductivité à long terme par rapport à des séquences cliniques traditionnelles.

Cette approche d'obturation et de restauration de la dent dépulpée en une seule séance pourrait même s'inscrire dans ce que l'on appelle « One Day Dentistry », déjà développé en implantologie dans les cas d'extraction / implantation immédiate notamment. Il serait innovant de continuer à développer ce concept également en endodontie et en dentisterie restauratrice et adhésive !

ANNEXES : FICHES DE PROTOCOLE CLINIQUE

Annexe 1 : Obturation et restauration postérieure partielle collée par CFAO en une seule séance

<u>LISTE DE MATERIEL</u>		
<u>1. Obturation endodontique</u>		
<ul style="list-style-type: none"> - Pince porte crampon - Pince à trouser la digue - Crampon - Cadre à digue - Feuille de digue - Piezzo - Hypochlorite de sodium - EDTA 	<ul style="list-style-type: none"> - Seringues - Cônes des papier stériles - Réglette - Maîtres cônes en gutta - Cônes de gutta accessoires - Spatule à ciment 	<ul style="list-style-type: none"> - Bloc à spatuler - Ciment Sealite (à l'oxyde de zinc eugéno) - Finger Spreader - Mc Spadden - Lampe à alcool - Plugger
<u>2. Mise en place du substitut dentinaire</u>		
<ul style="list-style-type: none"> - Fouloir de Machtou - Fraises prothèse - Turbine - Acide orthophosphorique - Adhésif 	<ul style="list-style-type: none"> - Microbrush - Lampe à photopolymériser - Spatule de bouche - Fouloir 	<ul style="list-style-type: none"> - Compo flow - CVI ou EverX Posterior ® - Vibreur - Pinces à CVI - Glycérine
<u>3. Préparation de la dent</u>		
<ul style="list-style-type: none"> - Pince porte crampon - Fraises prothèse 	<ul style="list-style-type: none"> - Turbine - Papier articulé 	<ul style="list-style-type: none"> - Pinces de Miller - Teintier céramique
<u>4. Empreinte numérique, modélisation de la pièce</u>		
<ul style="list-style-type: none"> - CEREC 	<ul style="list-style-type: none"> - Caméra optique 	<ul style="list-style-type: none"> - (Poudre CEREC Optispray)
<u>5. Usinage de la pièce, glaçage</u>		
<ul style="list-style-type: none"> - Usineuse CEREC - Bloc de Enamic (à la bonne teinte) 	<ul style="list-style-type: none"> - Glaçage - Pinceaux 	<ul style="list-style-type: none"> - Four de cuisson de la céramique
<u>6. Collage de la pièce</u>		
<ul style="list-style-type: none"> - Pince porte crampon - Pince à trouser la digue - Crampon molaire - Cadre à digue - Feuille de digue - Mordançage - Adhésif - Microbrush 	<ul style="list-style-type: none"> - Lampe à photopolymériser - Acide fluorhydrique - Silane - Composite de collage Multilink ® - Fil dentaire 	<ul style="list-style-type: none"> - Glycérine - Papier d'occlusion - Pinces de Miller - Turbine - Fraises prothèse - Pointes de silicone - Strips inter dentaires

1) Obturation endodontique

- Mise en place de la digue
- Dépose du Cavit
- Rinçage final : Hypo – EDTA – Hypo
- Séchage des canaux avec pointes de papiers stériles
- Insertion des cônes de gutta enduits de ciment dans les canaux, passage des Finger Spreader jusqu'à LT - 2 mm, insertion des cônes accessoires
- Passage du Mc Spadden jusqu'à LT – 5 mm : thermocompactage

2) Mise en place du substitut dentinaire

- Elimination de la gutta présente dans la chambre, accès jusqu'aux entrées canalaires
- IDS (système M&R2) :
 - Mordançage de la dentine camérale fraîchement coupée
 - Rinçage
 - Séchage
 - Application de l'adhésif
 - Photopolymérisation 20 secondes
- Application d'une fine couche de compo flow au niveau des entrées canalaire, photopolymérisation
- Mise en place du substitut dentinaire dans la chambre (CVI ou EverX Posterior ®)
- Photopolymérisation
- Dernière photopolymérisation sous une fiche couche de glycérine

3) Préparation de la dent

- Dépose de la digue
- Elimination de le restauration pré endodontique
- Préparation de la chambre, mise en dépouille
- Préparation amélaire (marche proximale et cuspides si besoin d'un recouvrement cuspidien)
- Vérification que les limites de la préparation ne sont pas sur les points d'occlusion
- Polissage de la préparation
- Choix de la teinte

4) Empreinte numérique, modélisation de la pièce

- Enregistrement du patient, sélection du type de restauration et du matériau
- Scan de la préparation et des dents de l'arcade concernée (application de poudre CEREC Optispray si besoin)
- Scan de l'arcade antagoniste
- Scan des arcades en occlusion
- Vérification du tracé des limites (correction manuelle si besoin)
- Modélisation de la pièce par le logiciel
- Vérification, correction manuelle si besoin (forme, points de contact)
- Validation du projet

5) Usinage de la pièce, glaçage

- Installation du bloc de céramique de la teinte correspondante dans l'usineuse (bloc céramique Enamic)
- Lancement de l'usinage (environ 15 minutes)
- Glaçage de la pièce
- Passage au four pour la cuisson (environ 20 minutes)

