



<http://portaildoc.univ-lyon1.fr>

Creative commons : Paternité - Pas d'Utilisation Commerciale -  
Pas de Modification 2.0 France (CC BY-NC-ND 2.0)



<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/fr>

**UNIVERSITE CLAUDE BERNARD-LYON I  
U.F.R. D'ODONTOLOGIE**

Année 2020

THESE N° 2020 LYO 1D 085

**THESE**

**POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE**

**Présentée et soutenue publiquement le : mardi 10 novembre 2020  
Par**

**COLIN Thibault**

Né le 29 mai 1996, à Saint-Claude (39)

---

**ENDODONTIE MINIMALEMENT INVASIVE**

---

**JURY**

<b>Monsieur Cyril VILLAT, Professeur des Universités</b>	<b>Président</b>
<b><u>Monsieur Jean-Christophe MAURIN, Professeur des Universités</u></b>	<b>Assesneur</b>
<b>Madame Béatrice THIVICHON-PRINCE, Professeure des Universités</b>	<b>Assesneur</b>
<b>Madame Julie SANTAMARIA, Praticien Hospitalier</b>	<b>Assesneur</b>



**UNIVERSITE CLAUDE BERNARD-LYON I  
U.F.R. D'ODONTOLOGIE**

Année 2020

THESE N° 2020 LYO 1D 085

**THESE**

**POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE**

**Présentée et soutenue publiquement le : mardi 10 novembre 2020  
Par**

**COLIN Thibault**

Né le 29 mai 1996, à Saint-Claude (39)

---

**ENDODONTIE MINIMALEMENT INVASIVE**

---

**JURY**

<b>Monsieur Cyril VILLAT, Professeur des Universités</b>	<b>Président</b>
<b><u>Monsieur Jean-Christophe MAURIN, Professeur des Universités</u></b>	<b>Assesseur</b>
<b>Madame Béatrice THIVICHON-PRINCE, Professeure des Universités</b>	<b>Assesseur</b>
<b>Madame Julie SANTAMARIA, Praticien Hospitalier</b>	<b>Assesseur</b>



## UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON I

Administrateur provisoire	M. le Professeur F. FLEURY
Président du Conseil Académique	M. le Professeur H. BEN HADID
Vice-Président du Conseil d'Administration	M. le Professeur D. REVEL
Vice-Président de la Commission Recherche Conseil Académique	M. le Professeur J.F MORNEX du
Vice-Président de la Commission Formation Vie Universitaire Conseil Académique	M. le Professeur P. CHEVALIER du

### SECTEUR SANTE

Faculté de Médecine Lyon Est	Directeur : M. le Professeur G. RODE
Faculté de Médecine et Maïeutique Lyon-Sud Charles Mérieux	Directeur : Mme la Professeure C. BURILLON
Faculté d'Odontologie	Directrice : Mme. la Professeure D. SEUX
Institut des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques	Directrice : Mme la Professeure C. VINCIGUERRA
Institut des Sciences et Techniques de la Réadaptation	Directeur : M. X. PERROT, Maître de Conférences
Département de Formation et Centre de Recherche en Biologie Humaine	Directrice : Mme la Professeure A.M. SCHOTT

### SECTEUR SCIENCES ET TECHNOLOGIES

UFR des Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives	Directeur : M. Y. VANPOULLE, Professeur Agrégé
Institut Universitaire de Technologie Lyon 1 POLYTECH LYON	Directeur : M. le Professeur C. VITON Directeur : M. E. PERRIN
<b>Institut de Science Financière et d'Assurances</b>	<b>Directeur : M. N. LEBOISNE, Maître de Conférences</b>
<b>INSPE</b>	<b>Administrateur provisoire . M. P. CHAREYRON</b>
Observatoire de Lyon	Directrice : Mme la Professeure I. DANIEL
CPE	Directeur : M. G. PIGNAULT
GEP	Administratrice provisoire: Mme R. FERRIGNO
Informatique (Département composante)	Directeur : M. B. SHARIAT
Mécanique (Département composante)	Directeur : M. M. BUFFAT
UFR FS (Chimie, mathématique, physique)	Administrateur provisoire : M. B. ANDRIOLETTI
UFR Biosciences (Biologie, biochimie)	



## FACULTE D'ODONTOLOGIE DE LYON

**Doyenne :** Mme Dominique SEUX, Professeure des Universités

**Vices-Doyens :** M. Jean-Christophe MAURIN, Professeur des Universités  
Mme Béatrice THIVICHON-PRINCE, Maître de Conférences

### **SOUS-SECTION 56-01 : ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE ET ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE**

Professeur des Universités : M. Jean-Jacques MORRIER  
Maître de Conférences : Mme Sarah GEBEILE-CHAUTY, Mme Claire PERNIER, Mme  
Béatrice THIVICHON-PRINCE  
Maître de Conférences Associée Mme Christine KHOURY

### **SOUS-SECTION 56-02 : PREVENTION - EPIDEMIOLOGIE ECONOMIE DE LA SANTE - ODONTOLOGIE LEGALE**

Professeur des Universités M. Denis BOURGEOIS  
Maître de Conférences M. Bruno COMTE  
Maître de Conférences Associé M. Laurent LAFOREST

### **SOUS-SECTION 57-01 : CHIRURGIE ORALE – PARODONTOLOGIE – BIOLOGIE ORALE**

Professeur des Universités : M. J. Christophe FARGES, Mme Kerstin GRITSCH  
Maîtres de Conférences : Mme Anne-Gaëlle CHAUX, M. Thomas FORTIN,  
M. Arnaud LAFON, M. François VIRARD  
Maître de Conférences Associé M. BEKHOUCHE Mourad

### **SOUS-SECTION 58-01 : DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE, PROTHESE, FONCTION-DYSFONCTION, IMAGERIE, BIOMATERIAUX**

Professeurs des Universités : M. Pierre FARGE, Mme Brigitte GROSGOGEAT,  
M. Jean-Christophe MAURIN, Mme Catherine MILLET, M. Olivier ROBIN, Mme Dominique SEUX, M. Cyril  
VILLAT  
Maîtres de Conférences : M. Maxime DUCRET, M. Patrick EXBRAYAT, M. Christophe JEANNIN, Mme  
Marion LUCCHINI, M. Renaud NOHARET, M. Thierry SELLI,  
Mme Sophie VEYRE, M. Stéphane VIENNOT, M. Gilbert VIGUIE  
Maîtres de Conférences Associés M. Hazem ABOUELLEIL,

### **SECTION 87 : SCIENCES BIOLOGIQUES FONDAMENTALES ET CLINIQUES**

Maître de Conférences Mme Florence CARROUEL

A notre président du jury,

**Monsieur le Professeur Cyril VILLAT,**

Professeur des Universités à l'UFR d'Odontologie de Lyon

Praticien-Hospitalier

Docteur en Chirurgie Dentaire

Ancien interne en Odontologie

Docteur de l'École Centrale Paris

Habilité à Diriger des Recherches

*Nous tenons à vous remercier pour l'immense honneur que vous nous accordez  
en présidant le jury de cette thèse.*

*Nous vous exprimons toute notre gratitude pour votre investissement  
très positif au sein de la faculté.*

*Soyez assuré, à travers ce travail, de tout notre respect.*

*Nous vous prions d'accepter nos sentiments les plus sincères.*

A notre directeur de thèse,

**Monsieur le Professeur et Vice-Doyen Jean-Christophe MAURIN,**

Professeur des Universités à l'UFR d'Odontologie de Lyon

Praticien-Hospitalier

Docteur en Chirurgie Dentaire

Maîtrise en Sciences Biologiques et Médicales

Diplôme d'Etudes Approfondies

Docteur de l'Université Claude Bernard Lyon 1

Habilité à Diriger des Recherches

Responsable de la sous-section Odontologie Conservatrice - Endodontie

Vice-Doyen à l'UFR d'Odontologie de Lyon

*Je vous remercie très sincèrement d'avoir accepté de diriger  
cette thèse avec enthousiasme et sans hésitation.*

*Vous avez su me guider tout au long de ce travail.*

*Merci également pour votre accompagnement lors des vacations cliniques du service  
d'Odontologie Conservatrice et Endodontie durant ces deux dernières années.*

*Veillez trouver, à travers ce travail, ma profonde reconnaissance et grande admiration.*

A notre jury,

**Madame la Professeure Béatrice THIVICHON-PRINCE,**

Maître de conférence à l'UFR d'Odontologie de Lyon

Praticien-Hospitalier

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur de l'Université Claude Bernard Lyon 1

Vice-Doyenne à l'UFR d'Odontologie de Lyon

*Merci de nous faire l'honneur de juger cette thèse.  
Merci pour votre professionnalisme et gentillesse au quotidien,  
Vous avez su transmettre votre savoir-faire sans compter.  
Veuillez trouver dans ce travail, l'expression de notre profonde reconnaissance.*

A notre jury,

**Madame le Docteur Julie SANTAMARIA,**

Ancien Assistant hospitalo-universitaire au CSERD de Lyon

Docteur en Chirurgie Dentaire

Praticien-Hospitalier

*Merci de nous faire l'honneur d'assister à cette thèse.*

*Merci pour votre accompagnement lors de ces années cliniques,*

*Dans le service d'Odontologie Conservatrice et Endodontie ainsi que dans le service*

*d'Urgence odontologique.*

*Veillez trouver dans ce travail, l'expression de notre profonde reconnaissance.*

<b>I. Introduction .....</b>	<b>11</b>
<b>II. Conservation de la vitalité pulpaire .....</b>	<b>13</b>
<b>A. Coiffage pulpaire indirect .....</b>	<b>13</b>
1. Définition.....	13
2. Indication.....	13
3. Contre-indication.....	14
4. Protocole opératoire .....	14
5. Matériaux de comblement.....	15
6. Restauration coronaire définitive.....	16
<b>B. Coiffage pulpaire direct .....</b>	<b>17</b>
1. Définition.....	17
2. Indication.....	18
3. Contre-indication.....	18
4. Situation clinique.....	19
5. Protocole opératoire .....	19
6. Matériaux de coiffage .....	21
7. Suivi post opératoire .....	22
8. Restauration coronaire définitive.....	23
<b>III. Cavité d'accès en endodontie minimalement invasive .....</b>	<b>25</b>
<b>A. Généralités .....</b>	<b>25</b>
1. L'Anatomie canalo-radulaire.....	25
1.1. Les Incisives.....	25
1.2. Les Canines .....	26
1.3. Les Prémolaires.....	26
1.4. Les Molaires .....	27
2. Aides visuelles .....	28
2.1. Loupes binoculaires .....	28
2.2. Microscope opératoire .....	29
3. Instruments en endodontie minimalement invasive .....	30
4. Cone beam en endodontie.....	32
<b>B. Anatomie des cavités d'accès .....</b>	<b>34</b>
1. Cavité d'accès traditionnelle .....	34
2. Cavités d'accès conservatrices .....	35
3. Cavité d'accès ultra conservatrice (cavité Ninja).....	37
4. Indications des cavités conservatrices et ultra-conservatrices .....	38

<b>C.</b>	<b>Apport d'une cavité minimalement invasive .....</b>	<b>40</b>
1.	Préservation d'émail et de dentine coronaire.....	40
2.	Augmentation de la résistance à la fracture .....	40
<b>D.</b>	<b>Limites des cavités d'accès minimalement invasives .....</b>	<b>42</b>
1.	Localisation des entrées canalaire.....	42
2.	Fractures non restaurables.....	43
<b>IV.</b>	<b>Préparation canalaire en endodontie minimalement invasive .....</b>	<b>45</b>
<b>A.</b>	<b>Cathétérisme et longueur de travail .....</b>	<b>45</b>
1.	Cathétérisme .....	45
1.1.	Lime de cathétérisme manuel .....	46
1.2.	Limes de cathétérismes mécanisées.....	46
2.	Longueur de travail .....	49
2.1.	Prérequis.....	49
2.2.	Détermination de la longueur de travail.....	50
<b>B.</b>	<b>Instrumentation et mise en forme canalaire.....</b>	<b>52</b>
1.	Objectif de mise en forme.....	52
1.1.	Objectif biologique .....	52
1.2.	Objectifs mécaniques.....	53
2.	Instruments de mise en forme manuels .....	53
3.	Instrument de mise en forme en rotation continue.....	54
3.1.	Alliage Nickel-Titane .....	55
3.2.	Traitement thermique de surface du nickel-titane.....	56
3.3.	Instrumentation mécanisée séquentielle à mouvement continu.....	58
3.4.	Instrumentation mécanisée unique à mouvement continu .....	60
3.5.	Instrumentation mécanisée unique à mouvement réciproque.....	62
4.	Spécificité en endodontie minimalement invasive .....	63
<b>V.</b>	<b>Irrigation et obturation canalaire en endodontie minimalement invasive.....</b>	<b>65</b>
<b>A.</b>	<b>Irrigation canalaire .....</b>	<b>65</b>
1.	Le biofilm bactérien.....	65
2.	Action mécanique de la mise en forme canalaire .....	66
3.	Solutions d'irrigation .....	66
3.1.	L'hypochlorite de sodium .....	67
3.2.	EDTA .....	67
3.3.	La chlorhexidine.....	68
4.	Activation de la solution d'irrigation .....	68

5. Irrigation en endodontie minimalement invasive .....	70
<b>B. Obturation canalaire .....</b>	<b>72</b>
1. Objectif de l'obturation canalaire .....	72
2. Différentes techniques d'obturation canalaire .....	72
2.1. Technique de gutta froide .....	72
2.2. La technique de gutta chaude .....	73
3. Les ciments biocéramiques .....	75
3.1. Composition et indication.....	75
3.2. Mise en œuvre.....	76
3.3. Biocéramique et endodontie minimalement invasive.....	77
<b>VI. Conclusion.....</b>	<b>78</b>
<b>VII. Références bibliographiques .....</b>	<b>79</b>

## I. Introduction

La préservation tissulaire est le maître mot développé et revendiqué en odontologie au cours de ces dernières années lors de la réalisation de soins dentaires. De l'approche prophylaxique (contrôle et prévention), en passant par l'avulsion dentaire et ce jusqu'aux chirurgies complexes, le chirurgien-dentiste tend à être moins invasif afin de préserver au maximum les structures dentaires et péri-dentaires au profit d'un meilleur confort et d'une meilleure guérison pour le patient.

Le concept de préservation tissulaire s'étend aussi à la pratique de l'endodontie : de la préservation de la vitalité pulpaire à des traitements endodontiques minimalement invasifs, les chirurgiens-dentistes ont actuellement une multitude de traitements et de techniques disponibles afin de minimiser l'impact et de réduire la perte tissulaire lors d'un traitement endodontique.

L'évolution de ces dernières années tant au niveau des techniques que des matériaux, a permis de rendre les traitements endodontiques plus sûrs, plus simples à appréhender voire parfois de les éviter grâce au coiffage pulpaire.

Le concept d'endodontie minimalement invasive commence dès que le chirurgien-dentiste effectue un soin affectant le complexe dentino-pulpaire. Les coiffages pulpaires sont donc imputables à la démarche minimalement invasive des traitements endodontiques.

Dans les cas de traitements endodontiques, les solutions de préservation tissulaire sont nombreuses et ce tout le long du traitement. Les principes de réalisation des cavités d'accès ont évolué, les instruments de mise en forme ont été adaptés et les techniques d'obturations ont été revues afin de permettre aux praticiens de réaliser un traitement endodontique minimalement invasif tout en minimisant les risques liés à cet acte technique.

Le but de ce travail de thèse a donc été de regrouper les différentes étapes d'un traitement endodontique en développant les concepts d'une approche minimalement invasive que sont le coiffage pulpaire, la réalisation de la cavité d'accès, la préparation canalair,

l'irrigation et l'obturation canalaire. Ainsi, seront également abordés les différents systèmes nécessaires à la mise en place de ce type de traitement.

## **II. Conservation de la vitalité pulpaire**

### **A. Coiffage pulpaire indirect**

#### **1. Définition**

Le coiffage pulpaire indirect est le premier soin interagissant avec l'endodonte réalisé par le chirurgien-dentiste.

Il consiste en l'exérèse d'une partie ou de la totalité de la dentine cariée puis le recouvrement de celle-ci par un matériau biocompatible permettant l'induction d'une dentine cicatricielle ainsi qu'une cicatrisation du complexe dentino-pulpaire. Lors du coiffage pulpaire indirect, il convient de distinguer 2 types de dentine (1) : la dentine infectée et la dentine affectée. La première est colonisée par les bactéries et leurs métabolites. Elle est déminéralisée et doit être enlevée en totalité lors de l'éviction carieuse. La seconde est déminéralisée mais contient une quantité limitée de bactéries. Elle sera conservée lors du coiffage pulpaire indirect après un protocole de désinfection.

#### **2. Indication**

Le coiffage pulpaire indirect est une solution utilisée dans les cas d'atteintes carieuses dentinaires profondes sans atteinte pulpaire. La dent cariée peut alors être symptomatique ou non.

Cette procédure peut être envisagée dans le cadre des catégories I et II de Baume (classification symptomatologique à but thérapeutique des pathologies pulpaires).

- Catégorie I de Baume : pulpe vivante sans symptomatologie lésées accidentellement ou proche d'une carie profonde susceptible d'être protégée par coiffage
- Catégorie II de Baume : pulpe vivante avec symptomatologie, dont la vitalité pulpaire peut être protégée par coiffage ou biopulpotomie.

### 3. Contre-indication

Le coiffage pulpaire indirect ne peut être réalisé lors :

- D'une atteinte irréversible du complexe pulpaire (pulpite irréversible).
- De catégorie III de Baume : Pulpes vivantes, dont la biopulpectomie ou la pulpectomie totale (immédiate ou médiate) et l'obturation canalaire immédiate sont indiquées pour des raisons symptomatologiques, prothétiques ou iatrogènes.
- De catégorie IV de Baume : Pulpe nécrosée avec infection de la dentine radiculaire, sans ou avec complications péri-apicales, qui exige un traitement antiseptique et l'obturation des canaux.
- De délabrements trop importants de la dent ne permettant pas la mise en place de la digue dentaire, la mise en place de la restauration temporaire et / ou nécessitant une reconstitution coronaire avec un ancrage radiculaire.

### 4. Protocole opératoire

- Le soin débute par une anesthésie locale de la dent concernée.
- Mise en place d'un champ opératoire permettant l'isolation complète de celle-ci pour éviter toute nouvelle contamination par la salive.
- L'éviction carieuse sera réalisée avec une fraise boule carbure de tungstène de préférence de gros diamètre pour minimiser les risques d'effraction pulpaire. Une faible vitesse de rotation associée à une irrigation continue et en quantité suffisante de préférence afin d'éviter tout échauffement du complexe dentino pulpaire qui pourrait nuire à la réussite du coiffage par nécrose pulpaire.
  - La dentine infectée devra être supprimée en totalité tout en conservant au maximum la dentine affectée, qui présente des capacités de reminéralisations.
- Vient ensuite la phase de reconstitution coronaire en un ou deux temps grâce à un biomatériau capable d'aider la dentine affectée à se reminéraliser ainsi que permettre une étanchéité complète.

## 5. Matériaux de comblement

La réussite d'un coiffage pulpaire est conditionnée par un scellement coronaire étanche à l'aide d'un matériau biocompatible permettant la stimulation de la dentine pour la synthèse de la dentine tertiaire.

Le gold standard actuel est le ciment verre ionomère (CVI)(2).

Celui-ci possède les différentes propriétés (3) recherchées dans un matériau lors d'un coiffage pulpaire indirect : il est peu toxique pour la pulpe dentaire – grâce à une bonne étanchéité lors de sa mise en place – et crée peu de sensibilité post opératoire.

Il possède une propriété biologique intéressante dans le cas du coiffage pulpaire indirect : relargage de fluor – permettant la reminéralisation d'un tissu partiellement déminéralisé comme la dentine affectée.