6) Collage de la pièce

- Essayage de la pièce en céramique, vérifier la bonne insertion
- Pose de la digue, isolation
- Conditionnement tissulaire (système M&R2) :
 - Mordançage
 - Rinçage
 - Séchage
 - Mélange adhésif + primer de la boîte de composite de collage Multilink ®
 - Photopolymérisation : 20 secondes
- Conditionnement de l'intrados de l'onlay :
 - Acide fluorhydrique 5% : 20 secondes
 - Rinçage : 20 secondes
 - Séchage
 - Application de silane en couche fine
 - Séchage : 1 min
 - Attendre 3 min avant le collage
- Application du composite de collage (Multilink ®) sur l'intrados de la pièce
- Impaction de la pièce à l'aide d'un stick de préhension, vérification de l'insertion complète de la pièce
- Photopolymérisation initiale : 5 secondes
- Elimination des excès de colle, passage du fil dentaire pour éliminer les excès en proximal
- Photopolymérisation complète : 20 secondes par faces
- Photopolymérisation finale sous une fiche couche de glycérine
- Finitions, polissage
- Passage des strips interdentaire
- Vérification de l'occlusion

Annexe 2 : Obturation et RCR foulée en une seule séance

<u>LISTE DE MATERIEL</u>		
<u>1. Obturation endodontique</u>		
- Pince porte crampon - Pince à trouser la digue - Crampon - Cadre à digue - Feuille de digue - Piezzo - Hypochlorite de sodium	- EDTA - Seringues - Pointes des papier stériles - Réglette - Maîtres cônes en gutta - Cônes de gutta accessoires - Spatule à ciment	- Bloc à spatuler - Ciment d'obturation endodontique - Lentulo - Finger Spreader - Mc Spadden - Lampe à alcool - Spatule de bouche
<u>2. Préparation du logement canalaire</u>		
- Fouloir de Machtou - Foret de Largo - Foret de Gates - Foret calibré type Pivomatic	- Contre angle - Tenon métallique - Capteur radio - Piezzo	- Brossette interdentaire - Microsablage à l'alumine - Solvant à base d'alcool
<u>3. Collage radiculaire</u>		
- Tenon en résine - Disque diamanté - Pièce à main - Acide ortho-phosphorique	- Pointes de papier stériles - Ciment résine auto-mordant et auto-adhésif (TotalCem®, Itena)	- Embout fin d'injection - Lampe à photopolymériser
<u>4. Collage coronaire</u>		
- Matrice transparente de sertissage - Paire de ciseaux	- Composite de reconstitution coronaire (Core Build Up®, Cyber Tech)	- Embout fin d'injection - Lampe à photopolymériser
<u>5. Finitions</u>		
- Pince porte crampon	- Turbine	- Fraises à polir

1) Obturation endodontique

- Mise en place de la digue
- Dépose du Cavit
- Rinçage final: Hypo – EDTA – Hypo
- Séchage des canaux avec pointes de papiers stériles
- Obturation :
 - Latérale à froid si utilisation d'un ciment sans eugéol à base de résine (comme l'AH+®) ;
 - Thermocompactage si utilisation d'un ciment à base d'eugéol (comme le Sealite Regular®) ;
 - (*Monocône si utilisation d'un ciment biocéramique (comme le BioRoot RCS®).*)

2) Préparation du logement canalaire

- Elimination de la gutta percha camérale
- Désobturation canalaire à l'aide d'un fouloir de Machtou / foret de Largo / foret de Gates : descente progressive jusqu'à LT – 5 mm
- Alésage du canal avec un foret standardisé type Pivomatic
- Contrôle radio avec un tenon métallique si besoin
- Nettoyage du logement canalaire : insert ultrasonique / brosse interdentaire sur contre-angle / microsablage à l'alumine / irrigation avec un solvant à base d'alcool

3) Collage radiculaire

- Essayage du tenon fibré en résine
- Réglage de la hauteur coronaire du tenon : meulage avec un disque diamanté sur contre-angle
- Mordançage coronaire et canalaire : 30 secondes
- Rinçage
- Séchage : spray d'air et pointes de papiers stériles pour le canal
- *(Pose d'une fine couche d'adhésif correspondant à la colle choisie si elle n'est pas auto-adhésive. Ne pas polymériser.)*
- Remplissage du canal avec le ciment résine auto-mordançant et auto-adhésif (comme le TotalCem ®, Itena)
- Injection de la colle autour du tenon
- Insertion du tenon dans le logement canalaire
- Photopolymérisation : 40 secondes

4) Collage coronaire

- Ajustement du diamètre et de la hauteur de la matrice de sertissage transparente : découpe avec une paire de ciseaux
- Positionnement de la matrice autour de la préparation
- Remplissage avec un composite de reconstitution coronaire à prise duale (comme le Core Build Up ®, Cyber Tech)
- Photopolymérisation : 20 secondes par faces
- Dépose de la matrice

5) Finitions

- Dépose de la digue
- Polissage avec des fraises à polir
- Ajustement de la hauteur coronaire si besoin
- Vérification à la sonde de l'intégrité du joint

Annexe 3 : Obturation et RCR foulée avec micro-tenons fasciculés en une seule séance

<u>LISTE DE MATERIEL</u>		
<u>1. Obturation endodontique</u>		
- Pince porte crampon - Pince à trouser la digue - Crampon - Cadre à digue - Feuille de digue - Piezzo - Hypochlorite de sodium	- EDTA - Seringues - Pointes des papier stériles - Réglette - Maîtres cônes en gutta - Cônes de gutta accessoires - Spatule à ciment	- Bloc à spatuler - Ciment d'obturation endodontique - Lentulo - Finger Spreader - Mc Spadden - Lampe à alcool - Spatule de bouche
<u>2. Préparation du logement canalaire</u>		
- Fouloir de Machtou - Foret de Largo - Foret de Gates	- Foret calibré type Pivomatic - Contre angle - Piezzo	- Brossette interdentaire - Microsablage à l'alumine - Solvant à base d'alcool
<u>3. Collage radicaire</u>		
- Fagot de micro-tenons - Paire de ciseaux - Alcool - Acide ortho-phosphorique	- Pointes de papier stériles - Colle composite - Imprégnateur de micro-tenons (système Biolight PLUS ®)	- Embout fin d'injection - Sonde - Lampe à photopolymériser
<u>4. Collage coronaire</u>		
- Matrice transparente de sertissage - Paire de ciseaux	- Composite de reconstitution coronaire (Core Build Up ®, Cyber Tech)	- Embout fin d'injection - Lampe à photopolymériser
<u>5. Finitions</u>		
- Pince porte crampon	- Turbine	- Fraises à polir

1) Obturation endodontique

- Mise en place de la digue
- Dépose du Cavit
- Rinçage final: Hypo – EDTA – Hypo
- Séchage des canaux avec pointes de papiers stériles
- Obturation :
 - Latérale à froid si utilisation d'un ciment sans eugérol à base de résine (comme l'AH+ ®) ;
 - Thermocompactage si utilisation d'un ciment à base d'eugérol (comme le Sealite Regular ®).

2) Préparation du logement canalaire

- Elimination de la gutta percha camérale
- Désobturation canalaire à l'aide d'un fouloir de Machtou / foret de Largo / foret de Gates : descente progressive jusqu'à LT – 5 mm
- Si l'obturation a été réalisée avec un ciment à base d'eugénol : alésage du canal avec un foret standardisé de faible diamètre type Pivomatic conseillé
- Nettoyage du logement canalaire : insert ultrasonique / brossette interdentaire sur contre-angle / microsablage à l'alumine / irrigation avec un solvant à base d'alcool

3) Collage radiculaire

- Choix du fagot de micro-tenons avec le nombre de brins correspondant au diamètre du canal
- Désinfection des micro-tenons dans de l'alcool, séchage
- Mordançage coronaire et canalaire : 30 secondes
- Rinçage
- Séchage : spray d'air et pointes de papiers stériles pour le canal
- Enduction des parois canalaires et coronaires d'une fine couche d'adhésif (correspondant à la colle composite choisie). Sécher pour éliminer les excès mais sans polymériser.
- Enduction des micro-tenons de colle grâce au système d'imprégnateur Biolight PLUS
- Remplissage du canal avec le composite de collage
- Insertion du fagot de micro-tenons dans le canal
- Section du manchon de préhension à l'aide d'une paire de ciseaux
- Dispersion des micro-tenons en bouquet dans le canal à l'aide d'une sonde, maintient par pression digitale
- Photopolymérisation pour figer les fibres : 20 secondes

4) Collage coronaire

- Ajustement du diamètre et de la hauteur de la matrice de sertissage transparente : découpe avec une paire de ciseaux
- Positionnement de la matrice autour de la préparation
- Remplissage avec un composite de reconstitution coronaire à prise duale (comme le Core Build Up ®, Cyber Tech)
- Photopolymérisation : 20 secondes par faces
- Dépose de la matrice

5) Finitions

- Dépose de la digue
- Polissage avec des fraises à polir
- Ajustement de la hauteur coronaire si besoin
- Vérification à la sonde de l'intégrité du joint

Annexe 4 : Obturation et inlay-core en résine Numerys GF ® usiné en une seule séance

<u>LISTE DE MATERIEL</u>		
<u>1. Préparation du canal et du logement canalaire</u>		
- Dépose couronne - Piezzo	- Foret standardisé type Pivomatic	- Tenon métallique - Capteur radio
<u>2. Empreinte numérique et usinage de la pièce</u>		
- Caméra optique - Système de CAO (CEREC, Trios ... etc)	- Système de FAO (usineuse)	- Galette ou bloc de résine Numerys GF ®
<u>3. Obturation endodontique</u>		
- Pince porte crampon - Pince à trouser la digue - Crampon - Cadre à digue - Feuille de digue - Hypochlorite de sodium - EDTA	- Seringues - Pointes des papier stériles - Réglette - Maîtres cônes en gutta - Bistouri - Spatule à ciment	- Bloc à spatuler - Ciment d'obturation endodontique - Finger Spreader - Lampe à alcool - Plugger
<u>4. Collage de l'inlay-core</u>		
- Acide orthophosphorique - Pointes de papier stériles - Alcool - Silane - Adhésif universel	- Microbrush - Ciment résine auto-mordant et auto-adhésif (TotalCem ®, Itena)	- Embout fin d'injection - Lampe à photopolymériser - Sonde
<u>5. Finitions</u>		
- Pince porte crampon - Turbine	- Fraises à polir	- Cupules et pointes de polissage en silicone

1) Préparation du canal et du logement canalaire

- Dépose de la couronne provisoire à tenon
- Nettoyage du ciment provisoire avec un instrument à ultrasons
- Alésage du canal avec un foret standardisé type Pivomatic (longueur de préparation jusqu'à LT – 4 mm)
- Radio de contrôle avec tenon métallique en place si besoin

2) Empreinte numérique et usinage de la pièce

- Enregistrement du patient, sélection du type de restauration et du matériau
- Scan de la préparation et des dents de l'arcade concernée
- Scan du logement canalaire à l'aide d'un repère calibré (scan post) si besoin
- Scan de l'arcade antagoniste
- Scan des arcades en occlusion
- Vérification du tracé des limites périphériques, de l'extrados et de l'intrados de l'empreinte numérique pour un enregistrement de la totalité du logement
- Modélisation de la pièce par le logiciel
- Vérification, correction manuelle si besoin (forme, hauteur)
- Validation du projet
- Export du fichier au format STL vers le logiciel d'usinage
- Insertion de la galette de résine Numerys GF ® dans l'usineuse
- Vérification de la bonne orientation des fibres selon le grand axe du futur inlay-core
- Lancement de l'usinage de la pièce