Il possède également des propriétés mécaniques suffisantes pour réaliser un coiffage en un temps, si et seulement si utilisé en phase de temporisation. (3)

Il peut être laissé deux mois, le temps de la formation de dentine tertiaire (4). En effet, la formation de dentine tertiaire est la plus importante entre le 30<sup>ème</sup> et le 50<sup>ème</sup> jour après l'éviction carieuse et la mise en place d'un biomatériau. Cette échelle de 30 à 50 jours nous permet également d'évaluer l'évolution symptomatique de la dent ou non et ainsi adapter le plan de traitement si nécessaire.

Le coiffage pulpaire indirect peut également être réalisé à l'aide de Biodentine™, ce biomatériau composé de silicate tricalcique tant à remplacer le CVI. L'utilisation de Biodentine™ permet une libération d'ions calcium en grande quantité permettant la production et la minéralisation des tissus durs. Les ions Ca<sup>2+</sup> ont également une action anti-inflammatoire, caractéristique très recherchée lors d'un coiffage pulpaire indirect. La Biodentine™ possède également des propriétés mécaniques très intéressantes, notamment une bonne résistance à la compression. (5)

## 6. Restauration coronaire définitive

Après 2 mois de temporisation sous ciment verre ionomère, la dent aura synthétisé une quantité suffisante de dentine tertiaire et devra être asymptomatique pour envisager la reconstitution coronaire définitive. Il convient donc de réaliser les tests de vitalité pulpaire thermiques et électriques afin de s'assurer de la bonne santé du complexe pulpaire.

Ensuite vient la restauration coronaire définitive laquelle doit répondre aux critères d'exigence de toute restauration définitive, c'est-à-dire une restauration étanche, sans micro-infiltration, supportant les charges occlusales, biocompatible et esthétique.

Pour cela il existe différentes solutions suivant la situation clinique :

- Dépose complète de la restauration temporaire : la restauration peut être complètement déposée complètement la restauration temporaire au risque d'une effraction ou d'un échauffement du complexe pulpaire pour vérifier l'absence d'infiltration. Vient ensuite la reconstitution qui s'effectue soit avec la technique « sandwich » avec un cvi en regard de la pulpe et recouvert d'une résine composite. Soit via une technique en un temps avec la mise en place d'un composite ou d'une reconstitution collée directement en regard de la pulpe
- Dépose partielle de la restauration temporaire (si celle-ci a été correctement réalisée, sous digue opératoire) et réalisation d'une reconstitution coronaire définitive, en résine composite de façon directe ou indirecte. Dans ce cas une technique « sandwich » en conservant une partie du biomatériau est placée le jour de l'éviction carieuse est réalisé.

Un des intérêts du coiffage pulpaire indirect est le faible délabrement de la dent lors de l'éviction carieuse et de la mise en place de la restauration coronaire. On préférera en général des reconstitutions collées directes. Dans certains cas on pourra choisir une reconstitution collée indirecte (inlay/onlay) généralement lors de la reconstitution des points de contact.

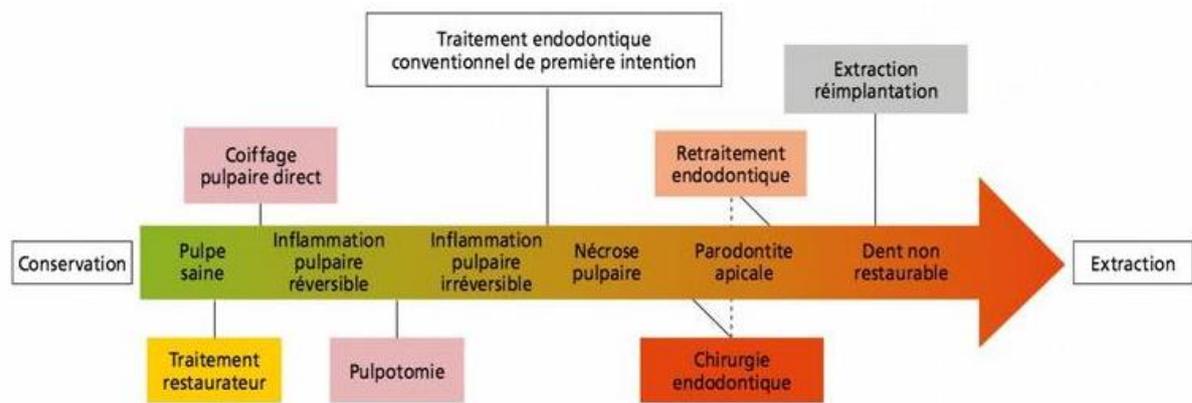
## B. Coiffage pulpaire direct

### 1. Définition

En tenant compte du gradient thérapeutique (Figure 1), le coiffage pulpaire direct intervient après le coiffage pulpaire indirect.

Le coiffage pulpaire direct fait suite à une exposition du complexe pulpaire d'origine carieuse, traumatique ou iatrogène. Un biomatériau est placé directement au contact de la pulpe dentaire afin de maintenir la vitalité pulpaire, faciliter la cicatrisation de la pulpe et induire une barrière minéralisée qui permettra une guérison du complexe pulpaire.

L'objectif du coiffage pulpaire direct est le maintien de la vitalité pulpaire afin de conserver les fonctions sensorielles, proprioceptives et immunitaires du complexe dentino-pulpaire.



1. Le gradient thérapeutique adapté pour les procédures endodontiques concernant les dents adultes matures.

*Figure 1: Gradient thérapeutique en endodontie (6)*

## 2. Indication

Le coiffage pulpaire direct est un soin complexe à mettre en œuvre qui ne peut être mis en place que dans certaines situations cliniques.

- Indication en fonction du patient : L'âge du patient a une influence sur le taux de succès du traitement (7) ainsi que son passé et ses antécédents.

Le patient doit avoir une bonne observance de son état bucco-dentaire. En effet, le coiffage nécessite un suivi régulier et ne peut être uniquement réalisé si le patient possède une bonne hygiène dentaire.

- Indication en fonction de la dent (8)(9):
  - Pulpe vitale, asymptomatique ou en stade de pulpite réversible (douleurs intenses de courte durée après stimulation de la dent causale par un changement thermique ou sucré)
  - Arrêt possible de l'hémorragie sur le site d'exposition
  - Exposition suffisante pour que le biomatériau de coiffage ait une exposition directe avec le complexe pulpaire
  - Absence d'image et de pathologie apicale
  - Reconstitution coronaire étanche possible

## 3. Contre-indication

- Générale : patient à haut risque infectieux dont le traitement de référence est le traitement endodontique en une séance sous antibioprophylaxie.
- Locale :
  - Pas d'hémostase possible
  - Exposition pulpaire importante > 5mm
  - Contamination pulpaire par la salive importante, exposition pulpaire > 24h.
  - Mise en place d'un champs opératoire impossible

#### 4. Situation clinique

Le coiffage pulpaire direct peut être réalisé dans plusieurs types de situations cliniques ; exposition d'origine traumatique, exposition d'origine carieuse et exposition d'origine iatrogène.

- Exposition d'origine traumatique : le plus souvent sur les dents antérieures, les plus exposées aux chocs. Peut intervenir sur les dents temporaires, définitives immatures et matures.
  - Le coiffage pulpaire direct sur dent temporaire est indiqué si l'exposition est inférieure à 1 mm (10).
  - Sur dent permanente immature, un coiffage pulpaire direct permet, en cas de réussite à la dent de poursuivre son apexification. Possible si l'exposition est inférieure à 1mm et inférieure à 24h. (11)
  - Sur dent mature, le coiffage pulpaire direct est largement recommandé (11) si il y a une fracture coronaire. Cependant il est contre-indiqué lors d'un une fracture corono-radulaire.
- Exposition d'origine carieuse :
  - Contre-indiquée sur les dents temporaires, on privilégiera une pulpotomie.
  - Indiquée sur les dents permanentes immatures asymptomatiques et avec une exposition de faible diamètre < 1mm afin de permettre l'apexogénèse. (11)
- Exposition iatrogène : lors d'un soin, en général lors d'une préparation prothétique. Le coiffage pulpaire direct est indiqué si la dent est asymptomatique avec une lésion de faible étendu.

#### 5. Protocole opératoire

Le protocole opératoire se rapproche du protocole de coiffage pulpaire indirect. Cependant nous avons une vision directe de la pulpe et de son état de santé (inflammatoire

ou non) en observant l'état visuelle de celle-ci et avec un arrêt du saignement pulpaire nous permettant de confirmer ou infirmer le traitement par coiffage pulpaire direct.

- Le soin débute par une radiographie rétro alvéolaire de la dent concernée pour étudier l'étendu de la lésion carieuse, la proximité pulpaire et l'anatomie endodontique.
- Réalisation d'une anesthésie para-apicale pour le confort du patient.
- Mise en place d'un champ opératoire sur la dent concernée permettant l'isolation de celle-ci et afin éviter toute contamination par la salive.
- Accès à la chambre pulpaire, tout d'abord via une turbine ou un contre angle bague rouge avec fraise diamantée sous irrigation abondante sans pression excessive sur le contre angle pour éliminer l'émail et/ou restauration existante. Puis l'utilisation d'un contre angle réducteur basse vitesse avec une fraise tungstène et une irrigation abondante permet l'éviction de la dentine carié/infectée.
  - L'éviction s'arrête quand la totalité du tissu carieux est éliminé et/ou lorsque la pulpe présente un léger saignement, signe de vitalité pulpaire. Si le saignement est trop important il faudra réaliser une pulpotomie : à l'aide d'une fraise tungstène exèrèse de la totalité de la pulpe camérale jusqu'aux filets radiculaires et vérification d'un léger saignement. Si le saignement est trop abondant cela indique une pulpe inflammatoire et la pulpectomie est nécessaire.
- Désinfection de la pulpe exposée : Une fois la pulpe exposée il convient de la désinfecter au mieux avant de procéder au coiffage pulpaire. Deux impératifs sont à respecter : enlever la totalité des bactéries/caillots sanguins présents et ne pas assécher la pulpe.
  - La désinfection commence par un contrôle du saignement via de la Chlorhexidine et de l'hypochlorite de sodium ou sérum physiologique, à appliquer jusqu'à arrêt du saignement (12)

- Vient ensuite la phase de désinfection via hypochlorite de sodium à 2,5% pendant 1 à 2 min suivie d'une irrigation au sérum physiologique pour éliminer tous les débris de l'éviction carieuse et des caillots sanguins
- Séchage de la zone via une boulette de coton en compression sur la pulpe, Attention à ne pas déshydrater la pulpe et la dentine et ne pas utiliser la soufflette.
- Mise en place du matériau de coiffage pulpaire direct en suivant le protocole fourni par le fabricant du biomatériau.

## 6. Matériaux de coiffage

Il existe trois matériaux couramment utilisés pour le coiffage pulpaire direct qui sont : l'hydroxyde de calcium, le MTA (minéral trioxide aggregate) et la Biodentine™.

- L'hydroxyde de calcium se présente généralement sous 2 formes : en seringue avec embout jetable, l'application se fait directement sur la zone exposée via la seringue ou sous une forme de deux pâtes (base/catalyseur) à mélanger en quantité égale et homogène et à appliquer avec une sonde pointe boule sur la zone exposée. Une fois appliqué sur la pulpe, il est recouvert d'une restauration coronaire provisoire.
- ProRoot® MTA est conditionné sous forme de poudre/liquide  
La poudre est composée de silicate tricalcique et dicalcique, d'aluminate de tricalcium qui constitue les matériaux de base, de l'oxyde de bismuth présent pour la radio-opacité et du gypse pour améliorer le temps de prise. Le liquide est de l'eau stérile.  
Le mélange s'effectue de façon à hydrater toutes les particules de poudre.  
À appliquer avec une sonde boule sur la pulpe exposée, puis éliminer l'excédent d'humidité à l'aide d'une boulette de coton sèche.

Le ProRoot® MTA est ensuite recouvert d'un ciment verre ionomère temporaire.

- Biodentine™ se présente également sous forme poudre/liquide. La poudre contient du silicate tricalcique et dicalcique qui sont les matériaux de base, du carbonate de calcium et de l'oxyde qui crée la charge, de l'oxyde de fer pour la teinte et de l'oxyde de zirconium par la radio-opacité. Le liquide contient un accélérateur qui est le chlorure de calcium ainsi qu'un agent réducteur d'eau qui est un polymère hydrosoluble.

Le mélange se constitue de 5 gouttes de liquide à la dose de poudre. La capsule est ensuite passée 30 secondes au vibreur puis appliquée en excès sur la pulpe via une sonde boule et/ou spatule de bouche. Concernant l'application elle possède un temps de travail de 6 min puis 6 min de temps de séchage. La Biodentine™ peut se suffire à elle-même en tant que pansement provisoire et peut être retirée partiellement 48h après la mise en place. Un composite pourra être mis en place le temps d'observer une guérison de la dent.

En ce qui concerne le choix du biomatériau de coiffage à utiliser cela dépendra du praticien. L'hydroxyde de calcium est considéré comme le gold standard et est utilisé depuis les années 1980 en coiffage pulpaire direct (13). Alors que le MTA et la Biodentine™ sont arrivées sur le marché plus récemment.

L'hydroxyde de calcium tant à être remplacé par le MTA et la Biodentine™ qui offrent de meilleures propriétés mécaniques ainsi qu'une meilleure étanchéité.

Les dernières études (14) tendent à donner un léger avantage à la Biodentine™, il convient de prendre en compte l'ergonomie de chaque matériau et de choisir celui qui convient le mieux à sa façon de travailler.

## **7. Suivi post opératoire**

Le coiffage pulpaire direct est un acte complexe qui nécessite un suivi post opératoire détaillé. Le suivi sera réalisé à trois-quatre semaines puis trois, six et douze mois (15) afin de vérifier la bonne santé du complexe pulpaire.

Lors de la visite de contrôle sera réalisé :

- Un interrogatoire du patient : prendre en compte les dires du patient sur une sensation de gêne/douleurs.
- Un examen clinique approfondi :
  - Examen extra/intra oral visuel à la recherche de œdème/suintement (ou abcès) associé à une palpation autour de la dent concernée.
  - Test de vitalité chaud, froid et électrique pour confirmer ou infirmer la vitalité pulpaire de la dent traitée. Le test de vitalité devra être positif et non exacerbé pour confirmer une réussite du coiffage pulpaire.
  - Test de percussion révélateur d'infection péri-apicale en cas d'échec du coiffage pulpaire.
- Un examen radiographique rétro-alvéolaire :

L'examen radiographique va permettre d'évaluer ou non la bonne cicatrisation de la pulpe (16) si on perçoit :

  - La présence d'un pont dentinaire
  - L'absence de calcification pulpaire
  - L'absence d'une résorption interne
  - L'absence d'image péri-apicale

A la suite de l'interrogatoire, de l'examen clinique et de l'examen radiographique un bilan pourra être fait sur l'état de santé du complexe pulpaire. Si l'un des tests et/ou l'un des examens radiographiques semble indiquer une inflammation pulpaire, une nécrose pulpaire ou une infection péri-apicale il faut envisager le traitement endodontique car cela indique la présence d'un échec thérapeutique.

## **8. Restauration coronaire définitive**

La restauration coronaire définitive est un facteur de réussite du coiffage pulpaire direct. Elle permet d'assurer une étanchéité complète de la cavité réalisée et d'éviter ainsi une

nouvelle contamination de la pulpe via la salive. Les restaurations coronaires réalisées sur des coiffages pulpaire sont dans la plupart des cas des restaurations à minima préservant un maximum de tissu dentaire :

- Restauration en composite direct : composite de collage
- Restauration en composite ou en céramique indirect : inlay/onlay collé.

Dans quelques rares cas, notamment lors d'une effraction pulpaire iatrogène (préparation de couronne etc...) des soins prothétiques plus délabrants sont nécessaires.

La mise en place des restaurations coronaires dépendra du matériau de coiffage pulpaire utilisé :

- La Biodentine™ : la restauration coronaire définitive peut être réalisée dans la séance avec un composite nécessitant au préalable le temps de prise de la Biodentine™ (12 minutes) et une application d'un adhésif dentinaire auto-mordant sur la totalité de la cavité (ainsi que sur la Biodentine™)
- Le ProRoot® MTA : La restauration peut également intervenir dans la séance à la différence que le MTA doit au préalable être recouvert d'une résine à base verre ionomère photopolymérisable. Ensuite suivi d'un protocole de collage standard.
- L'Hydroxyde de calcium : Restauration définitive possible dans la séance en suivant un protocole de collage classique.

Dans les cas de restauration coronaire définitive plus complexe (couronne, bridge...) et plus coûteuse, il est recommandé d'attendre une cicatrisation pulpaire complète avant de commencer la phase prothétique définitive. (16)

### **III. Cavité d'accès en endodontie minimalement invasive**

Selon la HAS : « *Le traitement endodontique a pour objectif de traiter les maladies de la pulpe et du périapex et ainsi de transformer une dent pathologique en une entité saine, asymptomatique et fonctionnelle sur l'arcade* » (17)

Il peut être envisagé dans plusieurs situations cliniques : à la suite d'un échec lors d'un coiffage pulpaire direct / indirect, en première intention sur une dent nécrosée ou en pulpite irréversible, suite à un traumatisme ne permettant pas un coiffage pulpaire.

Le traitement canalaire d'une dent est un acte invasif tant sur le plan biologique que sur le plan mécanique. Ces paramètres ont conduit les acteurs du secteur (endodontistes et fabricants) à chercher comment réduire le traumatisme lors du traitement endodontique. Le terme d'endodontie minimalement invasive est alors apparu. Il correspond à une démarche ayant pour but de préserver un maximum de tissu dentaire sain. (18)

#### **A. Généralités**

La cavité d'accès est la première étape lors du traitement endodontique. Celle-ci est guidée sur une dent saine par l'anatomie radiculaire de la dent concernée.

Sur une dent préalablement restaurée, la cavité d'accès peut être guidée par l'ancien soin.

#### **1. L'Anatomie canalo-radiculaire**

Il est nécessaire de connaître l'anatomie radiculaire et canalaire avant de commencer un traitement endodontique. En effet, chaque dent est unique et peut présenter des particularités canalo-radiculaires. Cependant, il existe des généralités communes à chaque type de dent (19), lesquels permettent de guider le praticien lors de la réalisation de la cavité d'accès.

##### **1.1. Les Incisives**

- **Les Incisives centrales maxillaires**

Les incisives centrales maxillaires possèdent une racine avec un canal de section ronde et de diamètre important.

- **Les Incisives latérales maxillaires**

Les incisives latérales maxillaires possèdent une racine avec un seul canal.

- **Les Incisives mandibulaires**

Les incisives mandibulaires ont une anatomie canalo-radulaire complexe du fait d'une grande variation morphologique.

Elles sont monoradiculées mais dans environ 15% des cas elles ont deux canaux (un canal vestibulaire ou central et un second canal en position lingual).

Photo

## 1.2. Les Canines

- **Les Canines maxillaires**

Ce sont des dents monoradiculées présentant un seul canal généralement long et de section ovoïde.

- **Les Canines mandibulaires**

Elles présentent une seule racine avec un seul canal (fortement ovale) dans 92%.

Elles peuvent également être bi-radicalées avec 1 canal dans chaque racine ou monoradiculées avec 2 canaux.

## 1.3. Les Prémolaires

- **La première prémolaire maxillaire**

Elle est le plus souvent bi-radicalée avec deux canaux (une racine vestibulaire et une racine palatine avec chacune un canal). Mais il existe de nombreuses variations anatomiques (d'une à trois racines et d'un à trois canaux). (20)

- **La seconde prémolaire maxillaire**

Généralement monoradiculée avec un canal (50% des cas), elle peut aussi être monoradiculée avec deux canaux (vestibulaire et palatin) dans 20% des cas ou biradiculée avec deux canaux dans 30% des cas. (20)

- **La première prémolaire mandibulaire**

Dent monoradiculée présentant un canal dans la majorité des cas. Pouvant dans certains cas présenter 2 canaux (vestibulaire et linguale)

- **La deuxième prémolaire mandibulaire**

Dent monoradiculée avec un canal dans 90% des cas et pouvant présenter un second canal dans 10% des cas.