3) Obturation endodontique

- Mise en place de la digue
- Rinçage final: Hypo – EDTA – Hypo
- Séchage des canaux avec pointes de papiers stériles
- Obturation des 4 mm apicaux :
 - Découpe des 4 mm de l'extrémité d'un cône de gutta percha calibré à la bonne LAM
 - Préparation d'un ciment à l'oxyde de zinc eugénol
 - Enduction d'une pointe de papier de ciment sur ses 4 derniers mm et application sur les parois canalaire au niveau apical
 - Enduction du cône de gutta percha de ciment endodontique
 - Dépose du cône dans le fond du canal
 - Passage d'un Finger Spreader
 - Condensation verticale à chaud avec un Plugger afin de former un bouchon de gutta percha

4) Collage de l'inlay-core

- Essayage de l'inlay-core, vérification de sa bonne insertion
- Radiographie de contrôle si besoin
- Conditionnement tissulaire (système M&R2) :
 - Mordançage coronaire et canalaire : 30 secondes
 - Rinçage
 - Séchage : spray d'air et pointes de papiers stériles pour le canal
 - *(Pose d'une fine couche d'adhésif correspondant à la colle choisie si elle n'est pas auto-adhésive. Ne pas polymériser.)*

- Conditionnement de l'inlay-core :
 - Désinfection de la pièce dans de l'alcool
 - Séchage
 - Application de silane en couche fine
 - Séchage : 1 min
 - Enduction de la pièce d'un adhésif universel
 - Séchage pour éliminer les excès. Ne pas polymériser.
- Remplissage du canal avec le ciment résine auto-mordant et auto-adhésif (comme le TotalCem ®, Itena)
- Injection de la colle autour de la partie radiculaire de l'inlay-core
- Insertion de l'inlay-core dans le logement canalaire
- Attendre 1 à 2 min avant de retirer les excès de colles sous forme de gel à l'aide d'une sonde
- Photopolymérisation : 20 secondes par face

5) **Finitions**

- Dépose de la digue
- Polissage de la partie coronaire avec des fraises à polir, cupules et pointes de silicone
- Vérification à la sonde de l'intégrité du joint
- Radiographie finale

RÉFÉRENCES

1. Decup F, Marczak E, Soenen A, Guerrieri A. L'état « dent dépulpée », données essentielles. *Réal Clin*. 2011;22(1):5-13.
2. Bolla M, Decup F, Antonioli P, Lasfargues J. Spécificités de la dent dépulpée : Propriétés biomécaniques, caractéristiques physiologiques et histologiques. In: *Restaurer la dent dépulpée, tout simplement*. Espace ID. 2014. p. 11-20. (L'information dentaire).
3. Bertacci A, Chersoni S, Davidson CL, Prati C. In vivo enamel fluid movement. *Eur J Oral Sci*. 2007;115(3):169-73.
4. Papa J, Cain C, Messer HH. Moisture content of vital vs endodontically treated teeth. *Dent Traumatol*. 1994;10(2):91-3.
5. Sedgley CM, Messer HH. Are endodontically treated teeth more brittle? *J Endod*. 1992;18(7):332-5.
6. Ferrari M, Mason PN, Goracci C, Pashley DH, Tay FR. Collagen Degradation in Endodontically Treated Teeth after Clinical Function. *J Dent Res*. 2004;83(5):414-9.
7. Glockner K, Hulla H, Ebeleseder K, Städtler P. Five-year follow-up of internal bleaching. *Braz Dent J*. 1999;10(2):105-10.
8. Brännström M. Dentin sensitivity and aspiration of odontoblasts. *J Am Dent Assoc*. 1963;66(3):366-70.
9. Torabinejad M, Ung B, Kettering JD. In vitro bacterial penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. *J Endod*. 1990;16(12):566-9.
10. Siqueira JF, De Uzeda M, Fonseca MEF. A scanning electron microscopic evaluation of in vitro dentinal tubules penetration by selected anaerobic bacteria. *J Endod*. 1996;22(6):308-10.
11. Dietschi D, Duc O, Krejci I, 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 Int*. 2007;38(9):733-43.
12. Reeh ES, Messer HH, Douglas WH. Reduction in tooth stiffness as a result of endodontic and restorative procedures. *J Endod*. 1989;15(11):512-6.
13. Caplan DJ, Kolker J, Rivera EM, Walton RE. Relationship between number of proximal contacts and survival of root canal treated teeth. *Int Endod J*. 2002;35(2):193-9.
14. Castelo-Baz P, Martin-Biedma B, Lopes MM, Pires-Lopes L, Silveira J, López-Rosales E, et al. Ultramicroscopic study of the interface and sealing ability of four root canal obturation methods: Resilon versus gutta-percha: Resilon versus Gutta-percha. *Aust Endod J*. 2013;39(3):159-63.
15. Tabassum S, Khan FR. Failure of endodontic treatment: The usual suspects. *Eur J Dent*. 2016;10(01):144-7.
16. Wu MK, Wesselink PR. Endodontic leakage studies reconsidered. Part I. Methodology, application and relevance. *Int Endod J*. 1993;26(1):37-43.
17. Ari H, Belli S, Gunes B. Sealing ability of Hybrid Root SEAL (MetaSEAL) in conjunction with different obturation techniques. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology*. 2010;109(6):e113-6.
18. Anantula K, Ganta A. Evaluation and comparison of sealing ability of three different obturation techniques - Lateral condensation, Obtura II, and GuttaFlow: An in vitro study. *J Conserv Dent*. 2011;14(1):57.
19. Ashley M, Harris I. The Assessment of the Endodontically Treated Tooth. *Dent Update*. 2001;28(5):247-52.
20. Chugal NM, Clive JM, Spångberg LSW. Endodontic infection: some biologic and treatment factors associated with outcome. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology*. 2003;96(1):81-90.
21. Peak JD, Hayes SJ, Bryant ST, Dummer PMH. The outcome of root canal treatment. A retrospective study within the armed forces (Royal Air Force). *Br Dent J*. 2001;190(3):140-4.
22. Ng YL, 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. *Int Endod J*. 2007;

23. Pitout E, Oberholzer TG, Blignaut E, Molepo J. Coronal Leakage of Teeth Root-Filled With Gutta-Percha or Resilon Root Canal Filling Material. *J Endod.* 2006;32(9):879-81.
24. Vishwanath V, Rao Hm. Gutta-percha in endodontics - A comprehensive review of material science. *J Conserv Dent.* 2019;22(3):216.
25. Schilder H. Filling root canals in three dimensions. *Dent Clin North Am.* 1967;7:23-44.
26. Pommel L, Pertot W. Obturation de l'endodonte. In: *Endodontie. 2e édition.* Editions CdP; 2020. p. 329-69. (Collection JPIO; vol. 1).
27. Camps J, Pommel L. Biocompatibilité des matériaux endodontiques. *Réal Clin.* 2005;2(16):139-52.
28. Pommel L, About I, Pashley D, Camps J. Apical Leakage of Four Endodontic Sealers. *J Endod.* 2003;29(3):208-10.
29. Heling I, Chandler NP. The antimicrobial effect within dentinal tubules of four root canal sealers. *J Endod.* 1996;22(5):257-9.
30. Chailertvanitkul P, Saunders WP, Mackenzie D. An assessment of microbial coronal leakage in teeth root filled with gutta-percha and three different sealers. *Int Endod J.* 1996;29(6):387-92.
31. Kontakiotis EG, Wu MK, Wesselink PR. Effect of sealer thickness on long-term sealing ability: a 2-year follow-up study. *Int Endod J.* 1997;30(5):307-12.
32. Tronstad L. Endodontic Materials. In: *Clinical Endodontics : A textbook.* 3rd editon. Thieme; 2008. p. 167-77.
33. Augsburger RA, Peters DD. Radiographic evaluation of extruded obturation materials. *J Endod.* 1990;16(10):492-7.
34. Zhou H min, Shen Y, Zheng W, Li L, Zheng Y feng, Haapasalo M. Physical Properties of 5 Root Canal Sealers. *J Endod.* 2013;39(10):1281-6.
35. Simon S. L'obturation canalairre avec une nouvelle famille de biomatériaux ... En tout simplicité (Partie 1). *BioMatériaux Clin.* 2020;5(2):54-9.
36. Leonardo MR, da Silva LA, Almeida WA, Utrilla LS. Tissue response to an epoxy resin-based root canal sealer. *Endod Dent Traumatol.* 1999;15(1):28-32.
37. Tanomaru-Filho M, Cristine Prado M, Torres F, Viapiana R, Pivoto-João M, Guerreiro-Tanomaru J. Physicochemical Properties and Bioactive Potential of a New Epoxy Resin-based Root Canal Sealer. *Braz Dent J.* 2019;30(6):563-8.
38. Flores DSH, Rached-Júnior FJA, Versiani MA, Guedes DFC, Sousa-Neto MD, Pécora JD. Evaluation of physicochemical properties of four root canal sealers: Physicochemical properties of root canal sealers. *Int Endod J.* 2011;44(2):126-35.
39. Hovland E, Dumsha T. Leakage evaluation in vitro of the root canal sealer cement Sealapex. *Int Endod J.* 1985;18(3):179-82.
40. Hoshino R, Silva G, Delfino M, Guerreiro-Tanomaru J, Tanomaru-Filho M, Sasso-Cerri E, et al. Physical Properties, Antimicrobial Activity and In Vivo Tissue Response to Apexit Plus. *Materials.* 2020;13(5):1171.
41. Lucenamartin C, Ferrerluque C, Gonzalezrodriguez M, Roblesgijon V, Navajasrodriguezdemondelo J. A Comparative Study of Apical Leakage of Endomethasone, Top Seal, and Roeko Seal Sealer Cements. *J Endod.* 2002;28(6):423-6.
42. Özok AR, Van der Sluis L, Wu MK, Wesselink P. Sealing Ability of a New Polydimethylsiloxane-based Root Canal Filling Material. *J Endod.* 2008;34(2):204-7.
43. Carvalho-Júnior J, Guimarães LF, Correr-Sobrinho L, Pécora J, Sousa-Neto M. Evaluation of solubility, disintegration, and dimensional alterations of a glass ionomer root canal sealer. *Braz Dent J.* 2003;14(2):114-8.
44. Shalhav M, Fuss Z, Weiss E. In vitro antibacterial activity of a glass ionomer endodontic sealer. *J Endod.* 1997;23(10):616-9.
45. Gee AJ, Wu MK, Wesselink PR. Sealing properties of Ketac-Endo glass ionomer cement and AH26 root canal sealers. *Int Endod J.* 1994;27(5):239-44.
46. Nielsen B, Beeler W, Vy C, Baumgartner J. Setting Times of Resilon and Other Sealers in Aerobic and Anaerobic Environments. *J Endod.* 2006;32(2):130-2.