#### 1.4. Les Molaires

- **La première molaire maxillaire**

La première molaire maxillaire possède en général trois racines (21) composées ainsi :

- Une racine vestibulaire avec un à deux canaux (le deuxième étant le MV2, ce canal étant souvent oublié lors d'un traitement endodontique).
- Une racine palatine avec un canal.
- Une racine distale avec un canal.

- **La deuxième molaire maxillaire**

La seconde molaire maxillaire a une anatomie proche de la première molaire maxillaire. Généralement composée de trois racines avec trois à quatre canaux.

- **La première molaire mandibulaire**

La première molaire mandibulaire est une dent biradiculée et comportant trois canaux dans la majorité des cas.

- Une racine mésiale avec deux canaux (un canal lingual et un canal vestibulaire).
- Une racine distale avec le plus souvent un gros canal central (parfois deux canaux distaux, un lingual et un vestibulaire)

- **La deuxième molaire mandibulaire**

Comme la première molaire mandibulaire, la deuxième molaire mandibulaire est une dent biradiculée présentant dans la plupart des cas trois canaux (mésio-lingual, mésio-vestibulaire et distal).

## **2. Aides visuelles**

Les aides visuelles sont des éléments indispensables en endodontie minimalement invasive, notamment lors de la réalisation de la cavité d'accès.

Il existe deux types d'aides visuelles pour le chirurgien-dentiste : les loupes binoculaires et le microscope opératoire, toutes deux ont des indications d'utilisations différentes.

### **2.1. Loupes binoculaires**

Les loupes binoculaires (Figure 2) sont des télé-loupes qui fournissent des images tridimensionnelles de faible grossissement. (22)

Il existe deux principes de télé-loupes :

- Le principe de la lunette de Galilée (avec un grossissement faible jusqu'à x2,5)
- Le principe optique du système de Kleper (permettant un grossissement plus important)

En pratique, des grossissements de x2,5 à x6 avec une distance de travail de 300 à 450 mm sont courants.

Les loupes binoculaires sont des aides optiques faites sur mesure pour le chirurgien-dentiste (prise de mesure, écartement pupillaire, distance de travail...), elles peuvent être équipées d'une lumière Led afin d'augmenter le flux lumineux sur la zone opératoire et ainsi améliorer le visuel et le confort du praticien.

Aujourd'hui, de plus en plus de praticiens s'équipent avec des loupes binoculaires du fait de leur faible coût, de l'acuité visuelle augmentée et du confort qu'elles apportent au quotidien. Cependant, elles nécessitent un temps d'adaptation afin de permettre à l'œil de s'habituer à l'accommodation visuelle qui peut entraîner une fatigue oculaire.

Les loupes binoculaires peuvent être utilisées dans tous les domaines de la dentisterie, elles sont indispensables pour tout praticien voulant commencer à réaliser des soins minimalement invasifs de bonne qualité et notamment se rapprocher du concept d'endodontie minimalement invasive.



*Figure 2 : Loupe binoculaire Orascoptic équipée d'une lumière LED sur batterie (23)*

## 2.2. Microscope opératoire

Le microscope opératoire utilisé en odontologie est un stéréo-microscope de type galiléen qui est fondé sur l'association d'une loupe et d'un système optique binoculaire. Les images observées œil par œil sont redressées par un assemblage de prismes entre l'objectif et les oculaires afin de les situer sur un axe de vision parallèle (22).

Avec ce type de microscope il est possible d'avoir une distance de travail acceptable pour la pratique en odontologie (100 à 400mm).

Le grossissement sur les microscopes est variable (en général x4 à x40) en modifiant les jeux de prismes via une molette ou en faisant varier la position du prisme de façon électronique.

L'éclairage sur ce type de microscope est de type coaxial ce qui permet d'éviter toute zone d'ombre. Il peut être de trois types :

- L'ampoule au xénon qui produit une lumière bleutée nécessitant un ventilateur pour dissiper la chaleur produite.
- L'ampoule halogène qui produit une lumière jaune.
- L'éclairage LED émettant une lumière blanche sans dissipation de chaleur, avec une durée de vie élevée et un faible encombrement.

Le microscope opératoire est principalement utilisé en endodontie que ce soit pour les traitements classiques orthogrades ou pour les traitements chirurgicaux rétrogrades (24). Il permet de voir ce qui est habituellement impossible à l'œil nu. En effet, l'endodontie est principalement basée sur une compétence tactile complétée par une représentation tridimensionnelle possible grâce à l'interprétation des radiographies préopératoires. Avec l'aide du le microscope opératoire, le traitement endodontique peut être réalisé sous un contrôle visuel direct (jusqu'à l'apex dans le cas de racines droites ou jusqu'aux tiers apical en cas de forte courbure) ce qui facilite le traitement et permet un soin de meilleure qualité (Figure 3).

En comparaison aux loupes binoculaires lesquelles demandent un faible temps d'adaptation, le microscope est plus complexe à intégrer dans la pratique quotidienne. Si dès le début il peut se révéler facile d'utilisation pour les diagnostics, les traitements endodontiques sous microscope demandent une certaine pratique, une courbe d'apprentissage et du matériel adapté (miroir plan, fraise...)



*Figure 3 : Carte dentinaire du plancher pulpaire de 37 vu sous microscope opératoire*  
(25)

### **3. Instruments en endodontie minimalement invasive**

La démarche d'endodontie minimalement invasive associée à l'arrivée des loupes binoculaires et des microscopes opératoires dans les cabinets dentaires, a incité les industriels à s'adapter à ce nouveau marché.

Le microscope opératoire nécessite des instruments de petite taille qui permettent un travail de précision et étant spécialement adaptés pour permettre à l'opérateur d'avoir un accès visuel sur la zone opératoire. Il est nécessaire de travailler avec des miroirs de qualités (miroir rhodium) et en bon état pour une vision optimale. Des fraises spécialement développées (Figure 4) pour l'utilisation sous microscope sont disponibles sur le marché. Chez Komet™, le coffret EndoExplorer est constitué de fraises à col long et fin avec une partie travaillante fine et conique. Celles-ci permettent un accès précis aux entrées canalaires.

Le chirurgien-dentiste peut également utiliser des inserts à ultrasonores (Figure 5) après avoir utilisé une fraise endo Z afin d'éliminer les surplombs dentinaires présents dans la cavité d'accès, de rechercher l'entrer des canaux et de supprimer des obstacles présents lors du traitement endodontique (calcification, éléments fracturés...). (26) L'utilisation des inserts à ultrasons permet un contrôle de l'éviction dentinaire plus précis qu'une fraise (27). Ces derniers sont utilisés par petite pression sur les zones de travail, sans eau et sous contrôle visuel permanent afin de limiter le risque de perforation. (28).

Tous ces instruments permettent aux chirurgiens-dentistes une vision directe lors des traitements endodontiques. Cependant, ils sont à utiliser uniquement sous aide optique et avec une extrême précaution pour éviter tout risque de perforation.



*Figure 4: Prototype de fraise pour cavité accès de chez Micro-Endo (29)*



*Figure 5: Insert endodontique Endosuccess Canal Access Prep (30)*

#### **4. Cone beam en endodontie**

En endodontie, les radiographies de première intention sont constituées par les radiographies orthopantomographiques et les radiographies rétroalvéolaires, lesquelles permettent dans la majorité des cas, de diagnostiquer une lésion apicale, d'appréhender l'anatomie dento-radiculaire de la dent concernée ainsi que de juger de la réussite ou non du traitement endodontique. Ces deux types de radiographies sont des images en deux dimensions que le praticien interprète afin d'avoir une représentation en trois dimensions de la dent concernée. Cette interprétation est un facteur de risque dans le traitement endodontique. En effet, les radiographies en deux dimensions peuvent créer des superpositions et des variations de dimensions pouvant induire le praticien en erreur lors de son étude préopératoire.

La radiographie en trois dimensions a ainsi été importée au domaine de l'endodontie via la tomographie volumétrique par faisceau conique aussi appelé « Cone Beam » ou « CBCT » (Cone Beam computed Tomography).

Or selon l'HAS : « *L'imagerie CBCT en endodontie peut présenter un intérêt dans certains cas bien sélectionnés, lorsque les informations fournies par la clinique et la radiologie conventionnelle ne sont pas suffisamment contributives au diagnostic et qu'une image tridimensionnelle est indispensable :*

- *Bilan péri-apical pré-chirurgical particulièrement dans la région maxillaire postérieure ou dans la région du foramen mentonnier ;*
- *Recherche et localisation d'un canal radiculaire supplémentaire ;*
- *Bilan d'une pathologie radiculaire type fracture, résorption et/ou péri-apicale.*

*Le recours à l'imagerie CBCT ne saurait se justifier s'il n'améliore pas dans ces cas précis la prise en charge et le pronostic de la dent. » (31)*

L'apport du cone beam à l'endodontie est considérable :

- Il possède une sensibilité plus élevée (90%) comparé aux radiographies panoramiques (28%) et aux radiographies rétroalvéolaires (55%) (32). Il permet de pouvoir de détecter 40% des lésions à radiographie conventionnel.
- Il permet une visualisation de tous les canaux radiculaires ainsi que de leurs anatomies ce qui permet d'aborder plus sereinement le traitement endodontique.
- Il permet d'identifier les rapports anatomiques de la dent avant un traitement endodontique chirurgical.

Cependant, il ne faut pas oublier que le CBCT est un examen radiologique qui émet des rayons ionisants et il doit ainsi suivre le principe ALARA (As Low As Reasonably Achievable), c'est-à-dire qu'il doit être utilisé à bon escient.

Des outils de planification tels que 3D Endo™ (Dentsply Sirona) ont été développés pour permettre au praticien d'avoir une idée du traitement endodontique à mener le plus précis possible.

Le logiciel permet une évaluation de la hauteur du plancher dentaire, de la position des entrées canalaires, de la longueur et de l'anatomie canalair et ainsi d'évaluer les zones à risques.

Néanmoins la réalisation d'un CBCT doit être réservé aux cas complexes décrit par la HAS (31) et ne peut en aucun cas être utilisé de façon systématique.

En conclusion, l'apport du CBCT en endodontie est considérable. En effet, c'est un examen complémentaire qui renseigne beaucoup d'informations au prescripteur, du diagnostic à la réalisation du traitement endodontique, d'autant plus en endodontie minimalement invasive quand le champ de vision et l'accès aux instruments est réduit. L'utilisation du CBCT doit être mesurée. Il convient ainsi de limiter sa prescription aux cas réellement nécessaires quand le rapport bénéfice/risque est favorable.

Ainsi, la réalisation d'une cavité minimalement invasive (cavité conservatrice ou cavité ultra conservatrice) n'autorise pas le praticien à réaliser un cone beam de façon systématique, il devra d'abord s'appuyer sur les radiographies rétroalvéolaires.

## **B. Anatomie des cavités d'accès**

### **1. Cavité d'accès traditionnelle**

Lors de la mise en forme de la cavité d'accès, le chirurgien-dentiste utilise une séquence de fraises spécialisées afin d'accéder à la chambre pulpaire et ainsi avoir accès aux entrées canalaies.

Lors de la réalisation d'une cavité d'accès traditionnelle, l'ouverture sera centrée sur la chambre pulpaire et l'anatomie canalo-radulaire de la dent concernée. (cf II.A.2.)

Des principes généraux ont été émis (33)(34) afin de guider le praticien lors de la réalisation de la cavité d'accès et du traitement endodontique.

Lors de la réalisation d'une cavité d'accès dite « classique », il est nécessaire :

- D'avoir un accès visuel direct à l'ensemble des entrées canalaies avec une élimination des surplombs.
- D'avoir un accès le plus direct possible à la limite apicale sans interférence coronaire.
- D'éliminer la totalité de la pulpe coronaire ainsi que tous les débris pulpaire et dentaires.
- Une cavité d'accès à 4 parois afin de servir de réservoir à la solution d'irrigation.
- Permettre la mise en place de façon étanche d'un pansement provisoire.

Ce type de préparation permet d'avoir un accès aisé à l'ensemble des canaux et faciliter la mise en forme, l'irrigation et l'obturation tout en réduisant les complications liées à la difficulté d'un traitement endodontique (fracture d'instruments, faux canal...)(35)

Or, ce type de préparation se révèle souvent très délabrant en suivant une philosophie de type « extension en prévention ». Le risque est une élimination en excès de dentine saine et d'augmenter ainsi les risques de fractures coronaires et radiculaires suite à un traitement endodontique.

Afin de palier à ses inconvénients, ont été préviligiées les cavités d'accès conservatrices et cavités d'accès ultra-conservatrices appelées « cavité ninja ».

## 2. Cavités d'accès conservatrices

La cavité d'accès conservatrice (Concervative Endodontic acces cavity, CEC) a pour but de préserver une partie du plafond pulpaire et de la dentine peri-cervicale afin de réduire les fractures dentaires post traitement endodontique.

La dentine peri-cervicale est la dentine située à 4mm au-dessus et à 4mm en dessous du niveau crestal de l'os. Cette dentine est essentielle dans le transfert de charge de la surface occlusale aux racines. (36)

La cavité d'accès conservatrice suit les principes suivants :

- Respects des concepts de prévention de l'extension.
- Seuls l'émail et la dentine gênant l'accès canalaire sont retirés et l'accès doit être le plus conservateur possible.
- La conservation de la dentine peri-cervicale.
- La conservation d'une partie du plafond pulpaire.

La forme de la cavité d'accès conservatrice sera guidée par la dent concernée.

- Les dents monoradiculées

Concerne les incisives, canines et certaines prémolaires.

La cavité sera semblable aux cavités dites « classiques », en réalisant l'ouverture la plus fine possible et dans l'axe canalaire pour éviter le maximum de contraintes aux instruments.

- Les dents bi-radiculées

Concerne principalement la première prémolaire maxillaire (Figure 6), il peut y avoir deux cavités distinctes centrées sur les deux cornes pulpaires. Une cavité d'accès centrée sur la corne pulpaire vestibulaire et une cavité centrée sur la corne pulpaire palatine. Les deux cavités seront rejointes au niveau de la chambre pulpaire.



*Figure 6: Cavités d'accès conservatrice sur une prémolaire maxillaire (37)*

- Les molaires maxillaires

La cavité d'accès conservatrice sur les molaires maxillaires prend soit la forme d'une cavité d'accès classique réduite à minima en conservant une partie du plafond pulpaire ainsi que la dentine pericervicale. Elle peut aussi être divisée en deux cavités d'accès, une donnant accès aux canaux mésiaux (MV1 et MV2) et au canal distal et une seconde cavité donnant accès au canal palatin.

- Les molaires mandibulaires

Pour les molaires mandibulaires, deux cavités d'accès peuvent être réalisées (Figure 7). Une cavité centrée sur les deux canaux mésiaux et une cavité centrée sur le ou les canaux distaux.

Une seule cavité peut également être réalisé au centre de la face occlusale.



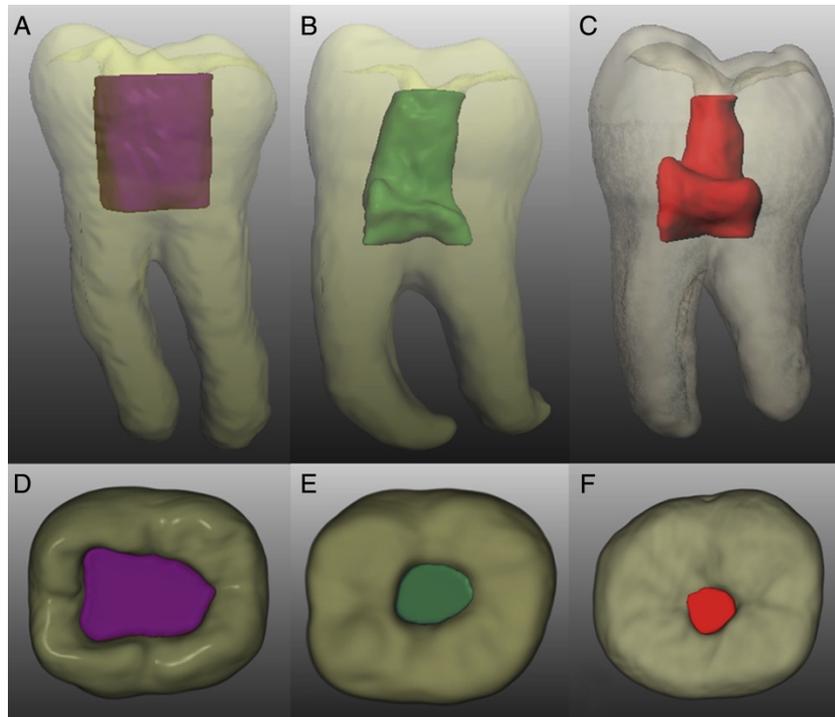
*Figure 7: Cavités d'accès conservatrice sur une molaire mandibulaire (37)*

### 3. Cavité d'accès ultra conservatrice (cavité Ninja)

Les cavités d'accès ultra-conservatrices ou aussi appelé cavités « Ninja » poussent à l'extrême les principes de prévention de l'extension. Un seul accès est réalisé, généralement au centre de la chambre pulpaire et le plafond pulpaire est conservé au maximum (Figure 8).(38)

Ce type de cavité est réalisable sur les molaires et est différenciable de la cavité d'accès conservatrice par sa moindre extension occlusale.

Sur la face occlusale, une unique ouverture cylindrique est présente, de diamètre très réduit afin de laisser passer les instruments, l'irriguant et de pouvoir réaliser l'obturation.



*Figure 8: Cavités d'accès ultra conservatrice, conservatrice et traditionnelle sur une molaire mandibulaire (38)*

#### 4. Indications des cavités conservatrices et ultra-conservatrices

La réalisation d'une cavité d'accès conservatrice ou ultra-conservatrice permet une économie tissulaire d'émail et de dentine saine. Cette économie tissulaire permet la réduction des risques de fracture coronaire (cf II.B.2.) post traitement endodontique. Elle permet également des reconstitutions coronaires moins invasives participant à la réduction du risque de fracture.

Cependant, la réalisation d'une cavité minimalement invasive nécessite une connaissance approfondie de l'anatomie dento-canalaire de la dent concernée, une instrumentation spécifique et surtout la présence de dentine peri-cervicale et d'émail en quantité suffisante.

Toutes les indications de traitement endodontique ne peuvent donc pas répondre à la démarche de l'endodontie minimalement invasive et aux cavités d'accès conservatrices.

Les indications cliniques permettant la réalisation de cavités conservatrices sont les suivantes :

- Dent saine présentant des symptômes de pulpite irréversible nécessitant un traitement endodontique
- Présence de restaurations coronaires (composite, ciment verre ionomère...) de faible étendue
- Présence de lésions carieuses de faible étendue et située au niveau de la cavité d'accès de la dent concerné
- Possible à la suite à d'un coiffage pulpaire direct ou indirect sur une dent encore symptomatique
- Dent couronnée sans traitement endodontique au préalable présentant un risque lors de la dépose de la couronne
- Réalisable sur les dents pluri-radiculée prémolaire ou molaire, (pour les dents monoradiculées les cavités d'accès conservatrices sont semblables aux cavités d'accès traditionnelles)

La réalisation d'une cavité d'accès minimalement invasive ne doit pas faire oublier les principes de base lors de la préparation de la cavité d'accès lesquels sont :

- L'éviction de la totalité de l'émail et de la dentine cariée
- La dépose des anciens soins si ceux-ci sont ou paraissent infiltrés

A la suite de ces deux étapes, si la cavité se situe dans les limites de la cavité d'accès conservatrice alors sa réalisation sera envisagée.

Si la cavité réalisée suite à l'éviction carieuse est plus importante, une cavité d'accès traditionnelle sera privilégiée, tout en s'inspirant des principes des cavités minimalement invasives.

Les indications cliniques pour les cavités ultra conservatrices sont en réalité très limitées car elles nécessitent une dent saine sans restauration coronaire.

- Pulpite irréversible sur dent saine
- Parodontite apicale aiguë sur dent saine

## **C. Apport d'une cavité minimalement invasive**

La réalisation d'une cavité conservatrice ou ultra conservatrice permet de conserver au maximum la dentine saine et notamment la dentine péri-cervicale, son but est de réduire les fractures dentaires post traitement endodontique ainsi que de faciliter la reconstitution coronaire.

### **1. Préservation d'émail et de dentine coronaire**

La préservation d'émail et de la dentine saine constitue un point important. La réduction de la surface de la cavité d'accès permet de préserver au mieux l'émail et la dentine péri-cervicale afin de ne pas fragiliser la structure dentaire.

Une étude (38) menée en laboratoire sur des dents extraites a permis de comparer le volume d'émail et de dentine retiré lors de la réalisation de différentes cavités d'accès (traditionnelle, conservatrice et ultra-conservatrice). Les tests ont été réalisés sur 160 prémolaires et molaires, maxillaires et mandibulaires.

Sur une prémolaire maxillaire, l'élimination de l'émail et de la dentine représente :

- 22% du volume total de la couronne dentaire lors de la réalisation d'une cavité d'accès traditionnelle
- 13% lors de la réalisation d'une cavité d'accès conservatrice
- 5% lors de la réalisation d'une cavité d'accès ultra conservatrice

Quelles que soit les dents (prémolaires mandibulaires et/ou les molaires maxillaires et mandibulaires), le rapport reste le même. En effet, un rapport de deux existe entre une cavité traditionnelle et une cavité conservatrice au bénéfice, et un rapport de quatre entre une cavité traditionnelle et une cavité ultra-conservatrice.

### **2. Augmentation de la résistance à la fracture**

La préservation d'émail et de dentine coronaire ainsi que de la dentine péri-cervicale lors de la préparation de la cavité d'accès, permet d'augmenter la résistance de la dent post-traitement endodontique.

Dans l'étude conduite par Plotino G et coll. (38), les auteurs s'intéressent également à la résistance à la fracture en fonction des cavités d'accès réalisées sur des prémolaires et molaires, maxillaires et mandibulaires.

Les dents sélectionnées présentaient une surface occlusale ainsi qu'une hauteur de couronne égale.

Des cavités d'accès, traditionnelles, conservatrices et ultra conservatrices sont réalisées en suivant les principes de préparations propres à chacune. Les traitements endodontiques sont réalisés jusqu'au passage d'une lime Mtwo 25/.06. VDW. Obturés avec un mono-cône 25, de conicité 0.06 avec un scellement endodontique à base de résine. L'obturation coronaire est réalisée avec un composite de collage après avoir réalisé un mordantage et appliqué un adhésif. Les dents sont placées sous une presse. La force est appliquée via un angle de 30° degré par rapport au grand axe de la dent. La valeur de fracture est relevée (en Newton) ainsi qu'une étude au microscope de la fracture afin de savoir si la dent est reconstituable ou non.

Les résultats de l'étude ont démontré que les dents ayant été traitées avec une cavité d'accès traditionnelle présentent une résistance à la fracture inférieure (environ quarante pourcents) comparé aux dents du groupe contrôle.

A l'inverse, l'étude n'a pas permis de démontrer une résistance inférieure à la fracture lors de la réalisation de cavités d'accès conservatrices et ultra-conservatrices par rapport au groupe contrôle.

De plus, l'étude n'a pas permis de mettre en évidence une différence de résistance à la fracture entre les cavités conservatrices et ultra conservatrices.

L'intérêt de la réalisation d'une cavité d'accès conservatrice réside dans le fait de générer une augmentation de la résistance aux fractures comparé à un traitement traditionnel. Ce type de cavité d'accès permet donc un pronostic post traitement endodontique plus favorable à long terme.

L'intérêt des cavités ultra-conservatrices paraît plutôt limité. En effet, la réalisation de cavité « Ninja » rend le traitement endodontique plus complexe et l'apport en termes de résistance apparaît limité.

## **D. Limites des cavités d'accès minimalement invasives**

La réalisation des cavités d'accès conservatrices et ultra conservatrices permet une augmentation de la résistance à la fracture comparé aux cavités d'accès traditionnelle. Néanmoins, elles sont plus complexes à mettre en place dans le traitement endodontique que ce soit dans la localisation des entrées canalaires, dans la mise en forme ainsi que pour l'obturation.

### **1. Localisation des entrées canalaires**

Dans les principes de base de la réalisation d'une cavité d'accès traditionnelle, il est recommandé d'avoir un accès visuel direct pour chaque entrée canalair. Ceci n'est pas valable pour les cavités conservatrices et ultraconservatrices puisqu'il est demandé de conserver au maximum la dentine péri-cervicale et une partie du plafond pulpaire, réduisant ainsi le champ visuel.

Il est donc nécessaire de connaître l'anatomie canalo-radiculaire, de s'équiper d'aides visuelles et de planifier le traitement endodontique en étudiant les radiographies préopératoires (2D ou 3D) afin de localiser au mieux les canaux radiculaires.

Une étude a comparé l'influence de la forme de la cavité d'accès sur la détection des canaux radiculaires (39). Deux types de cavités ont été étudiées, les cavités d'accès traditionnelles et les cavités conservatrices.

Le protocole de l'étude était le suivant :

- Quinze dents ont été attribuées dans chaque type de cavités : cavités traditionnelles et cavités conservatrices
- Les cavités d'accès traditionnelles sont préparées en suivant les principes généraux émis dans la littérature (34). Les cavités d'accès conservatrices ont été préparées en réalisant une ouverture au centre de la dent avec une extension si nécessaire pour détecter les orifices canalaires, tout en préservant un maximum de dentine péri-cervicale et une partie du plafond pulpaire. Trois étapes de détections ont été mises en place :
  - 1<sup>ère</sup> étape : les canaux sont détectés sans aides visuelles

- 2<sup>ème</sup> étape : les canaux sont détectés avec l'aide d'un microscope opératoire (grossissement x16)
- 3<sup>ème</sup> étape : les canaux sont détectés à l'aide d'un insert ultrason endodontique sous microscope opératoire.
- A la suite de ses trois étapes si le canal n'a pas été trouvé, l'échantillon a été classé comme étant non détecté

Les résultats de l'étude ont montré une détection plus importante dans les étapes 1 et 2 pour les cavités d'accès traditionnelles tandis que la majorité des canaux seront détectés dans l'étape 3 pour les cavités d'accès conservatrices.

L'étude a également démontré qu'il n'existait pas de différence significative sur le nombre de canaux détectés à la suite des trois étapes entre les cavités traditionnelles et les cavités conservatrices.

Une seconde étude (40) s'est intéressée à la détection du second canal mésio-vestibulaire en fonction des différentes cavités d'accès.

Les dents étudiées ont été réparties en 3 groupes : cavités d'accès traditionnelles, conservatrices et ultra-conservatrices.

Les résultats de cette étude ont révélé un taux de détection du MV2 (2<sup>ème</sup> canal mésio-vestibulaire) statistiquement plus élevé dans les cavités d'accès traditionnelles et conservatrices comparé aux cavités d'accès ultra-conservatrices.

Il apparaît donc que les cavités conservatrices et ultra-conservatrices compliquent la mise en place du traitement endodontique par un accès visuel aux canaux réduit et demande l'utilisation d'un équipement spécifique (aides visuelles de fort grossissement).

## **2. Fractures non restaurables**

La réalisation de cavités d'accès conservatrices et ultra conservatrices permet une augmentation de la résistance aux fractures comparable aux valeurs d'une dent saine (38). Cependant, dans cette même étude (38), les auteurs se sont intéressés aux fractures induites par compression afin de connaître leur potentiel de restauration. Une fracture est

considérée comme restaurable si elle se situe au-dessus du niveau osseux et non restaurable si elle se situe en dessous du niveau osseux.

Les résultats de l'étude ont montré que les fractures sur dents saines sont en majorité restaurables alors que les fractures sur les dents ayant des cavités d'accès sont en majorité non restaurables.

L'étude n'a pas mis en évidence de différence significative entre les différentes cavités d'accès (traditionnelles, conservatrices et ultra-conservatrices) et le nombre de fractures restaurables.

Les cavités d'accès conservatrices et ultra conservatrices ne permettent donc pas un meilleur pronostic de préservation de la dent en cas de fracture.

## **IV. Préparation canalaire en endodontie minimalement invasive**

Après la réalisation de la cavité d'accès conservatrice ou ultra conservatrice, il convient de réaliser le cathétérisme et la préparation canalaire afin de mettre en forme le canal en vue de l'obturation ainsi que de la désinfection canalaire. Étant donnée la démarche minimalement invasive mise en place lors de la réalisation de la cavité d'accès, l'opérateur aura un accès visuel et mécanique réduit aux canaux, ce qui peut engendrer des difficultés supplémentaires.

### **A. Cathétérisme et longueur de travail**

Avant la préparation canalaire proprement dite, il convient d'avoir accès au foramen apical afin de déterminer la longueur de travail et de pouvoir réaliser une mise en forme canalaire en toute sécurité.

#### **1. Cathétérisme**

Le cathétérisme est la première étape dans la préparation canalaire, il s'agit de faire passer une lime (manuelle ou mécanisée) de faible diamètre jusqu'à atteindre le foramen apical dans le but de prévenir les risques de butées, de transposition du foramen et les fractures instrumentales en cas d'anatomie canalaire complexe.

Lors de la réalisation de cavité d'accès conservatrice ou ultra-conservatrice, le cathétérisme est d'autant plus important car il permet de mettre en évidence l'anatomie canalaire, de se rendre compte de la complexité du traitement endodontique à mener.

En cours de soins il peut être décidé d'agrandir l'extension de la cavité d'accès en cas de courbure trop importante ressentie par l'opérateur lors du passage de la lime de cathétérisme.

## 1.1. Lime de cathétérisme manuel

Le traitement canalaire est initié par une instrumentation canalaire passive permettant d'explorer et de cathétériser le canal jusqu'au foramen apical.

Les limes de cathétérismes manuelles présentent des caractéristiques communes :

- Elles sont codifiées par une norme ISO 3630 associée à un code couleur qui définit leurs diamètres. Les plus petites limes sont des limes de 6/100<sup>ème</sup> de millimètre à la pointe (Rose). Les plus grosses peuvent atteindre 140/100<sup>ème</sup> de millimètre à la pointe.
- Elles sont le plus souvent en Acier inoxydable mais peuvent aussi être en alliage Nickel-Titane (Ni-Ti) (III.B.2.2).
- Elles possèdent une conicité constante de 2% et elles sont actives sur toutes leur longueur.

Les limes K sont les limes de cathétérismes particulièrement adaptées à l'exploration. Il est recommandé de réaliser un préélargissement canalaire jusqu'à un diamètre de vingt centièmes (ISO Jaune) avant l'utilisation d'instruments de mise en forme en Ni-Ti afin de limiter les risques de fractures instrumentales.

Les limes K sont manipulées par quart de tour en sens horaire puis antihoraire sous légère pression jusqu'à atteindre la longueur de travail estimée.

Elles peuvent être complétées par les limes H (aussi appelé racleur) qui sont des limes plus tranchantes et qui permettent l'élimination de débris. Les racleurs s'utilisent exclusivement en traction.

Lors de la réalisation d'un traitement endodontique minimalement invasif sous microscope, les limes K de diamètre ISO 6, 8 ou 10 (rose, gris et violet) sont intéressantes afin d'obtenir un accès visuel direct aux entrées canalaire tout en permettant l'exploration et le cathétérisme.

## 1.2. Limes de cathétérismes mécanisées

Depuis quelques années sont apparues des limes de cathétérismes mécanisées afin d'aider l'opérateur dans cette étape de préélargissement canalaire. Il a en effet été

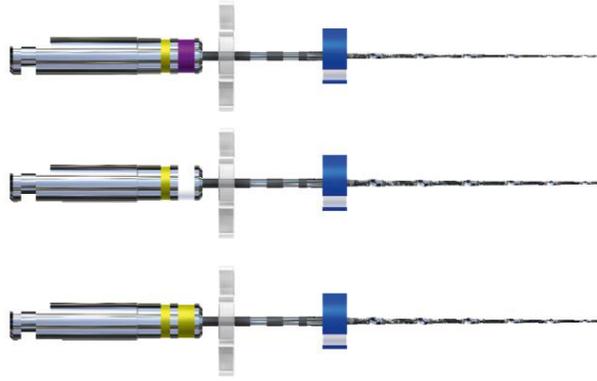
démontré que le cathétérisme est une étape obligatoire avant la mise en forme canalaire par des instruments nickel-titane (41) afin d'appréhender le traitement endodontique à réaliser ainsi que de réduire le risque de fracture instrumentale pendant la mise en forme (42).

L'utilisation de limes de cathétérismes mécanisées intervient généralement après le passage des limes manuelles de faibles diamètres (ISO 6, 8 et 10) dans le but d'obtenir un préélargissement de vingt centièmes de millimètre. Ce préélargissement permet d'avoir une liberté de passage aussi appelée *Glide Path* nécessaire avant la mise en forme canalaire.

De nombreux industriels ont mis au point des limes de cathétérismes mécanisées, dont Dentsply-Sirona avec le WaveOne® Gold Glider, Mirco-Méga avec le One G® ainsi que FKG avec la séquence ScoutRace®.

- Le WaveOne® Gold Glider est une lime de cathétérisme mécanisée fonctionnant en réciprocité de conicité variable de deux à six pourcents et de diamètre ISO 15. Il permet une exploration du canal après le passage d'une lime manuelle ISO 10 jusqu'à l'apex.
- Le One G® est également une lime de cathétérisme mécanisée nécessitant un seul instrument. Il possède une conicité de trois pourcents. Le One G a une pointe non travaillante pour un meilleur respect de l'anatomie canalaire.
- La séquence ScoutRace® (Figure 9) est constituée de trois instruments présentant 2% de conicité et de diamètre ISO 10, 15 et 20. Il est nécessaire d'avoir accès à l'apex de la dent avec une lime manuelle ISO 10 avant l'utilisation de la lime Race ISO 10.

Le choix de ces différents instruments de cathétérisme sera guidé par la séquence d'instrumentation choisie par l'opérateur afin de faire correspondre les limes de cathétérismes aux limes de mise en forme. Ce choix est également guidé par le matériel dont dispose le praticien, en effet, les limes comme le WaveOne® Gold Glider nécessitent un moteur endodontique prenant en charge le mouvement de réciprocité tandis que le One G® et les ScoutRace® s'utilisent en rotation continue.



*Figure 9: Limes de cathétérisme ScoutRace de FKG (43)*

Initialement, le *Glide Path* était réalisé de façon manuelle avec les limes en acier inoxydable. Cependant, celles-ci étant peu flexibles, il est alors difficile de préserver la trajectoire canalaire en présence de forte courbure (44). Avec l'utilisation d'instruments mécanisés – présentant des caractéristiques mécaniques supérieures aux limes manuels –, d'une flexibilité augmentée grâce à l'alliage Nickel-Titane et d'une augmentation de la résistance à la fatigue cycle et à la torsion (44)(45), les risques pour l'opérateur sont diminués. Il a ainsi été démontré que le risque de transport de l'apex était réduit en cas d'utilisation d'une lime ou d'une séquence de limes de cathétérisme mécanisées comparé à l'utilisation d'une séquence de limes manuelles en acier. (46)(47)

L'utilisation des limes de cathétérisme mécanisées s'effectue à faible vitesse (environ 250-400 tours par minute) avec un torque (force de vissage) très faible pour éviter tout risque de vissage et de fausse route. L'instrument doit être utilisé de façon passive, l'opérateur ne doit pas exercer de pression sur la lime. Si celle-ci ne parvient pas à la longueur de travail estimé, il est nécessaire de reprendre l'exploration avec une Lime K (ISO 8 ou 10) associée à une irrigation importante.

Lors d'un traitement endodontique conservateur, la perméabilité canalaire sera réalisée sous aide optique avec des limes manuelles de faibles diamètres (ISO 6, 8 et 10). Une fois la perméabilité canalaire atteinte, l'utilisation d'une lime de cathétérisme mécanisée permet de réduire la transportation de l'apex et ainsi conserver un maximum de dentine radulaire.

L'utilisation d'une lime mécanisée est aussi fortement recommandée suite à une cavité d'accès minimalement invasive. En effet, l'accès réduit dû à celle-ci entraîne une contrainte plus importante sur les instruments notamment au niveau coronaire. Les limes de cathétérismes mécanisées présentant une flexibilité augmentés (48) permettent à l'opérateur d'avoir un accès facilité et sécurisé même en cas de cavités d'accès conservatrice. De plus, l'utilisation d'une unique lime rend la localisation et le travail sous aide optique plus simple pour le praticien.

## **2. Longueur de travail**

La réussite d'un traitement endodontique passe par une mise en forme tridimensionnelle permettant une obturation étanche du réseau canalaire. À cela s'ajoute une difficulté à laquelle tout praticien a déjà été confronté : la détermination de la longueur de travail.

La longueur de travail est définie par la distance séparant un repère coronaire fixe (choisi par le praticien) de la limite apicale de l'endodonte. (49) Cette longueur de travail (LT) devra être respectée et vérifiée tout au long du traitement endodontique.

### **2.1. Prérequis**

Avant de vouloir déterminer une longueur de travail, il est nécessaire d'avoir un repère coronaire stable qu'il soit naturel ou reconstitué. L'essentiel étant qu'il soit simple à repérer et toujours au même point afin d'avoir une LT fiable. Une reconstitution coronaire pré endodontique (RCPE) doit être envisagée en cas de délabrement trop important de la dent concernée. Cette reconstitution permettra la création d'un repère coronaire fiable ainsi qu'une facilitation de la mise en place du champ opératoire, la création d'un réservoir d'irrigant et la pose d'une obturation provisoire étanche. (50)

Il convient aussi de définir la limite apicale de l'endodonte pour pouvoir mesurer correctement la longueur de travail. Idéalement, le traitement endodontique devrait se terminer à la jonction endo-parodontale, c'est-à-dire à la jonction cémento-dentinaire or cette jonction n'est pas décelable radiologiquement.

Le foramen apical peut être utilisé comme repère car il est localisable grâce au localisateur d'apex électronique. Par ailleurs, deux courants de pensées existent concernant la limite apicale au niveau du foramen. Certains conseillent de s'arrêter à 0,5mm du foramen afin de ne pas créer un transport et/ou un élargissement de celui-ci quand d'autres estiment qu'il faut choisir le foramen comme limite apicale et créer une conicité régulière à partir de celui-ci afin d'éviter toute zone apicale non instrumentée qui pourrait créer un réservoir à bactéries. (51)

## 2.2. Détermination de la longueur de travail

La longueur de travail est déterminée lors du cathétérisme, tout d'abord avec une longueur de travail estimée via la radiographie préopératoire en association avec les sensations tactiles du praticien lors du passage de la constriction apicale. Cette longueur de travail estimée permet d'avoir un ordre de grandeur lors du passage des première limes K de faibles diamètres (ISO 6, 8 et 10) et ainsi éviter un dépassement apical pouvant causer des lésions du parodonte.

La détermination de la longueur de travail réelle est possible selon deux principes : la détermination radiographique et la détermination électronique.

- La détermination radiographique de la longueur de travail consiste à prendre une radiographie rétroalvéolaire avec une lime K (ISO 8 ou 10) en place dans le canal et d'estimer la position de celle-ci par rapport à l'apex radiologique de la dent. Cette radiographie doit être réalisée selon la technique des plans parallèles avec un angulateur afin de limiter la déformation. (52)
- La détermination électronique de la longueur de travail est possible grâce à un localisateur d'apex électronique. Le fonctionnement du localisateur d'apex repose sur des mesures d'impédance de plusieurs courants alternatifs de fréquences différentes. (53)

L'utilisation du localisateur d'apex est possible uniquement en cas d'isolation de la dent par un champ opératoire afin d'éviter une dérivation électrique qui pourrait fausser le résultat.