47. Simon S. L'obturation canalaire avec une nouvelle famille de biomatériaux ... En tout simplicité (Partie 2). *BioMatériaux Clin.* 2021;6(1):51-7.
48. Torabinejad M, Hong C, McDonald F, Pittford T. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *J Endod.* 1995;21(7):349-53.
49. Kaur M. MTA versus Biodentine: Review of Literature with a Comparative Analysis. *J Clin Diagn Res.* 2017;
50. Rajasekharan S, Martens LC, Cauwels RGE, Verbeeck RMH. Biodentine™ material characteristics and clinical applications: a review of the literature. *Eur Arch Paediatr Dent.* 2014;15(3):147-58.
51. Siboni F, Taddei P, Zamparini F, Prati C, Gandolfi MG. Properties of BioRoot RCS, a tricalcium silicate endodontic sealer modified with povidone and polycarboxylate. *Int Endod J.* 2017;50:e120-36.
52. Khalil I, Naaman A, Camilleri J. Properties of Tricalcium Silicate Sealers. *J Endod.* 2016;42(10):1529-35.
53. Camilleri J. Sealers and Warm Gutta-percha Obturation Techniques. *J Endod.* 2015;41(1):72-8.
54. Heran J, Khalid S, Albaaj F, Tomson P, Camilleri J. The single cone obturation technique with a modified warm filler. *J Dent.* 2019;89:103-81.
55. Baghdadi I, Zaazou A, Tarboush B, Zakhour M, Özcan M, Salameh Z. Physicochemical properties of a bioceramic-based root canal sealer reinforced with multi-walled carbon nanotubes, titanium carbide and boron nitride biomaterials. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2020;110:103-14.
56. Eldeniz AU, Shehata M, Högg C, Reichl FX. DNA double-strand breaks caused by new and contemporary endodontic sealers. *Int Endod J.* 2016;49(12):1141-51.
57. Camps J, Jeanneau C, El Ayachi I, Laurent P, About I. Bioactivity of a Calcium Silicate-based Endodontic Cement (BioRoot RCS): Interactions with Human Periodontal Ligament Cells In Vitro. *J Endod.* 2015;41(9):1469-73.
58. Marchi V, Scheire J, Simon S. Retreatment of Root Canals Filled with BioRoot RCS: An In Vitro Experimental Study. *J Endod.* 2020;46(6):858-62.
59. Septodont. BioRoot™ RCS mixing & placement instructions [Internet]. Disponible sur: <https://blog.septodontcorp.com/blog/bioroot-mixing-instructions>
60. Crozet A, Gaudin A. Les évolutions pratiques liées aux ciments biocéramiques en endodontie. *Inf Dent.* 2021;103(38):20-7.
61. Carratu P, Amato M, Riccitiello F, Rengo S. Evaluation of Leakage of Bacteria and Endotoxins in Teeth Treated Endodontically by Two Different Techniques. *J Endod.* 2002;28(4):272-5.
62. Ray HA, Trope M. Periapical status of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and the coronal restoration. *Int Endod J.* 1995;28(1):12-8.
63. Bolla M. Possibilités thérapeutiques et critères décisionnels. In: *Restaurer la dent dépulpée, tout simplement.* Espace ID. 2014. p. 21-30.
64. Cronström R, Öwall B, René N. Treatment injuries in dentistry – cases from one year in the Swedish Patient Insurance Scheme. *Int Dent J.* 1998;48(3):187-95.
65. Kasraei S, Izadi A, Azarsina M. Effect of eugenol-containing sealer and post diameter on the retention of fiber reinforced composite posts. *J Conserv Dent.* 2013;16(1):61.
66. Mannocci F, Bertelli E, Sherriff M, Watson T, Ford T. Three-year clinical comparison of survival of endodontically treated teeth restored with either full cast coverage or with direct composite restoration. *J Prosthet Dent.* 2002;88(3):297-301.
67. Rocca G, Krejci I. Restaurations adhésives pour dent dépulpée. L'alternative au tout couronne. *Réal Clin.* 2011;22(1):25-32.
68. d'Incau E, Bartarla M, Dos-Santos A. Traitement de la dent dépulpée postérieure : la stratégie de préservation. *Réal Clin.* 2011;22(1):43-56.
69. Lasfargues J, Kaleka R, Louis J. New concepts of minimally invasive preparations : a SI/STA concept. In: *Adhesion : the silent revolution.* Chicago: Quintessence Publishing; 2000.
70. Bryant R. Direct posterior composite resin restorations: A review. 1. Factors influencing case selection. *Aust Dent J.* 1992;37(2):81-7.