Pour déterminer la longueur de travail, le praticien utilise une lime K de diamètre le plus proche du canal (ISO 10 ou 15) reliée au localisateur d'apex, ainsi qu'une

électrode partant du localisateur et en contact avec la lèvre inférieure du patient. Lors de la pénétration de la lime dans le canal le localisateur émettra un signal sonore ou visuel en approche de la région apicale, l'opérateur ajustera alors le stop en silicone afin d'enregistrer la longueur de travail sur la lime puis elle sera mesurée avec une réglette millimétrée. (54)

La plupart des localisateurs d'apex détectent le foramen apical. Suivant la technique choisie (cf III.A.2.1) il conviendra de retirer ou non 0,5mm à la longueur obtenue.

Les deux techniques de détermination de la longueur de travail doivent être associées à des techniques de vérification de celles-ci tout au long du traitement endodontique. Une radiographie cône en place est effectuée juste avant l'obturation afin de confirmer la LT. Un test lors du séchage du canal avec les cônes papiers peut aussi être effectué. Le cône de papier est inséré délicatement en excès, la partie du cône dépassant est alors imbibé de sang, la longueur de travail peut alors être mesurée entre le repère coronaire et la limite du sang.(49) Enfin, une radiographie finale après l'obturation est réalisée afin de contrôler l'absence de matériaux d'obturation dans le péri-apex.

Il est également possible de déterminer la longueur de travail de façon très précise grâce au CBCT.(55) Le CBCT contrairement à la radiographie rétroalvéolaire permet de réaliser des mesures précises (cf II.A.4). Les outils de planification telles que 3D Endo™ (Dentsply Sirona) permettent la réalisation de mesures des longueurs de travail. Cependant la détermination de la LT ne constitue pas à elle seule une indication à la réalisation d'un Cone Beam.

La détermination de la longueur de travail est un acte complexe lequel doit être conduit tout au long du traitement endodontique. Avec l'évolution des localisateurs d'apex électroniques, ces derniers sont devenus la référence dans la mesure de la LT. Par ailleurs, ils doivent être couplés aux moyens radiographiques afin d'obtenir les valeurs les plus justes possibles.

## **B. Instrumentation et mise en forme canalaire**

La mise en forme canalaire est une étape clé dans le traitement endodontique, en effet celle-ci va conditionner l'antiseptie et l'obturation du canal (56). La mise en forme consiste en l'aménagement de l'espace canalaire afin de permettre le nettoyage et l'obturation de celui-ci.

Il existe deux concepts de mise en forme canalaire (22) :

- Une approche standardisée, laquelle a pour objectif l'élimination d'une épaisseur importante de dentine au niveau du tiers apical ce permettant la création d'une boîte apicale cylindrique qui bloque les matériaux au moment de l'obturation. Cette technique est particulièrement bien adaptée lors d'une obturation condensée latéralement à froid.
- Une approche fondée sur la conicité, qui défend une conicité régulière décroissante de l'entrée canalaire jusqu'à l'apex de diamètre suffisamment important afin de garantir une circulation de la solution d'irrigation. Tout en respectant la trajectoire originelle du canal et sans agrandir et déplacer le foramen apical. Cette approche fondée sur la conicité permet une obturation tridimensionnelle possible par la convergence des parois transformant ainsi la poussée verticale en poussée latérale lors de la compaction à chaud.

Aucune étude n'a permis de démontrer la supériorité de l'un des deux concepts en termes de taux de succès lors d'un traitement endodontique. Cependant, dans la démarche d'une dentisterie conservatrice, l'approche fondée sur la conicité permet une conservation plus importante de dentine canalaire et s'inscrit donc naturellement dans le traitement en endodontie minimalement invasive.

### **1. Objectif de mise en forme**

Lors de la réalisation de la mise en forme il convient de distinguer les objectifs biologiques des objectifs mécaniques.

#### **1.1. Objectif biologique**

L'objectif majeur de la mise en forme est le retrait complet du système organique canalaire qui comprend le système pulpaire, les micro-organismes et les calcifications. Ce retrait complet ne peut être effectué qu'en couplant l'action mécanique de la mise en forme avec une irrigation importante qui contribuera à l'élimination des déchets organiques et inorganiques.

## **1.2. Objectifs mécaniques**

Les objectifs mécaniques dépendent avant tout du concept de mise en forme choisi par l'opérateur. Comme décrit précédemment (cf III.A.), lors d'un traitement minimalement invasif, le concept basé sur la conicité sera privilégié.

Les objectifs mécaniques sont :

- Permettre une mise en forme conique de l'apex jusqu'à l'entrée canalaire pour un débridement canalaire optimal, une irrigation facilitée et une obturation tridimensionnelle.
- Préserver l'anatomie canalaire originelle. En effet, il faut réaliser un élargissement canalaire de façon homothétique pour éviter tout risque de fausses routes et de fractures radiculaires.
- Maintenir la courbure apicale qui permet de ne pas délocaliser le foramen apical.
- Respecter le diamètre du foramen apical lors du traitement. Il n'est pas nécessaire d'augmenter le diamètre apical au risque de créer un dépassement lors de l'obturation. L'action passive et répétitive d'un instrument de faible diamètre permettant d'activer la solution d'irrigation peut suffire à décontaminer la zone apicale et contribue au respect de l'anatomie canalaire.
- Préserver les structures dentaires au maximum, notamment au niveau de la dentine peri-cerviale (cf II.B.2.).

## **2. Instruments de mise en forme manuels**

Initialement la mise en forme était réalisée avec des limes K et H (cf III.A.1.1) en acier inoxydable. Ces limes présentent une conicité unique de deux pourcents et peuvent aller jusqu'à quatre-vingts centièmes de millimètre. L'opérateur après avoir réalisé le

cathétérisme (passage lime ISO 20), passe successivement des limes de plus gros diamètre jusqu'à atteindre la taille de lime qui correspond au diamètre apical (en général lime ISO 30-35). Enfin, la mise en forme de façon conique du tiers apical s'effectue par l'utilisation de limes de diamètre croissant avec un retrait de 0,5 ou 1 mm entre chaque instrument afin d'obtenir une conicité de 5 à 10%.

Le problème de la mise en forme canalaire manuelle est dû principalement à la rigidité des limes en acier inoxydable de gros diamètre. Aussi, un certain nombre d'obstacles peuvent se produire lors d'un traitement manuel :

- Le transport interne : La rigidité des limes en acier inoxydable va créer une usure plus importante sur la paroi radiculaire située en regard de la courbure. Cette usure produit des copeaux dentinaires pouvant alors s'agglomérer dans la partie apicale créant un bouchon dentinaire du côté opposé à la courbure apicale. Il en résulte une perte de longueur de travail et la création d'un épaulement.
- Le transport externe : au niveau du foramen apical, sous l'action de la rigidité de la lime celui-ci se retrouve déplacé du côté opposé à la courbure apicale (transportation du foramen apical).
- La perforation radiculaire : dans les canaux présentant de fortes courbures, la lime ne peut suivre correctement le trajet canalaire étant donné sa rigidité. Une perforation de la dentine radiculaire peut alors créer soit une butée soit un foramen iatrogénique.

Pour parer à toutes ces déconvenues, il est impératif de réaliser une pré-courbure des instruments à l'aide d'une précelle afin de limiter la transportation du foramen et respecter au mieux le trajet originel du canal.

Cependant, même en pré-courbant les instruments, la rigidité des limes en acier inoxydable reste un problème lors de la mise en forme canalaire.

### **3. Instrument de mise en forme en rotation continue**

Afin de faciliter le traitement endodontique et de respecter au mieux l'anatomie canalaire, les fabricants ont mis au point des instruments de mise en forme mécanisés plus souples que les limes manuelles en acier inoxydable. Le développement de ces limes de mise en forme mécanisées a été possible suite à l'arrivée du Nickel-Titane en odontologie.

### 3.1. Alliage Nickel-Titane

L'alliage Nickel-Titane (NiTi) utilisé en endodontie est un généralement un mélange stœchiométrique (50% Nickel-50 % Titane) mais la composition exacte est rendue secrète par les industriels. Les industriels ont commencé à développer les limes en NiTi ainsi que la rotation continue dans les années quatre-vingt-dix. Le Niti est apprécié par les manufacturiers de lime endodontique ainsi que par les praticiens pour sa super-élasticité. En effet, les instruments de mise en forme canalaire sont capables de se déformer de manière réversible sous la contrainte. Une fois que la contrainte cesse, l'instrument reprend sa forme initiale et ceci jusqu'à des niveaux de déformation de dix pourcents. (57) L'énergie fournie à l'instrument est stockée de façon non dissipative et est donc récupérable à 100%.

Le nickel-titane est également un alliage à mémoire de forme (AMF) pouvant récupérer intégralement une forme définie par simple chauffage après déformation. (58)

Les propriétés pseudo-élastiques (super-élasticité et mémoire de forme) du nickel-titane sont dues à la transformation martensitique. (59) Cette transformation repose sur le passage d'une phase mère de haute température appelé austénite à une phase fille base température appelé martensite. Dans certains cas, une phase intermédiaire nommée Phase R peut précéder l'apparition de la phase martensitique. (58) Pour les alliages à mémoire de forme, cette transformation est de premier ordre, c'est-à-dire qu'elle est totalement réversible. Le passage de la phase mère à la phase fille se fait sous application d'une contrainte (thermique ou mécanique) à l'alliage.

Les propriétés super-élastiques et à mémoire de forme des instruments endodontiques en NiTi ont permis une facilitation du traitement endodontique notamment grâce à leur souplesse augmentée. En effet, ils induisent une contrainte moins importante que les limes aciers sur les parois canalaire et épousent au mieux la trajectoire naturelle du canal.

D'un point de vu mécanique, les limes en nickel-titane sont plus flexibles (60) et plus élastiques que les limes en acier utilisées traditionnellement. Lors de l'arrivée des limes en NiTi sur le marché, nombreux ont été les praticiens à les avoir jugées fragiles ou cassantes. Pourtant, il a été admis qu'une résistance à la fatigue et une résistance à la fatigue en torsion étaient supérieures aux instruments en acier inoxydable. (61)

Les instruments en nickel-titane sont soumis à deux types de fracture : les fractures suite à une fatigue cyclique et les fractures suite à une fatigue en torsion. La fracture par fatigue

cyclique correspond à une fracture survenant lors d'une succession de cycle de tension/compression au niveau du point maximum de tension.(62) Tandis que la fracture en torsion correspond à une fracture survenant lorsque l'extrémité travaillante de la lime est bloquée dans le canal et que le reste de la lime continue sa rotation du à un couple (torque) de rotation trop élevé. Une fois la limite élastique de la lime atteinte, celle-ci se fracture.(62)

### **3.2. Traitement thermique de surface du nickel-titane**

Dans le but d'une amélioration constante des caractéristiques mécaniques des instruments d'endodontie, les fabricants de limes ont développé différentes innovations telles que des modifications du design des limes ainsi que des traitements de surface sur ces dernières. Ces paramètres représentent les évolutions majeures apparus dans les années 2000.

Il existe deux types de traitement thermiques : les traitements thermiques réalisés lors de la fabrication de l'alliage nickel-titane (63), c'est-à-dire, réalisé par les fournisseurs de l'alliage et les traitements thermiques supplémentaires réalisés pendant le processus de fabrication des limes endodontiques (64) pouvant être réalisées par les fabricants de limes

L'ensemble des limes nickel-titane subissent un traitement thermique en fin de fabrication afin de rétablir la super-élasticité propre au nickel-titane. En effet, lors de leur usinage à froid, des contraintes internes provoquent une augmentation de la dureté des limes et une limitation de leur ductilité. (65)

Enfin, les traitements de surface additionnels du nickel-titane ont été développés à partir de 2007 avec le traitement M-wire. Ils ont pour but d'augmenter la flexibilité des limes, la résistance à la fatigue ainsi que la résistance à la torsion. Les limes ainsi proposées aux praticiens sont donc moins fragiles.

Les traitements thermiques additionnels ont une influence sur les proportions d'austénite, de phase R et de martensite afin de faire varier la super-élasticité, la mémoire de forme ou encore la flexibilité de l'instrument. Ils vont également diminuer la contrainte nécessaire à la transformation martensitique.

Ainsi, en faisant varier les phases présentes et en diminuant les contraintes nécessaires pour le changement de phase, les traitements thermiques permettent d'élever les

températures de transformation ayant pour conséquence une amélioration des propriétés mécaniques notamment au niveau de la flexibilité et donc sur la résistance à la fatigue cyclique. (66)

La première génération de lime nickel-titane était représentée par les limes en nickel-titane conventionnelles (ProTaper®) qui présentaient déjà un avantage considérable face aux limes en acier.

La seconde génération fut lancée en 2007 par l'arrivée des traitements thermiques additionnels et notamment le M.Wire® associé aux limes ProTaper® Next™ (Dentsply Sirona), WaveOne® (Dentsply Sirona) et Reciproc® (VDW). Les instruments recevant un traitement thermique M.Wire® sont plus flexibles et offrent une plus grande résistance à la fatigue (61)(67) que leurs homologues en Nickel-titane conventionnel.

Enfin la troisième génération de lime en nickel-titane concerne les traitements thermiques les plus récents. L'alliage blue technology, l'alliage gold technology, les alliages T.Wire et C.Wire et l'alliage MaxWire® sont les plus connus et les plus récents.

- L'alliage blue technology est présent sur les Reciproc® Blue (VDW), cette alliage présente une flexibilité et une résistance à la fatigue augmentée (61) comparés aux limes en NiTi conventionnel ou M.Wire®.
- L'alliage gold technology aujourd'hui utilisé sur les ProTaper® Gold et WaveOne® Gold (Dentsply Sirona) permet une flexibilité (68) et une résistance à la fatigue accrue (69) comparé aux limes de première et de seconde génération.
- Les alliages T.Wire et C.Wire développés par MicroMega en 2016 et 2018 permettraient, au même titre que les autres traitements thermiques de troisième génération, d'améliorer la flexibilité et la résistance à la fatigue.
- L'alliage MaxWire® conçu par FKG en 2016 apparue sur les XP-Endo® Shaper, XP-Endo® finisher et XP-Endo® Retreatment est un alliage de dernière génération. Le XP-Endo® Shaper est plus résistant à la fatigue qu'une iRace en NiTi conventionnel (70).

Les traitements thermiques apportés aux limes nickel-titane ont permis d'améliorer la flexibilité et la résistance à la fatigue, cependant pour la résistance à la torsion le résultat est à modérer, ces instruments sont plus flexibles et leur résistance est donc diminuée. (71) Cependant, aucune évolution majeure avec les traitements thermiques sur la résistance à la torsion n'a été observée.

### 3.3. Instrumentation mécanisée séquentielle à mouvement

#### continu

L'avènement de l'alliage nickel-titane a permis la mise en place de limes endodontiques mécanisées. Ces limes permettent une réduction du temps de traitement tout en respectant au mieux l'anatomie radulaire (72), en propulsant moins de débris canalaire dans le périapex (73) et en permettant une obturation tridimensionnelle de meilleure qualité. (74) Les limes de mise en forme mécanisées nécessitent d'être couplées à un contre angle endodontique ou à un moteur spécifique pour l'endodontie fonctionnant à basse vitesse (entre 300 et 600 tours/minute).

La mise en forme du canal s'effectue dans le sens corono-apical (crown down) afin d'éliminer les contraintes coronaires au début de la préparation et de réaliser la préparation apicale à la fin de l'instrumentation.

L'utilisation des limes mécanisées en Nickel-Titane est passive en respectant les données des fabricants (nombre d'utilisations et vitesse de rotation). La lime va guider l'opérateur dans le canal et celui-ci ne doit pas exercer de pression sur l'instrument afin d'éviter un effet de vissage pouvant entraîner un dépassement ou une fracture par torsion de l'instrument. (74) De petits gestes de va-et-vient sont réalisés afin d'amener l'instrument jusqu'à la longueur de travail. L'instrument doit être nettoyé régulièrement lors de sa progression dans le canal afin de préserver une efficacité de coupe et éviter tout risque de projection de débris dans le périapex. Entre chaque instrument, l'opérateur réalisera une irrigation afin d'éliminer les débris canaux et permettre la désinfection. Une lime de perméabilité sera également insérée régulièrement afin de vérifier l'absence de bouche coronaire.

Actuellement, il existe des dizaines de références sur le marché, la plupart des fabricants de limes endodontiques produisant des instruments rotatifs en Nickel-Titane. Les systèmes les plus connus sont ProTaper® (Dentsply-Sirona), iRace® (FKG) ainsi que 2Shape® (MicroMega).

- Le système ProTaper® (Dentsply-Sirona), aujourd'hui remplacé par le ProTaper Gold® (traitement thermique gold-wire) (Figure 10) est composé d'une séquence de 3 *shapings files* (SX, S1 et S2) de conicité croissante et de 5 *finishings files* (de F1 à F5) permettant une mise en forme du tiers apical.

Le SX (diamètre 019 et 4% de conicité) permet à l'opérateur de relocaliser les entrées canalaires. Le S1 (Ø018 et conicité 2%) assure la mise en forme du tiers coronaire et la perméabilité des deux tiers apicaux. Enfin, le S2 (Ø020 et conicité 4%) met en forme le tiers médian. Le F1 (Ø020, conicité 7%), le F2 (Ø025, conicité 8%) et F3 (Ø030, conicité 9%) mettent en forme le tiers apical. Le F4 (Ø040, conicité 6%) et F5 (Ø050, conicité 5%) seront plus rarement utilisés.

Les limes ProTaper Gold® s'utilisent à une vitesse idéale de 300 tours par minute avec un couple de 5.10 N.cm pour SX et S1, 1.50 N.cm pour S2 et F1 et 3.10 N.cm pour F2 à F5. Les *shapings files* s'utilisent en effectuant un mouvement de balayage le long des parois tandis que les *finishings files* sont utilisées sans mouvement de balayage. Le foramen est mesuré à l'aide d'une lime manuelle correspondant à la dernière *finishing file* engagée, si la lime est bien ajustée la mise en forme est terminée. Si celle-ci flotte dans le canal, il faut poursuivre avec la lime de finition de diamètre supérieur.

- Le système iRace® (FKG) se compose de trois instruments de mise en forme ainsi que de deux limes supplémentaires en cas de canaux courbes, étroits ou calcifiés. Les trois premiers instruments peuvent se suffire à eux-mêmes dans la grande majorité des cas, le R1 (Ø015, conicité 6%), le R2 (Ø024, conicité 4%) et R3 (Ø030, conicité 4%) sont utilisés directement jusqu'à la LT à une vitesse de 600 tours minutes avec un couple de 1,5 Newton-centimètre.

Si la LT ne peut être atteinte avec R1, il est recommandé d'utiliser les limes R1a (Ø020, conicité 2%) et R1b (Ø025, conicité 2%) qui sont des instruments très flexibles et permettant d'accéder à la LT. Ensuite, l'opérateur reprendra la séquence classique avec R2.

- Le système 2Shape® (MicroMega) est composé uniquement de deux limes qui sont traitées thermiquement par le traitement T.Wire qui leur confère une grande flexibilité et une grande résistance à la fracture.

Les limes TS1 (Ø025, conicité 4%) et TS2 (Ø025, conicité 4%) sont utilisées directement jusqu'à la LT à une vitesse de 250 à 400 tours par minute.

Dans certains cas, l'opérateur peut avoir accès à deux limes de finition apicale : le F35 (conicité 6%) pour les canaux larges et droits et le F40 (conicité 4%) pour les canaux courbes et étroits.

Une étude (75) a été réalisée afin de comparer le ProTaper® Gold et le système 2Shape® sur leur capacité de mise en forme et le respect de l'anatomie canalaire. L'étude s'appuie sur un contrôle via un examen cone-beam. Trois critères ont été évalués : le volume de dentine éliminé, la transport canalaire et le ratio de préparation centrée sur le canal. Dans les trois critères, le système 2Shape® (Micro-Méga) était supérieur au ProTaper® Gold (Dentsply-Sirona), c'est-à-dire qu'il a éliminé une quantité moindre de dentine canalaire, le transport canalaire était moins important et de ce fait la préparation était davantage centrée sur le canal.

Les préparations canalaires sont donc de plus en plus conservatrices notamment avec les limes dernière génération qui associent le Nickel-titane à certains traitements thermiques. Le surplus de flexibilité apporté par les traitements thermiques permet une conservation de la forme originelle du canal et s'inscrit ainsi dans une démarche de conservation tissulaire en endodontie.

Le système 2Shape® permet une préparation canalaire moins agressive que le système ProTaper® Gold (75) et pourrait donc être recommandé pour les traitements peu invasifs.



*Figure 10: Séquence ProTaper® Gold (76)*

### **3.4. Instrumentation mécanisée unique à mouvement continu**

L'évolution de l'alliage nickel-titane associée aux traitements thermiques à permis l'augmentation de la conicité des limes de traitement canalaire. Les industriels ont ainsi pu développer des limes de mise en forme unique.

Ces limes sont utilisées de la même façon que les limes de mise en forme mécanisée séquentielles, c'est-à-dire avec un mouvement de va-et-vient corono-apical de faible amplitude.

L'utilisation de limes de mise en forme unique permet un gain de temps pour l'opérateur ainsi qu'une mise en forme centrée sur le canal tout en réduisant le risque de buté (77) du fait de l'utilisation d'un instrument unique à forte conicité.

Les instruments uniques de mise en forme sont des instruments à usage unique permettant de réduire le risque de fracture dû à la fatigue cyclique. Ils visent également à réduire les problèmes liés à la stérilisation (en facilitant l'ergonomie). Ils représentent néanmoins un coût financier plus important.

Les instruments de mise en forme unique utilisés en rotation actuellement présents sur le marché sont : le One Curve® de chez Micro-Méga et le XP-Endo® Shaper de chez FKG.

- Le One Curve® est une lime en nickel titane associée à un traitement thermique en C.Wire (cf III.B.3.2) développée par Micro-Méga. Avec un diamètre apical de 25 et une conicité de 6%, il permet une mise en forme complète des canaux dans la majorité des cas. Il est recommandé de l'utiliser à une vitesse de 300tr/min et à un couple de 2,5 N.cm.
- Le XP-Endo® Shaper (Figure 11) est un instrument de mise en forme unique basé sur un traitement thermique MaxWire®. FKG recommande une utilisation à 1000tr/min associé à un couple de 1 N.cm.

Le XP-Endo® Shaper a une conception innovante. En effet, il a la faculté de commencer la mise en forme à un diamètre ISO 15 avec une conicité de 1% pour atteindre un diamètre ISO 30 et une conicité minimum de 4% en fin de préparation avec un seul instrument. Cela est possible grâce à un effet de fouet sur les parois du XP-Endo® Shaper. Ainsi, celui-ci se dilate et se contracte en fonction de la morphologie canalaire.

Dans le cas de canaux très courbés ou très fins, l'utilisation du XP-Endo® Finisher est fortement recommandée après une préparation d'au moins ISO 25. XP-Endo® Finisher Ø ISO 025 comporte une conicité nulle. Il est en phase martensite en dessous de 35°C ce qui rend la lime malléable et il passe en phase austénite lorsque la température dépasse 35°C. À la température de travail (supérieure à 35°C) le XP-Endo® Finisher prend une forme de bulbe sur les 6 mm apical afin d'agir comme un fouet et de suivre l'anatomie canalaire.

Les études réalisées sur l'XP-Endo® Shaper (FKG) (78–80) montrent une bonne capacité de mise en forme canalaire. Cependant le pourcentage de parois canalaires non instrumentées est comparable aux systèmes de mise en forme séquentielles à conception plus classique (iRace® ; FKG).

De plus, le XP-Endo® Shaper avec son traitement thermique MaxWire® associé à un diamètre de lime réduit assure une excellente résistance à la fatigue (70). Il constitue une véritable révolution dans la préservation tissulaire de la dentine pariétale.



*Figure 11: XP-Endo® Shaper de FKG (81)*

### **3.5. Instrumentation mécanisée unique à mouvement réciproque**

Le mouvement réciproque est apparu à la fin des années 1990 puis a largement été exploité lors de la commercialisation du WaveOne® (Dentsply-Sirona).

Le mouvement réciproque consiste en un mouvement horaire et antihoraire alternatif et asymétrique. Ce type de mouvement nécessite l'utilisation d'un moteur spécifique prenant en charge la réciprocité. Théoriquement, toutes les limes peuvent être utilisées en mouvement réciproque mais quelques-unes sont développées spécifiquement pour ce mouvement comme le WaveOne® Gold (Dentsply-Sirona) et le Reciproc® Blue (VDW). Le mouvement de réciprocité sécurise d'avantage le traitement endodontique. Il permet à l'instrument d'être parfaitement centré sur la trajectoire canalaire (82) limitant ainsi le risque de fausse route ou de butée tout en permettant une économie tissulaire. De plus, il permet de réduire les risques de fracture par torsion en évitant l'effet de vissage réduisant ainsi les contraintes sur l'instrument (83). Les instruments utilisés en réciprocité sont des instruments de mise en forme unique, permettant un gain de temps non négligeable.

- Le WaveOne® Gold (Dentsply-Sirona) fait suite au WaveOne® qui était la première lime de réciprocité apparue sur le marché. Le WaveOne® Gold existe en quatre tailles différentes : *small* Ø20 et 7% de conicité, *primary* Ø25 et 7% de

conicité, *medium* Ø35 et 6% de conicité et enfin *large* Ø45 et 5% de conicité. Dans la majorité des cas, seul le WaveOne® Gold Primary pourra être utilisé pour la mise en forme canalaire.

- Le Reciproc® Blue (VDW) est une lime de réciprocité avec un traitement *Blue wire*. Il existe 3 tailles de limes : R25 Ø25 et conicité de 8%, R40 Ø40 et conicité de 6% et R50 Ø50 et conicité de 5%.

L'utilisation d'un instrument de mise en forme unique en réciprocité permet une mise en forme au moins aussi bien qu'avec une séquence multiple (84). Il a été démontré que la préparation canalaire avec le système WaveOne® (Dentsply-Sirona) ou avec le système Reciproc® (VDW) permet une élimination d'endotoxines et de bactéries cultivables aussi importante que lors d'utilisation de systèmes tels que le ProTaper® (Dentsply-Sirona). (85)

Des études ont été réalisées sur l'extrusion apicale de bactéries avec l'utilisation d'un système de préparation canalaire unique comparé à un système séquentiel (83,86). Pour les auteurs, dans tous les systèmes, une extrusion apicale se produit. Cependant, moins de débris seraient éjectés avec le système de réciprocité (83). Les auteurs s'accordent sur le fait que l'extrusion apicale dépend surtout du mouvement et du design de l'instrument travaillant dans la partie apicale et non pas du nombre de limes.

#### **4. Spécificité en endodontie minimalement invasive**

L'endodontie minimalement invasive débute par une analyse opératoire facilitée par le développement de l'imagerie 3D (CBCT), cette dernière permet un abord plus conservateur en cas de complexité anatomique.

La mise en place d'un traitement endodontique minimalement invasif demande une préparation minutieuse avec d'importants équipements (loupe ou microscope, radio préopératoire, fraises adaptées...). Le choix de l'instrumentation canalaire est primordial pour la bonne réussite du traitement endodontique.

Une exploration manuelle sera toujours réalisée à l'aide des limes K de faible diamètre (ISO 6, 8 et 10) permettant l'accès à la limite apicale et ainsi obtenir la sensation tactile lors du traitement endodontique futur.

Par la suite, le cathétérisme mécanisé à l'aide d'instrument nickel-titane sera privilégié afin de réduire le risque de fracture et de conserver la trajectoire canalaire originelle en cas de forte courbure (46).

La préparation canalaire sera réalisée de façon mécanisée avec des instruments en nickel-titane de troisième génération. Le choix d'un instrument de mise en forme unique peut être judicieux pour le respect de la trajectoire canalaire et la réduction du risque de fracture liée à la fatigue instrumentale.

Le praticien a le choix entre des instruments en rotation continue ou des instruments en réciprocité. Le choix sera surtout personnel.

Comme nous l'avons décrit auparavant, le XP-Endo® Shaper (FKG) et son traitement thermique MaxWire® permettent un bon respect de l'anatomie canalaire associé à une bonne résistance à la fatigue. Il représente une lime sûre pour les traitements minimalement invasifs.

Les instruments tels que le WaveOne® Gold (Dentsply-Sirona) et le Reciproc® Blue (VDW) constituent également une alternative dans les traitements conservateurs. Le mouvement de réciprocité permet une préparation centrée sur le canal tout en réduisant le risque de fracture à la torsion. Les instruments bénéficiant également d'un traitement thermique dernière génération permettent une excellente résistance à la fatigue pour un traitement endodontique sécurisé.

L'instrumentation en endodontie minimalement invasive doit associer des instruments à faible risque de fracture à un opérateur expérimenté capable d'évaluer le risque clinique de fracture instrumentale. En effet, l'accès réduit dû à la mise en place de cavité d'accès minimalement invasive peut induire des contraintes sur les limes et augmenter ainsi le risque de fracture. De plus, une fracture instrumentale nécessiterait un délabrement tissulaire important afin d'éliminer l'instrument fracturé remettant en cause le traitement minimalement invasif.

Le gain de temps alloué par l'utilisation d'un instrument unique doit être mis au profit de l'irrigation finale pour une désinfection maximale du canal. La totalité des parois n'étant pas travaillée lors de la préparation canalaire, l'irrigation est indispensable et non négligeable.

## **V. Irrigation et obturation canalaire en endodontie minimalement invasive**

### **A. Irrigation canalaire**

La mise en forme canalaire ne peut suffire à éliminer complètement les microorganismes présents dans le réseau canalaire dentaire. La préparation canalaire est une préparation chimio-mécanique pour permettre une désinfection optimale du réseau canalaire. L'action mécanique de la mise en forme est associée à l'action chimique avec des solutions d'irrigation.

#### **1. Le biofilm bactérien**

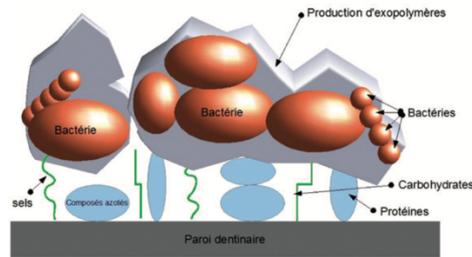
Au départ les bactéries sont présentes dans le réseau canalaire sous forme planctonique, puis rapidement elles se regroupent sous forme de biofilm.

Les biofilms (Figure 12) sont composés d'une matrice intracellulaire au sein de laquelle sont retrouvées des bactéries d'espèces différentes (87). L'organisation en biofilm permet une meilleure résistance des bactéries par rapport à leurs homologues sous forme planctonique (88), notamment une résistance accrue aux solutions d'irrigations utilisées en endodontie.

Le développement du biofilm endodontique s'effectue par étapes. Tout d'abord, l'adhésion bactérienne sur son support qui est au départ réversible puis devient irréversible avec l'apparition des protéines ligands. Ensuite, il y a la maturation avec la formation de micro-colonies bactériennes associée à la formation de la matrice extracellulaire, puis arrive la phase de croissance qui se fait de façon exponentielle et enfin la phase de dispersion. (87)

Les bactéries les plus souvent retrouvées sont des bactéries anaérobies strictes ou Gram- dans les cas de parodontie apicale primaire et des bactérie anaérobie Gram+ dans les parodontites apicales.

On peut retrouver des biofilms intra-canaux mono ou multicouches, extra-canaux et péri-apicaux.



*Figure 12: Schéma du biofilm endodontique (87)*

## 2. Action mécanique de la mise en forme canalaire

La préparation canalaire ne permet pas une élimination totale du biofilm car une partie des parois canalaires n'est pas instrumentée (89). Cependant, l'action mécanique des limes permet une mise en forme du canal avec une conicité plus ou moins importante. Cette mise en forme associée à la conicité canalaire permet à la solution d'irrigation d'accéder à l'ensemble du réseau canalaire et favorise la circulation et le renouvellement régulier de celle-ci.

Les débris détachés lors de la mise en forme canalaire forment la boue dentinaire ou « *smear layer* ». Cette dernière est composée de collagène, d'eau, de cristaux d'hydroxyapatite, de sang, de salive et de micro-organisme. (90) La couche de boue dentinaire mesure en général 1 à 2 micromètres et peut pénétrer jusqu'à 40 micromètres dans les tubuli dentinaires lui conférant ainsi une adhérence élevée. (91)

## 3. Solutions d'irrigation

La solution d'irrigation doit permettre une asepsie dans la totalité du réseau canalaire malgré la non-préparation de certaines parois et permettre également l'élimination de la boue dentinaire et tout autre débris du canal dentaire.

La solution d'irrigation idéale doit :

- Être biocompatible pour le respect des tissus environnants
- Être antiseptique et non toxique pour le périapex
- Présenter un large spectre antibactérien

- Être chélatante
- Assurer une lubrification élevée des instruments
- Présenter une mouillabilité élevée afin d'assurer sa diffusion dans l'ensemble du réseau canalaire

### 3.1. L'hypochlorite de sodium

L'hypochlorite de sodium est l'irrigant de base dans les traitements endodontiques. En effet, il possède une action solvante sur les tissus nécrosés et sur les parties organiques (il ne peut pas agir sur la boue dentinaire), un fort pouvoir antiseptique (92) et d'excellentes qualités de lubrification et de mouillabilité.

L'efficacité de l'hypochlorite de sodium dépendra de sa concentration. Les concentrations varient de 0,5% à 5,5%. Au-delà de 5,5%, il y a un risque cytotoxique élevé. On considère qu'une solution concentrée à 2,5% représente un rapport bénéfique/risque acceptable si elle est renouvelée régulièrement durant le traitement endodontique. (93)

L'efficacité de l'hypochlorite de sodium peut aussi être améliorée en chauffant la solution notamment grâce à l'activation par ultrason. Une solution concentrée à 1% et chauffée à 45°C est aussi efficace qu'une solution concentrée à 5,25% à 20°C. (94)

L'hypochlorite de sodium ne pouvant éliminer la boue dentinaire, il doit être associé à un agent chélatant telle que l'EDTA

### 3.2. EDTA

L'EDTA (Éthylènediaminetétraacétique) est un agent chélatant utilisé dans la préparation canalaire des canaux étroits ou calcifiés et dans l'élimination de la boue dentinaire ou « *smear-layer* ».

Lors de la préparation canalaire, les copeaux dentinaires composés majoritairement d'hydroxyapatites sont plaqués contre la paroi canalaire et forment une boue dentinaire qui empêche l'hypochlorite de sodium d'accéder aux parois canaux et aux tubulis dentinaires.

L'EDTA est capable d'éliminer cette boue dentinaire si il est laissé plus d'une minute à son contact (95). Il est généralement utilisé à des concentrations comprises entre 15 et 17%. Il s'utilise en flush flow après la mise en forme.

### **3.3. La chlorhexidine**

La chlorhexidine possède des propriétés antiseptiques, antibactériennes et antifongiques qui lui permettent d'être utilisée en tant que solution d'irrigation canalaire. (96)

En endodontie elle se présente sous forme de liquide ou de gel et peut être utilisée à des concentrations de 2%.

L'avantage de la chlorhexidine est sa faible cytotoxicité, et peut donc être utilisée en cas de perforation canalaire, d'apex élargie ou d'apex immature contrairement à l'hypochlorite de sodium.

Cependant la chlorhexidine ne possède pas de propriétés solvantes ou chélatantes, elle doit être utilisée comme complément à l'hypochlorite de sodium ou l'EDTA lors de la phase finale d'irrigation ou en inter séance.

Lors de l'utilisation de chlorhexidine en association avec l'hypochlorite de sodium un rinçage au sérum physiologique est nécessaire pour éviter la formation de précipités de parachloroaniline.

## **4. Activation de la solution d'irrigation**

Les solutions d'irrigations voient leurs actions améliorées en étant activées (notamment l'hypochlorite de sodium).

L'activation peut être de type mécanique, thermique, sonore, ultrasonore ou photonique.

Historiquement, l'activation mécanique s'effectuait par le passage du maître cône pendant 30 secondes avec des mouvements de pompage dans un canal rempli d'irriguant. Ce système d'activation permet une circulation de la solution dans la totalité du canal, notamment dans le tiers apical et ainsi d'obtenir des parois canalaire plus propres que dans le cas d'utilisation de seringue d'irrigation traditionnelle. (97)

Plus récemment, FKG a mis au point le XP-Endo® finisher permettant une activation de la solution d'irrigation par un effet de fouet.

L'activation thermique permettant d'augmenter l'action solvante et bactéricide de l'hypochlorite de sodium, cette activation peut être couplée à une activation mécanique, sonore ou ultrasonique afin de maximiser le nettoyage canalair.

L'activation sonore s'effectue à l'aide d'une pièce à main associée à un insert en plastique flexible. Le système le plus connu est l'Endoactivator™. L'Endoactivator™ est une pièce à main sonore sans fil associée à des inserts en polymères lisses, flexibles et de diamètre et conicité variables. Les inserts sont présents sous trois tailles différentes, petit (15/.02), moyen (25/.04) et grand (35/.04) à adapter en fonction de la préparation canalair.

L'Endoactivator™ émet des vibrations sonores comprises entre 1 et 6 kHz également associées à un mouvement vertical de faible amplitude (2 à 3 mm) réalisé par l'opérateur. La combinaison de ces deux mouvements a pour but de générer un fluide hydrodynamique facilitant l'élimination de la boue dentinaire et du biofilm bactérien. (98)

L'activation ultra sonore (Figure 13) reprend le même principe que l'activation sonore à des fréquences plus élevées. Actuellement, trois systèmes sont présents sur le marché français : l'EndoUltra™ (MicroMéga®), l'Irrisafe® (Satelec) et l'Endo-soft Instrument® (ESI®). Les deux premiers sont des systèmes utilisés uniquement lors de la phase d'irrigation finale afin d'activer la solution tandis que l'Endo-soft Instrument® permet une irrigation continue lors de la préparation canalair avec un renouvellement et une activation de la solution d'irrigation. (99)

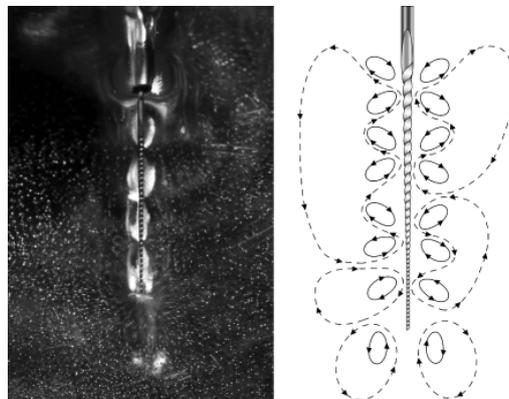
Les systèmes d'activation ultrasonores s'utilisent à des fréquences comprises entre 25 et 40 kHz afin de provoquer des turbulences acoustiques et un effet de cavitation.

Les turbulences acoustiques ont pour but de créer un mouvement liquidien afin d'augmenter l'effet de désinfection de la solution d'irrigation.

Le phénomène de cavitation est plus complexe et ne peut être atteint dans toutes les situations cliniques. Il repose sur une différence de pression induite par les mouvements ultrasoniques. Dans les zones de basse pression se forment des bulles d'oxygènes qui vont

venir implorer sur les surfaces canalaires et créer une onde permettant l'élimination de la boue dentinaire et le nettoyage mécanique des parois canalaires. (100) Cependant, l'effet de cavitation est complexe et nécessite des conditions spécifiques pour être obtenu, notamment un volume d'irrigant important et des inserts de gros diamètre utilisés à des fréquences élevées.