71. Feilzer A, De Gee A, Davidson C. Curing contraction of composites and glass-ionomer cements. *J Prosthet Dent.* 1988;59(3):297-300.
72. Gomes de Araújo-Neto V, Sebold M, Fernandes de Castro E, Feitosa VP, Giannini M. Evaluation of physico-mechanical properties and filler particles characterization of conventional, bulk-fill, and bioactive resin-based composites. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2021;115.
73. Bodin T. Reconstitution d'une dent par matériau incrusté (inlay - onlay) - Rapport d'évaluation technologique. Haute Autorité de Sante (HAS); 2009.
74. Lasfargues J, Machtou P. Dictionnaire francophone des termes d'odontologie conservatrice: endodontie & odontologie restauratrice lexique anglais-français et annexes inclus. 2e éd. 2010. Paris: Éd. Espace ID; 2010.
75. Selam DL. Les inlay / onlay. [Internet]. Dentiste à Cagnes sur mer: Dr Lionel SELAM. Disponible sur: https://www.dr-selam-chirurgien-dentiste.fr/Les-inlay-onlay_a4.html
76. Toledano C. L'overlay : le successeur de la couronne périphérique. *Inf Dent.* 2016;(35):22-9.
77. Marniquet S, Chesneau J, Cazier S. Dent dépulpeée en secteur postérieur et adhésion : que choisir en 2019 ? *Clinic (Paris).* 2019;40:719-36.
78. Sarfati S. Restauration adhésive des dents postérieures dépulpeées : intérêt de la vitrocéramique renforcée au disilicate de lithium et réflexions sur la restauration de la chambre pulpaire. *Réal Clin.* 2020;31(3):208-17.
79. Kim E, Jung K, Son S, Hur B, Kwon Y, Park J. Effect of resin thickness on the microhardness and optical properties of bulk-fill resin composites. *Restor Dent Endod.* 2015;40(2):128.
80. Ikemura K, Endo T. A review of the development of radical photopolymerization initiators used for designing light-curing dental adhesives and resin composites. *Dent Mater J.* 2010;29(5):481-501.
81. Fresse C. Les composites renforcés de fibres de verre. *BioMatériaux Clin.* 2016;1(2):68-75.
82. Bijelic-Donova J, Garoushi S, Lassila LVJ, Keulemans F, Vallittu PK. Mechanical and structural characterization of discontinuous fiber-reinforced dental resin composite. *J Dent.* 2016;52:70-8.
83. Garlapati T, Krithikadatta J, Natanasabapathy V. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with short fiber composite used as a core material—An in vitro study. *J Prosthodont Res.* 2017;61(4):464-70.
84. Monaco C, Borlotto T, Arena A, Krejci I. Restoring Nonvital Premolars with Composite Resin Onlays: Effect of Different Fiber-reinforced Composite Layers on Marginal Adaptation and Fracture Load. *J Adhes Dent.* 2015;17(6):567-74.
85. Garoushi S, Gargoum A, Vallittu PK, Lassila L. Short fiber-reinforced composite restorations: A review of the current literature. *J Investig Clin Dent.* 2018;9(3):123-30.
86. Cazier S, Chieze J, Hrycenko M. Place de la CFAO directe en omnipratique : Inlay / Onlay. *Réal Clin.* 2009;20(4):219-29.
87. Magne P. Immediate dentin sealing: a fundamental procedure for indirect bonded restorations. *J Esthet Restor Dent Off Publ Am Acad Esthet Dent AI.* 2005;17(3):144-54.
88. Gavranović-Glamoč A, Ajanović M, Kazazić L, Strujić-Porović S, Zukić S, Jakupović S, et al. Evaluation of Solubility of Luting Cements in Different Solutions. *Acta Medica Acad.* 2020;49(1):57.
89. Cheron R, Atlan A. Assemblage des restaurations indirectes. In: *Inlay, Onlay, Overlay.* 2ème édition. Espace ID; 2020. p. 75-83.
90. ANAES. Indications et contre indications des reconstitutions corono-radiculaires préprothétiques coulées et insérées en phase plastique. 2003.
91. Altmann ASP, Leitune VCB, Collares FM. Influence of Eugenol-based Sealers on Push-out Bond Strength of Fiber Post Luted with Resin Cement: Systematic Review and Meta-analysis. *J Endod.* 2015;41(9):1418-23.
92. Taira J, Ikemoto T, Yoneya T, Hagi A, Murakami A, Makino K. Essential Oil Phenyl Propanoids. Useful as OH Scavengers? *Free Radic Res Commun.* 1992;16(3):197-204.
93. Fujisawa S, Kadoma Y. Effect of phenolic compounds on the polymerization of methyl methacrylate. *Dent Mater.* 1992;8(5):324-6.

94. Hagge MS, Wong RDM, Lindemuth JS. Effect of three root canal sealers on the retentive strength of endodontic posts luted with a resin cement. *Int Endod J.* avr 2002;35(4):372-8.
95. Hume WR. In vitro studies on the local pharmacodynamics, pharmacology and toxicology of eugenol and zinc oxide-eugenol. *Int Endod J.* 1988;21(2):130-4.
96. Aleisa K, AL-Dwairi ZN, Alsubait SA, Morgano SM. Pull-out retentive strength of fiber posts cemented at different times in canals obturated with a eugenol-based sealer. *J Prosthet Dent.* 2016;116(1):85-90.
97. Vilas-Boas DA, Grazziotin-Soares R, Ardenghi DM, Bauer J, de Souza PO, de Miranda Candeiro GT, et al. Effect of different endodontic sealers and time of cementation on push-out bond strength of fiber posts. *Clin Oral Investig.* 2018;22(3):1403-9.
98. Deus GA, Gurgel-Filho ED, Maniglia-Ferreira C, Coulinho-Filho T. The Influence Of Filling Technique On Depth Of Tubule Penetration By Root Canal Sealer: A Study Using Light Microscopy And Digital Image Processing. *Aust Endod J.* 2004;30(1):23-8.
99. Hume WR. An Analysis of the Release and the Diffusion Through Dentin of Eugenol from Zinc Oxide-Eugenol Mixtures. *J Dent Res.* 1984;63(6):881-4.
100. Rosa RA da, Barreto MS, Moraes R do A, Broch J, Bier CAS, So MVR, et al. Influence of Endodontic Sealer Composition and Time of Fiber Post Cementation on Sealer Adhesiveness to Bovine Root Dentin. *Braz Dent J.* 2013;24(3):241-6.
101. Oliveira E, Cecchin D, Miyagaki DC, Moura ALC, Disarz A, Souza MA, et al. Effect of different protocols of eugenol removal on the bond strength between the fibre post and root dentin. *Aust Endod J.* 2019;45(2):177-83.
102. Farina AP, de Oliveira E, Disarz A, de Moura AL, Durigon M, Souza MA, et al. Assessment of the Ability of Different Cleaning Protocols to Remove Eugenol-based Endodontic Sealer from the Root Dentin. *J Contemp Dent Pract.* 2019;20(6):657-63.
103. dos Reis-Prado AH, Abreu LG, Tavares WLF, Peixoto IF da C, Viana ACD, de Oliveira EMC, et al. Comparison between immediate and delayed post space preparations: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Investig.* 2021;25(2):417-40.
104. Bolla M, Aboudharam G. Reconstruction préprothétique par technique directe. In: *Restaurer la dent dépulpée, tout simplement.* Espace ID. 2014. p. 43-53.
105. Moshonov J, Slutzkygoldberg I, Gottlieb A, Peretz B. The Effect of the Distance Between Post and Residual Gutta-Percha on the Clinical Outcome of Endodontic Treatment. *J Endod.* 2005;31(3):177-9.
106. Pirani C, Chersoni S, Foschi F, Piana G, Loushine RJ, Tay FR, et al. Does Hybridization of Intraradicular Dentin Really Improve Fiber Post Retention in Endodontically Treated Teeth? *J Endod.* 2005;31(12):891-4.
107. Biolight PLUS - Micro tenons fasciculés renforcés en fibre de verre pour la reconstitution corono radicaire [Internet]. Bio Composants Médicaux. Disponible sur: <https://www.dentalbcm.com/produit/francais-dentaire/ancrage-radicaire/biolight-plus/>
108. Clunet-Coste B, Maneuf B, Cieren C, Sarrazin F, Bartarla M. Reconstitution corono-radicaire fibro-architecturée : Intêret des micro-tenons. *Inf Dent.* 2017;(23):16-25.
109. Goracci C, Corciolani G, Vichi A, Ferrari M. Light-transmitting Ability of Marketed Fiber Posts. *J Dent Res.* 2008;87(12):1122-6.
110. Galhano G, de Melo RM, Barbosa SH, Zamboni SC, Bottino MA, Scotti R. Evaluation of Light Transmission Through Translucent and Opaque Posts. *Oper Dent.* 2008;33(3):321-4.
111. Bio Composants Médicaux. BIOLIGHT PLUS VF [Internet]. 2021. Disponible sur: <https://www.youtube.com/watch?v=FCrGm5qCOV0>
112. Numerys GF - Blocs et galettes fibrés pour l'usinage d'inlay-core [Internet]. Disponible sur: https://itena-clinical.com/fr/cfao/55-numerys-gf.html?gclid=CjwKCAjw8sCRBhA6EiwA6_IF4Vd6W3mgllvgDRa8QDL5zhW1CsqHg-hr2YSZaZfIWfglMrFIYBPxMBoCoaUQAvD_BwE%3Fgclid%3DCjwKCAjw8sCRBhA6EiwA6_IF4Vd6W3mgllvgDRa8QDL5zhW1CsqHg-hr2YSZaZfIWfglMrFIYBPxMBoCoaUQAvD_BwE
113. Spazzin AO, Galafassi D, de Meira-Júnior AD, Braz R, Garbin CA. Influence of Post and Resin Cement on Stress Distribution of Maxillary Central Incisors Restored with Direct Resin Composite. *Oper Dent.* 2009;34(2):223-9.

114. Pang J, Feng C, Zhu X, Liu B, Deng T, Gao Y, et al. Fracture behaviors of maxillary central incisors with flared root canals restored with CAD/CAM integrated glass fiber post-and-core. *Dent Mater J.* 2019;38(1):114-9.
115. Duminil G. Exemples cliniques d'utilisation du Numerys GF. *Supplément À Inf Dent.* 2019;(37):12-8.
116. Duminil G. Les restaurations corono-radicaire indirectes par technique CFAO. *Supplément À Inf Dent.* 2019;(25/26):16-22.
117. Itena Clinical : retour d'expérience sur le Numerys GF [Internet]. *L'Information Dentaire.* Disponible sur: <https://www.information-dentaire.fr/videos/itena-clinical-retour-d-experience-sur-le-numerys-gf/>

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'Être 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 Laurence LUPI

Professeur Laurence LUPI

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

Jessica PAOLINO

RESTAURATION DE LA DENT DÉPULPÉE « DU SOL AU PLAFOND » EN UNE SEULE SÉANCE CLINIQUE

Proposition de protocoles et cas cliniques associés

Thèse : Chirurgie Dentaire, Nice, 2022, n°42-57-22-16

Directeur de thèse : Marc BOLLA

Mots-clés : Dent dépulpée, obturation, eugénol, onlay, CFAO, reconstitution corono-radicaire, tenon fibré, micro-tenons fasciculés, inlay-core usiné, collage.

Résumé : Une meilleure compréhension des propriétés de la dent dépulpée ainsi que l'avènement de nouveaux matériaux et protocoles d'adhésion ont permis de changer notre approche pour sa restauration. Cela permet désormais d'avoir recours à des techniques plus conservatrices, qui respectent le gradient thérapeutique, comme avec les restaurations partielles collées, ainsi qu'avec les reconstitutions corono-radicales de matériaux insérés en phase plastique (RMIPP) ou usinées puis collées. Lorsqu'il reste assez de parois supra gingivales, il est possible de réaliser une obturation ainsi qu'une restauration coronaire en technique directe ou avec un onlay usiné à l'aide de la CFAO dans la même séance. Lorsque la dent est plus délabrée et qu'elle nécessite un ancrage, des techniques de RCR foulées avec un ancrage fibré ou des micro-tenons peuvent être collés dans le canal, puis la restauration coronaire effectuée à l'aide d'un composite dual dans la même séance que l'obturation, sans déposer de la digue. Enfin, les avancées techniques en termes de CFAO permettent désormais d'envisager, lorsque le nombre de parois restantes est inférieur à 2 après la préparation coronaire, la fabrication et le collage d'un inlay-core réalisé en résine Numerys GF à partir d'une empreinte optique, directement le jour de l'obturation. La pièce est usinée pendant que l'on réalise l'obturation au fauteuil puis collée, dans la séance sans que la digue soit déposée. Ces séquences de traitement en une seule séance permettent d'assurer un vrai continuum endo restaurateur, de garantir une isolation totale du système canalaire de la salive pour un collage optimal ainsi qu'une étanchéité canalaire et coronaire. De plus, elles font gagner du temps au praticien et au patient en permettant à ce dernier de repartir au terme d'une longue séance clinique, avec sa dent dépulpée et restaurée. La restauration de la dent dépulpée « du sol au plafond » en une seule séance implique une connaissance approfondie de ses propriétés ainsi que des biomatériaux utilisés pour pouvoir les associer au cours d'une même séance. Les protocoles présentés dans cette thèse représentent pour certains, une innovation en termes de procédures et d'organisation des séances et du plan de traitement. Il serait intéressant de conduire des études cliniques plus approfondies afin d'évaluer leur succès et leur reproductibilité à long terme par rapport à des séquences cliniques traditionnelles.