Les systèmes ultrasoniques permettent une activation importante et un bon nettoyage des parois canalaires. Cependant, les inserts ultrasoniques sont rigides et peuvent engendrer une élimination de dentine canalaire d'autant plus dans les canaux courbes, avec un risque de fracture non négligeable. (101)



*Figure 13: Image et schéma du micro courant autour d'un insert à ultrason endodontique (100)*

## **5. Irrigation en endodontie minimalement invasive**

L'irrigation en endodontie minimalement invasive reprend les mêmes principes que lors d'une préparation canalaire standard, en adaptant au besoin les moyens de désinfection. Lors d'une préparation minimalement invasive, l'irrigation canalaire joue un rôle primordial étant donnée la moindre préparation des parois canalaires et donc un biofilm présent en quantité plus importante.

Lors de préparation canalaire dite standard, le renouvellement de la solution d'irrigation est possible par une mise en forme canalaire à forte conicité. Cependant, l'apparition des

techniques minimalement invasives a tendance à réduire cette conicité et l'accès aux canaux rendant donc la désinfection plus complexe.

L'utilisation de moyens d'activation des solutions d'irrigation parait donc inévitable lors de la mise en place d'un traitement minimalement invasif. L'activation peut être réalisée via des limes de mise en forme telle que le XP-Endo® finisher, des moyens d'activations sonores comme l'Endoactivator™ ou encore via des inserts d'activations ultrasonores. L'utilisation des inserts ultrasonores nécessite quelques précautions puisqu'étant rigides la présence d'une forte courbure ou d'un accès réduit par une cavité d'accès minimalement invasive peut engendrer des fractures instrumentales par effet de torsion.

## **B. Obturation canalair**

### **1. Objectif de l'obturation canalair**

L'obturation canalair est la dernière étape de l'acte endodontique. Elle doit permettre de rendre le réseau canalair préalablement préparé et désinfecté, étanche du milieu buccal et du parodonte profond afin d'obtenir une guérison péri-apicale.

L'obturation canalair ne pourra être réalisée uniquement si la dent concernée est asymptomatique à la percussion, que le canal est sec et qu'il ne suinte pas.

L'obturation canalair doit répondre à des critères afin d'assurer une étanchéité complète et durable. Elle doit notamment être stable dans le temps, tridimensionnelle, présenter une radio-opacité suffisante et être non toxique pour le périapex. (17)

L'obturation doit être réalisée avec de la gutta percha associée à un ciment de scellement canalair. La gutta percha permettant un remplissage du réseau canalair tandis que le ciment de scellement canalair assure l'adhésion de la gutta aux parois dentinaires et constitue également un joint d'étanchéité lequel doit être le plus fin possible. (102)

### **2. Différentes techniques d'obturation canalair**

#### **2.1. Technique de gutta froide**

Pendant longtemps, l'obturation était réalisée grâce à un cône de gutta enrobé de ciment et inséré dans le canal. Cette technique d'obturation par un mono-cône présente des défauts d'étanchéité majeurs. En effet, les canaux étant rarement parfaitement cylindriques, le cône de gutta ne peut remplir l'espace canalair. C'est alors le ciment qui joue le rôle d'étanchéité, cependant les ciments endodontiques traditionnels (oxyde de zinc / eugéol) utilisés ne permettent pas d'assurer une étanchéité sur le long terme.

Est ensuite apparue la technique par compactage latérale à froid. Un maître cône est inséré à la LT, puis le maître cône est foulé grâce à un *finger spreader* afin de laisser la place aux cônes accessoires. Cette technique a l'avantage d'insérer plus de gutta percha que la

technique par mono-cône. Cependant, elle reste insuffisante en termes de qualité d'obturation obtenue.

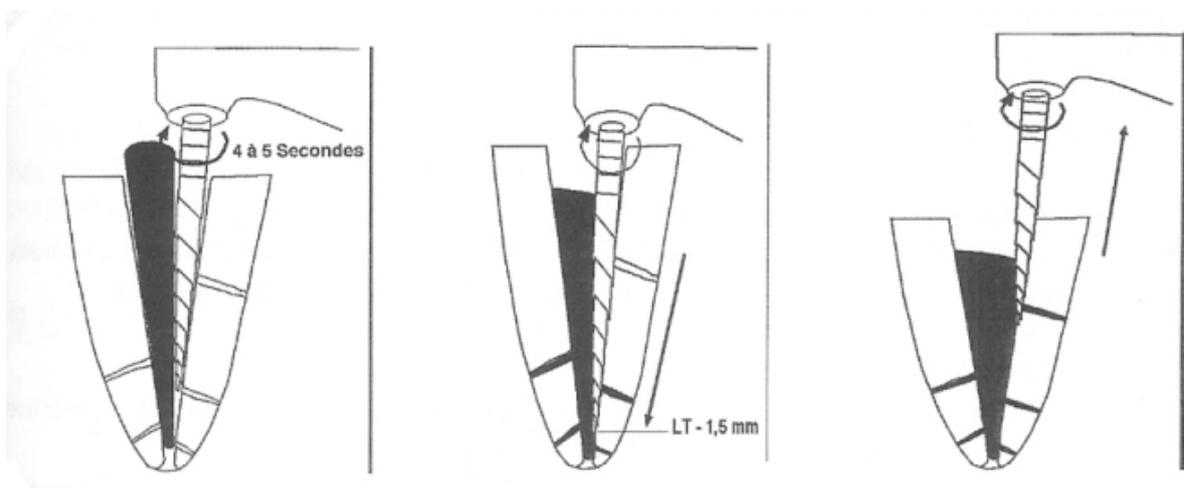
## 2.2. La technique de gutta chaude

Afin d'améliorer la qualité d'obturation, les techniques d'obturations ont évolué vers des techniques utilisant de la gutta chaude associée à une mise sous pression de l'obturation afin d'obtenir une obturation tridimensionnelle dense et étanche.

Il existe quatre grands types d'obturation à chaud : les systèmes de thermocompaction, les systèmes avec tuteurs, les systèmes de gutta réchauffée et les systèmes de gutta chaude injectée.

L'obturation par thermocompaction (Figure 14) utilise un maître cône calibré à la préparation du canal et compacté latéralement afin de laisser la place au thermocompacteur. Celui-ci est inséré en rotation (10 000 tours/min) et fait passer la gutta percha en phase plastique. Le maître cône s'enfonce dans le canal, tandis que le thermocompacteur est descendu jusqu'à LT -1mm. Il est ensuite remonté doucement le long d'une paroi. L'obturation par thermocompaction est une technique fiable et reproductible permettant une obturation dense même dans le tiers apical.

Cependant, les canaux courbes représentent un obstacle à la thermocompaction avec un risque de fracture instrumentale important.



*Figure 14:* Schéma obturation par thermocompaction (103)

L'obturation par gutta percha sur tuteur est principalement connue avec le système Thermafil® (Dentsply Sirona). Cela correspond à un tuteur en plastique enrobé de gutta-percha en phase disponible en différentes tailles, de 20/100 à 50/100. Le système d'obturation par un tuteur nécessite l'utilisation d'un four spécifique permettant de réchauffer la gutta à une température idéale comprise entre 60° à 70°C.

L'obturateur est choisi en fonction de la préparation canalaire. Le canal est séché et le cône est mis à chauffer. Une fois la gutta à température, le ciment est introduit dans le canal, puis l'obturateur est introduit à son tour jusqu'au repère de la longueur de travail. Un cliché radiographique est réalisé afin de valider l'obturation puis l'excédent du tuteur est coupé à l'aide d'une fraise.

L'obturation par tuteur permet une excellente obturation tridimensionnelle (104), un respect de la longueur d'obturation (105) et une obturation possible dans le cas de canaux courbes. L'utilisation d'un obturateur permet également une simplification du protocole d'obturation et ainsi une reproductibilité accrue.

L'obturation selon la technique Schilder aussi appelée système de compactage vertical à chaud associe une phase de réchauffage de la gutta et une phase de compactage. Les systèmes actuels permettent de combiner réchauffage et compaction avec le même instrument.

Un cône de gutta est inséré avec une faible quantité de ciment dans le canal après avoir été ajusté à la longueur de travail et au diamètre apical. Une fois le cône en place dans le canal il est sectionné à l'entrée du canal avec un *heat carrier* puis un compactage à froid avec un fouloir de gros diamètre est réalisé afin de créer un bouchon de gutta percha.

Vient ensuite la phase de descente du bouchon, le *heat carrier* est plongé au centre du bouchon de gutta percha et entraîne le retrait d'une portion de gutta et la gutta est foulée à l'aide d'un fouloir de diamètre inférieur. Cette phase de réchauffage/compactage est répétée jusqu'à atteindre une longueur de travail de -3 à -5 mm. Une radio de contrôle est alors effectuée afin de valider le bouchon apical avant d'entamer la phase de remonté de gutta percha.

La phase de remontée la de gutta percha est ensuite réalisée soit par injection de gutta chaude ou par thermocompaction afin d'obtenir une obturation dense et continue sans bulle d'air dans l'ensemble des canaux.

La gutta chaude injectable est le dernier système d'obturation apparu sur le marché, généralement utilisé en association avec un système de compactage vertical à chaud.

La gutta se présente sous forme de capsule réchauffée insérée dans un pistolet permettant l'injection de la gutta dans le canal suivi d'un compactage manuel. (106)

L'obturation par gutta chaude permet une excellente obturation tridimensionnelle dense, fiable et reproductible. Cette technique a l'avantage d'être utilisable dans les canaux présentant une courbure prononcée et il n'y a aucun risque de fracture instrumentale.

L'ensemble de ces techniques permettent une obturation tridimensionnelle de bonne qualité, viable dans le temps avec une simplicité de mise en œuvre. Cependant, toutes sont basées sur une mise en forme conique nécessaire pour un accès aisé aux canaux et permettant de rendre l'obturation dense et étanche. Les cavités d'accès minimalement invasives ainsi qu'une préparation à minima des canaux rend impossible l'utilisation de certaine technique d'obturation, notamment le thermocompactage ou le compactage vertical à chaud.

### **3. Les ciments biocéramiques**

L'obturation en endodontie minimalement invasive étant rendue complexe par le manque d'accès et la faible préparation canalaire, les ciments biocéramiques constituent une alternative intéressante aux procédés d'obturation classiques.

#### **3.1. Composition et indication**

Les ciments biocéramiques sont apparus sur le marché dans les années 1990, tout d'abord utilisés pour les obturations rétrogrades, le traitement des perforations ou lors d'un coiffage pulpaire, ils ont ensuite été modifiés afin de répondre aux exigences nécessaires à un matériau d'obturation canalaire.

Les ciments biocéramiques sont une famille regroupant le Minéral Trioxyde Aggregate (MTA) et d'autres matériaux à base de Silicate de calcium.

Les biocéramiques ont la propriété de former des cristaux d'hydroxyapatite permettant une liaison chimique avec les parois canalaires qui assure l'étanchéité de l'obturation. Ils

libèrent également de l'hydroxyde de calcium connu pour ses propriétés antibactériennes en réduisant le pH. (107,108)

Les biocéramiques d'obturation canalaire sont représentés par le BioRoot RCS (Septodont) et le Totalfill BC sealer (FKG) sont des matériaux hydrophiles nécessitant une base humide pour la réaction de prise contrairement aux ciments d'obturation standards. Ils possèdent également l'avantage d'être stables dans le temps et ne possèdent pas de contraction de prise ce qui leur permet d'être utilisés à la fois comme ciment d'obturation et comme matériaux d'obturation canalaire. Sur le plan biologique, les ciments biocéramiques sont également très intéressants. En effet, ils ont un pH très basique assurant une action antibactérienne et ils ne présentent pas de cytotoxicité pour les tissus péri-radicaux. (109)

### **3.2. Mise en œuvre**

L'obturation par ciment biocéramique (Figure 15) reprend la technique du monocône. Après préparation et désinfection canalaire, le canal est rincé au sérum physiologique afin d'éviter les interactions entre l'hypochlorite et les biocéramiques. Les ciments biocéramiques peuvent être utilisés en tant que matériaux d'obturation cependant il est conseillé de les utiliser en association avec un cône de gutta afin de faciliter la mise en place dans la partie apicale et surtout de permettre un retraitement si nécessaire. En effet, les ciments biocéramiques utilisés seuls rendent le retraitement canalaire compliqué étant donné leur dureté. L'utilisation du ciment en association avec un cône de gutta permet à l'opérateur de retrouver la lumière canalaire.

Une fois le canal rincé au sérum physiologique il est laissé légèrement humide afin de permettre la prise du ciment. Le ciment est ensuite introduit dans le canal à l'aide de pointe papier ou de cône de gutta, puis le cône de gutta préalablement enduit de ciment est inséré dans le canal jusqu'à la longueur de travail. Le cône est ensuite sectionné à l'entrée canalaire et une radio de contrôle est effectuée. Le temps de travail des ciments biocéramiques est d'environ 10 min et le temps de prise est de quatre heures.



*Figure 15:* Obturation de 27 en technique monocône et biocéramique (109)

### **3.3. Biocéramique et endodontie minimalement invasive**

L'arrivée des ciments biocéramiques a permis aux opérateurs de réaliser des traitements canalaires minimalement invasifs sans pour autant impacter la qualité d'obturation. La mise en œuvre des obturations par biocéramiques est simple et compatible avec un accès aux entrées canalaires limité. Cette technique d'obturation présente l'avantage d'être sans risque. En effet, aucun instrument rigide n'est introduit dans le canal et aucune pression importante n'est exercée sur les parois canalaires limitant ainsi le risque de fracture radiculaire.

Les ciments biocéramiques présentent de nombreux avantages, tant sur le protocole de mise en œuvre que sur le plan biologique. Leur capacité d'étalement leur permet d'obturer les zones anatomiques complexes du système endodontique. Cependant, le point faible de ces ciments reste le retraitement. Même en association avec un cône de gutta, la perméabilité apicale lors d'un retraitement ne peut être retrouvée que dans 30% des cas, le ciment étant impénétrable et souvent en excès au niveau de l'apex. (110)

Cette démarche peut sembler contradictoire avec les valeurs de l'endodontie minimalement invasive étant donné que l'obturation par ciment biocéramique conduit à une chirurgie endodontique ou à une avulsion en cas d'échec de traitement initial.

## VI. Conclusion

Plus qu'une véritable révolution, l'endodontie minimalement invasive s'inscrit davantage dans l'évolution actuelle de la dentisterie, laquelle tend à préserver au maximum les structures dentaires.

Au cours du traitement endodontique, la préservation des tissus dentaires et plus particulièrement la dentine cervicale permet une augmentation de la résistance à la fracture des dents. Cela permet également une restauration prothétique moins invasive s'inscrivant dans les conceptions tissulaires actuelles.

L'ensemble des acteurs de la discipline endodontique ont permis de développer un panel d'instruments s'inscrivant dans une démarche minimalement invasive.

Ainsi, toutes les étapes du traitement endodontique sont concernées par cette approche : de la planification du traitement à conduire, en passant par la réalisation de la cavité d'accès et le choix des instruments de préparation canalaire à utiliser, et ce jusqu'aux techniques d'obturation.

Cette démarche de traitement endodontique minimalement invasif réservée dès lors aux endodontistes exclusifs voit son développement possible dans les cabinets d'omnipraticque. En effet, avec l'essor du CBCT, des aides optiques, des limes de préparation unique et des ciments biocéramiques, tout praticien se doit de mettre en œuvre un protocole visant à préserver les structures dentaires.

Cependant, il semble important de prendre en considération le fait que cette préservation tissulaire ne doit en aucun cas se faire au dépend de la qualité de traitement endodontique. Le risque de perforation, de fracture instrumentale, d'irrigation et d'obturation incomplète est plus important lors de la réalisation de cavités d'accès conservatrices et/ou ultra conservatrices. Il est donc nécessaire de connaître les limites du matériel utilisé et ses propres limites afin d'évaluer le rapport bénéfice risque de la réalisation de cavité minimalement invasive.

## VII. Références bibliographiques

1. Lasfargues J-J, Colon P, Vanherle G, Lambrechts P. Odontologie conservatrice et restauratrice. Tome 1, Tome 1,. Paris: Éditions CdP; 2009.
2. Dhaimy S, Hoummadi A. Dental Pulp Capping: A Literature Review. 2019;Vol.3(No. 1:20):8.
3. Attal JP. Les ciments verres ionomères (CVI). Société Francophone de Biomatériaux Dentaires. 2009 2010;21.
4. Stanley HR, White CL, McCray L. The rate of tertiary (reparative) dentine formation in the human tooth. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology. 1966 Feb;21(2):180–9.
5. Camilleri J. Biodentine™ Bien plus que de la dentine en capsule ? :12.
6. Jouanny G. Le gradient thérapeutique en endodontie. L'Information Dentaire. 97(32):36–46.
7. Hørsted P, Søndergaard B, Thylstrup A, El Attar K, Fejerskov O. A retrospective study of direct pulp capping with calcium hydroxide compounds. Dental Traumatology. 1985 Feb;1(1):29–34.
8. Canadian Academy of Endodontics. Standards of Practice. 2017;7:50.
9. European Society of Endodontology (ESE) developed by:; Duncan HF, Galler KM, Tomson PL, Simon S, El-Karim I, et al. European Society of Endodontology position statement: Management of deep caries and the exposed pulp. Int Endod J. 2019 Jul;52(7):923–34.
10. Rodd HD, Waterhouse PJ, Fuks AB, Fayle SA, Moffat MA. Pulp therapy for primary molars. Int J Paediatr Dent. 2006 Sep;16(s1):15–23.
11. Muller-Bolla M. Guide d'odontologie pédiatrique: la clinique par la preuve. 2018.
12. Silva AF, Tarquinio SBC, Demarco FF, Piva E, Rivero ERC. The influence of haemostatic agents on healing of healthy human dental pulp tissue capped with calcium hydroxide. Int Endod J. 2006 Apr;39(4):309–16.
13. Schröder U. Effects of calcium hydroxide-containing pulp-capping agents on pulp cell migration, proliferation, and differentiation. J Dent Res. 1985 Apr;64 Spec No:541–8.
14. Brizuela C, Ormeño A, Cabrera C, Cabezas R, Silva CI, Ramírez V, et al. Direct Pulp Capping with Calcium Hydroxide, Mineral Trioxide Aggregate, and Biodentine in

Permanent Young Teeth with Caries: A Randomized Clinical Trial. *Journal of Endodontics*. 2017 Nov;43(11):1776–80.

15. Swift EJ, Trope M, Ritter AV. Vital pulp therapy for the mature tooth - can it work? *Endodontic Topics*. 2003 Jul;5(1):49–56.

16. European Society of Endodontology. Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology. *Int Endod J*. 2006 Dec;39(12):921–30.

17. Haute autorité de santé (HAS). Traitement endodontique: Rapport d'évaluation technologique [Internet]. 2008 [cited 2020 Mar 27]. Available from: [https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2009-01/rapport\\_traitement\\_endodontique.pdf](https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2009-01/rapport_traitement_endodontique.pdf)

18. Bürklein S. Minimally invasive endodontics. *QUINTESSENCE INTERNATIONAL*. :6.

19. Maury E. Etude du nombre de racines et de canaux à partir d'acquisitions C.B.C.T. dans une population française [Internet] [Thèse de doctorat]. [Toulouse, France]: Université Toulouse III; 2014 [cited 2020 Mar 26]. Available from: <http://thesesante.ups-tlse.fr/507/1/2014TOU33031.pdf>

20. Kartal N, Özçelik B, Cimilli H. Root canal morphology of maxillary premolars. *Journal of Endodontics*. 1998 Jun;24(6):417–9.

21. Plotino G, Tocci L, Grande NM, Testarelli L, Messineo D, Ciotti M, et al. Symmetry of Root and Root Canal Morphology of Maxillary and Mandibular Molars in a White Population: A Cone-beam Computed Tomography Study In Vivo. *Journal of Endodontics*. 2013 Dec;39(12):1545–8.

22. Simon S, Pertot W-J, Machtou P. *Endodontie*. Editions CdP. Initiatives santé.; 2012. (Jpio).

23. Orasoptic XV1™ Loupe + Light [Internet]. Available from: <https://www.orasoptic.com/products/loupes/xv1-loupe-light>

24. Perrin P, Jacky D. Le microscope opératoire au cabinet dentaire généraliste. 110:6.

25. Arbona L. Le microscope opératoire en endodontie. *L'Information Dentaire*. 2016;18–26.

26. Khayat B, Michonneau J-C. Inserts à ultrasons en endodontie conventionnelle. *CPEA*. 2007;7.

27. Plotino G, Pameijer C, Mariagrande N, Somma F. Ultrasonics in Endodontics: A Review of the Literature. *Journal of Endodontics*. 2007 Feb;33(2):81–95.

28. Gagnot G. Les ultrasons en odontologie: applications thérapeutiques. *Rueil-*

Malmaison (Hauts-de-Seine): Éditions CdP; 2008.

29. Clark DJ. Reclaiming Endodontics and Reinventing Restorative, Part. Endo Restorative. 2010;4.
30. Kit endo succes canal access prep [Internet]. Available from: <https://www.denta.be/produit/endo-success-canal-access-prep-set/>
31. Haute autorité de santé (HAS). Tomographie volumique a faisceau conique de la face (cone beam computerized tomography): Rapport d'évaluation technologique [Internet]. 2009 [cited 2020 Apr 17]. Available from: [https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2009-12/rapport\\_cone\\_beam\\_version\\_finale\\_2009-12-28\\_17-27-28\\_610.pdf](https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2009-12/rapport_cone_beam_version_finale_2009-12-28_17-27-28_610.pdf)
32. Estrela C, Bueno MR, Leles CR, Azevedo B, Azevedo JR. Accuracy of Cone Beam Computed Tomography and Panoramic and Periapical Radiography for Detection of Apical Periodontitis. *Journal of Endodontics*. 2008 Mar;34(3):273–9.
33. Simon S, Pertot W-J. Endodontie. Volume 1, Volume 1,. Rueil Malmaison: Editions CdP; 2008.
34. Patel S, Rhodes J. A practical guide to endodontic access cavity preparation in molar teeth. *Br Dent J*. 2007 Aug;203(3):133–40.
35. Krishan R, Paqué F, Ossareh A, Kishen A, Dao T, Friedman S. Impacts of Conservative Endodontic Cavity on Root Canal Instrumentation Efficacy and Resistance to Fracture Assessed in Incisors, Premolars, and Molars. *Journal of Endodontics*. 2014 Aug;40(8):1160–6.
36. Clark D, Khademi J. Modern Molar Endodontic Access and Directed Dentin Conservation. *Dental Clinics of North America*. 2010 Apr;54(2):249–73.
37. Mookhtiar H, Hegde V. Conservative endodontics: A truss access case series. *International Journal of Applied Dental Sciences*. :6.
38. Plotino G, Grande NM, Isufi A, Ioppolo P, Pedullà E, Bedini R, et al. Fracture Strength of Endodontically Treated Teeth with Different Access Cavity Designs. *Journal of Endodontics*. 2017 Jun;43(6):995–1000.
39. Rover G, Belladonna FG, Bortoluzzi EA, De-Deus G, Silva EJNL, Teixeira CS. Influence of Access Cavity Design on Root Canal Detection, Instrumentation Efficacy, and Fracture Resistance Assessed in Maxillary Molars. *Journal of Endodontics*. 2017 Oct;43(10):1657–62.
40. Saygili G, Uysal B, Omar B, Ertas ET, Ertas H. Evaluation of relationship between endodontic access cavity types and secondary mesiobuccal canal detection. *BMC Oral*

Health. 2018 Dec;18(1):121.

41. Berutti E, Negro A, Lendini M, Pasqualini D. Influence of Manual Preflaring and Torque on the Failure Rate of ProTaper Rotary Instruments. *Journal of Endodontics*. 2004 Apr;30(4):228–30.

42. Lopes HP, Elias CN, Siqueira JF, Soares RG, Souza LC, Oliveira JCM, et al. Mechanical Behavior of Pathfinding Endodontic Instruments. *Journal of Endodontics*. 2012 Oct;38(10):1417–21.

43. ScoutRace [Internet]. Available from: <https://www.fkg.ch/fr/produits/endodontie/cathétérisme/scoutrace>

44. Laurent E, Bellhari K. Le défi des canaux courbes : apport du cathétérisme mécanisé. *Clinic*. Editions CdP. 2014 Jul 1;7.

45. Kırıcı D, Kuştaoç A. Cyclic fatigue resistance of the WaveOne Gold Glider, ProGlider, and the One G glide path instruments in double-curvature canals. *Restor Dent Endod*. 2019;44(4):e36.

46. Zheng L, Ji X, Li C, Zuo L, Wei X. Comparison of glide paths created with K-files, PathFiles, and the ProGlider file, and their effects on subsequent WaveOne preparation in curved canals. *BMC Oral Health*. 2018 Dec;18(1):152.

47. Berutti E, Cantatore G, Castellucci A, Chiandussi G, Pera F, Migliaretti G, et al. Use of Nickel-Titanium Rotary PathFile to Create the Glide Path: Comparison With Manual Preflaring in Simulated Root Canals. *Journal of Endodontics*. 2009 Mar;35(3):408–12.

48. Nakagawa RKL, Alves JL, Buono VTL, Bahia MGA. Flexibility and torsional behaviour of rotary nickel-titanium PathFile, RaCe ISO 10, Scout RaCe and stainless steel K-File hand instruments. *Int Endod J*. 2014 Mar;47(3):290–7.

49. Dahan S. Détermination de la longueur de travail. *L'information dentaire*. 2006;(42):5.

50. Martin D. La temporisation endoprothétique : aspects cliniques. *Réalités cliniques*. 2004;15(1):55–66.

51. Simon S, Machtou P, Adams N, Tomson P, Lumley P. Apical Limit and Working Length in Endodontics. *Dental Update*. 2009 Apr 2;36(3):146–53.

52. Nekoofar MH, Ghandi MM, Hayes SJ, Dummer PMH. The fundamental operating principles of electronic root canal length measurement devices. *Int Endod J*. 2006 Aug;39(8):595–609.

53. Gordon MPJ, Chandler NP. Electronic apex locators. *Int Endod J*. 2004

Jul;37(7):425–37.

54. Fennich M, Sakout M, Abdallaoui F. For a rational evaluation of working length in endodontics. *Revue d'Odonto-Stomatologie*. 2012;(41):232–43.
55. de Morais ALG, de Alencar AHG, Estrela CR de A, Decurcio DA, Estrela C. Working Length Determination Using Cone-Beam Computed Tomography, Periapical Radiography and Electronic Apex Locator in Teeth with Apical Periodontitis: A Clinical Study. *Iran Endod J*. 2016;11(3):164–8.
56. Castellucci A, West JD, editors. *Endodontics*. Vol. 1: ... 1. ed. Firenze: Il Tridente; 2004. 354 p.
57. Legrand V. Etude de la fatigue d'instruments endodontiques en alliage à mémoire de forme du type NiTi [Internet] [Thèse de doctorat]. Université de Bretagne occidentale; 2015. Available from: <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-02272948/document>
58. Jordan L, Rocher P. Les alliages Nickel-Titane (NiTi). *SFBD*. :16.
59. Patoor E, Berveiller M. Les alliages à mémoire de forme. Paris: Hermès; 1990.
60. Thompson SA. An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry. *Int Endod J*. 2000 Jul;33(4):297–310.
61. Gao Y, Gutmann JL, Wilkinson K, Maxwell R, Ammon D. Evaluation of the Impact of Raw Materials on the Fatigue and Mechanical Properties of ProFile Vortex Rotary Instruments. *Journal of Endodontics*. 2012 Mar;38(3):398–401.
62. Plotino G, Grande NM, Cordaro M, Testarelli L, Gambarini G. A Review of Cyclic Fatigue Testing of Nickel-Titanium Rotary Instruments. *Journal of Endodontics*. 2009 Nov;35(11):1469–76.
63. Testarelli L, Plotino G, Al-Sudani D, Vincenzi V, Giansiracusa A, Grande NM, et al. Bending Properties of a New Nickel-Titanium Alloy with a Lower Percent by Weight of Nickel. *Journal of Endodontics*. 2011 Sep;37(9):1293–5.
64. Plotino G, Testarelli L, Al-Sudani D, Pongione G, Grande NM, Gambarini G. Fatigue resistance of rotary instruments manufactured using different nickel–titanium alloys: a comparative study. *Odontology*. 2014 Jan;102(1):31–5.
65. Zinelis S, Darabara M, Takase T, Ogane K, Papadimitriou GD. The effect of thermal treatment on the resistance of nickel-titanium rotary files in cyclic fatigue. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2007 Jun;103(6):843–7.
66. Hemming C. Apport du traitement thermique du nickel-titane aux propriétés mécaniques des instruments endodontiques [Thèse de doctorat]. Université de Nantes;

2018.

67. Larsen CM, Watanabe I, Glickman GN, He J. Cyclic Fatigue Analysis of a New Generation of Nickel Titanium Rotary Instruments. *Journal of Endodontics*. 2009 Mar;35(3):401–3.

68. Elsaka SE, Elnaghy AM, Badr AE. Torsional and bending resistance of WaveOne Gold, Reciproc and Twisted File Adaptive instruments. *Int Endod J*. 2017 Nov;50(11):1077–83.

69. Uygun AD, Kol E, Topcu MKC, Seekin F, Ersoy I, Tanriver M. Variations in cyclic fatigue resistance among ProTaper Gold, ProTaper Next and ProTaper Universal instruments at different levels. *Int Endod J*. 2016 May;49(5):494–9.

70. Elnaghy A, Elsaka S. Cyclic fatigue resistance of XP-endo Shaper compared with different nickel-titanium alloy instruments. *Clin Oral Invest*. 2018 Apr;22(3):1433–7.

71. Santos L de A, Resende PD, Bahia MG de A, Buono VTL. Effects of R-Phase on Mechanical Responses of a Nickel-Titanium Endodontic Instrument: Structural Characterization and Finite Element Analysis. *The Scientific World Journal*. 2016;2016:1–11.

72. Frick K, Walia H, Deguzman J, Austin BP. Qualitative comparison of two NiTi rotary file systems to hand filing. *Journal of Endodontics*. 1997 Apr;23(4):273.

73. Beeson TJ, Hartwell GR, Thornton JD, Gunsolley JC. Comparison of debris extruded apically in straight canals: Conventional filing versus profile .04 Taper series 29. *Journal of Endodontics*. 1998 Jan;24(1):18–22.

74. Martin D, Amor J, Machtou P. Endodontie mécanisée le système PROTAPER® principes et guide d'utilisation. *Rev Odont Stomat*. 31st ed. 2002;33–42.

75. Pandey V, Singh S, Gupta T, Singhanian H, Pandey P, Gangavane S. Shaping Ability of Two-shape and ProTaper Gold Files by using Cone-beam Computed Tomography. *The Journal of Contemporary Dental Practice*. 2019 Mar;20(3):330–4.

76. ProTaper® Gold [Internet]. Dentsplysirona. Available from: <https://www.dentsplysirona.com/fr-fr/decouvrez-nos-produits/endodontie.html>

77. Bürklein S, Schäfer E. Critical evaluation of root canal transportation by instrumentation: Critical evaluation of root canal transportation by instrumentation. *Endod Topics*. 2013 Sep;29(1):110–24.

78. Versiani MA, Carvalho KKT, Mazzi-Chaves JF, Sousa-Neto MD. Micro-computed Tomographic Evaluation of the Shaping Ability of XP-endo Shaper, iRaCe, and EdgeFile Systems in Long Oval-shaped Canals. *Journal of Endodontics*. 2018

Mar;44(3):489–95.

79. Velozo C, Albuquerque D. Microcomputed Tomography Studies of the Effectiveness of XP-endo Shaper in Root Canal Preparation: A Review of the Literature. *The Scientific World Journal*. 2019 Aug 19;2019:1–5.

80. Shaheen N. The efficacy of different single file systems in cleaning oval shaped root canal. *Tanta Dent J*. 2019;16(2):73.

81. XP-Endo® Shaper. <https://www.fkg.ch/xpendo/shaper>.

82. Yared G. Canal preparation using only one Ni-Ti rotary instrument: preliminary observations. *Int Endod J*. 2008 Apr;41(4):339–44.

83. Tinoco JM, De-Deus G, Tinoco EMB, Saavedra F, Fidel RAS, Sassone LM. Apical extrusion of bacteria when using reciprocating single-file and rotary multifile instrumentation systems. *Int Endod J*. 2014 Jun;47(6):560–6.

84. Bartols A, Laux G, Walther W. Multiple-file vs. single-file endodontics in dental practice: a study in routine care. *PeerJ*. 2016 Dec 7;4:e2765.

85. Martinho FC, Gomes APM, Fernandes AMM, Ferreira NS, Endo MS, Freitas LF, et al. Clinical Comparison of the Effectiveness of Single-file Reciprocating Systems and Rotary Systems for Removal of Endotoxins and Cultivable Bacteria from Primarily Infected Root Canals. *Journal of Endodontics*. 2014 May;40(5):625–9.

86. Caviedes-Bucheli J, Castellanos F, Vasquez N, Ulate E, Munoz HR. The influence of two reciprocating single-file and two rotary-file systems on the apical extrusion of debris and its biological relationship with symptomatic apical periodontitis. A systematic review and meta-analysis. *Int Endod J*. 2016 Mar;49(3):255–70.

87. Gouet J. Bacterial biofilms and implications in endodontics. *Revue d'Odonto-Stomatologie*. 2011 Fevrier;(40):18–31.

88. Abdullah M, Ng Y, Gulabivala K, Moles D, Spratt D. Susceptibilities of Two *Enterococcus faecalis* Phenotypes to Root Canal Medications. *Journal of Endodontics*. 2005 Jan;31(1):30–6.

89. Peters OA, Boessler C, Paqué F. Root Canal Preparation with a Novel Nickel-Titanium Instrument Evaluated with Micro-computed Tomography: Canal Surface Preparation over Time. *Journal of Endodontics*. 2010 Jun;36(6):1068–72.

90. Lagha A. L'irrigation en endodontie : Quelles solutions d'irrigation ? Quels matériels ? Quels protocoles ? [Thèse de doctorat]. [Lyon, France]: Université clude bernard Lyon I; 2016.

91. Morago A, Ordinola-Zapata R, Ferrer-Luque CM, Baca P, Ruiz-Linares M, Arias-

Moliz MT. Influence of Smear Layer on the Antimicrobial Activity of a Sodium Hypochlorite/Etidronic Acid Irrigating Solution in Infected Dentin. *Journal of Endodontics*. 2016 Nov;42(11):1647–50.

92. Zehnder M. Root Canal Irrigants. *Journal of Endodontics*. 2006 May;32(5):389–98.

93. Siqueirajr J, Rocas I, Favieri A, Lima K. Chemomechanical Reduction of the Bacterial Population in the Root Canal after Instrumentation and Irrigation with 1%, 2.5%, and 5.25% Sodium Hypochlorite. *Journal of Endodontics*. 2000 Jun;26(6):331–4.

94. Sirtes G, Waltimo T, Schaetzle M, Zehnder M. The Effects of Temperature on Sodium Hypochlorite Short-Term Stability, Pulp Dissolution Capacity, and Antimicrobial Efficacy. *Journal of Endodontics*. 2005 Sep;31(9):669–71.

95. Kandaswamy D, Venkateshbabu N. Root canal irrigants. *J Conserv Dent*. 2010;13(4):256.

96. Gomes BPF, Vianna ME, Zaia AA, Almeida JFA, Souza-Filho FJ, Ferraz CCR. Chlorhexidine in Endodontics. *Braz Dent J*. 2013 Apr;24(2):89–102.

97. Caron G, Nham K, Bronnec F, Machtou P. Effectiveness of Different Final Irrigant Activation Protocols on Smear Layer Removal in Curved Canals. *Journal of Endodontics*. 2010 Aug;36(8):1361–6.

98. Jiang L-M, Verhaagen B, Versluis M, van der Sluis LWM. Evaluation of a Sonic Device Designed to Activate Irrigant in the Root Canal. *Journal of Endodontics*. 2010 Jan;36(1):143–6.

99. Baydoun M, Marchi V. Optimiser l'irrigation en endodontie au cabinet. *L'Information Dentaire*. 2016 Dec;98:16–22.

100. van der Sluis LWM, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *Int Endod J*. 2007 Jun;40(6):415–26.

101. Retsas A, Koursoumis A, Tzimpoulas N, Boutsoukias C. Uncontrolled Removal of Dentin during In Vitro Ultrasonic Irrigant Activation in Curved Root Canals. *Journal of Endodontics*. 2016 Oct;42(10):1545–9.

102. Yildirim A, Lübbers H-T, Yildirim V. Obturation du canal radiculaire à la gutta-percha – exigences, composition et propriétés. *SWISS DENTAL JOURNAL SSO*. 2016 Feb;126:2.

103. Dossier de l'ADF. Thermocompactage. Phase de descente et de remontée. 2003.

104. McMurtrey LG, Krell KV, Wilcox LR. A comparison between thermafil and

lateral condensation in highly curved canals. *Journal of Endodontics*. 1992 Feb;18(2):68–71.

105. Pathomvanich S, Edmunds DH. The sealing ability of Thermafil obturators assessed by four different microleakage techniques. *Int Endod J*. 1996 Sep;29(5):327–34.

106. De-Deus G, Reis C, Beznos D, de Abranches AMG, Coutinho-Filho T, Paciornik S. Limited Ability of Three Commonly Used Thermoplasticized Gutta-Percha Techniques in Filling Oval-shaped Canals. *Journal of Endodontics*. 2008 Nov;34(11):1401–5.

107. Atmeh AR, Chong EZ, Richard G, Festy F, Watson TF. Dentin-cement Interfacial Interaction: Calcium Silicates and Polyalkenoates. *J Dent Res*. 2012 May;91(5):454–9.

108. Xuereb M, Vella P, Damidot D, Sammut CV, Camilleri J. In Situ Assessment of the Setting of Tricalcium Silicate-based Sealers Using a Dentin Pressure Model. *Journal of Endodontics*. 2015 Jan;41(1):111–24.

109. Thomas J. Les ciments biocéramiques pour obturation canalaire. *Dentoscope*. 2017 May;(178):40–4.

110. Oltra E, Cox TC, LaCourse MR, Johnson JD, Paranjpe A. Retreatability of two endodontic sealers, EndoSequence BC Sealer and AH Plus: a micro-computed tomographic comparison. *Restor Dent Endod*. 2017;42(1):19.



Numéro de la thèse :

2020 LYO 1D 085

COLIN Thibault

Endodontie minimalement invasive

Résumé de la thèse :

Depuis quelques années, la préservation tissulaire est devenue une nécessité dans la pratique quotidienne d'un chirurgien-dentiste. L'endodontie – traitement pouvant permettre de conserver une dent sur arcade – n'échappe pas à ce phénomène. En effet, nombreuses sont les publications et les innovations sur la mise en place de traitement endodontique à minima.

Ce travail de thèse explore les différents éléments d'un traitement endodontique minimalement invasif. Il aborde la réalisation d'un coiffage pulpaire puis se poursuit par une étude des différents types de cavités d'accès conservatrices et des divers moyens de mise en forme canalaire, et termine par une comparaison des méthodes d'irrigation et d'obturation endodontique.

Mots-clés :

Endodontie minimalement invasive, coiffage pulpaire, cavité d'accès conservatrice, mise en forme canalaire, obturation.

Jury :

Monsieur le Professeur Cyril VILLAT Président

Monsieur le Professeur Jean-christophe MAURIN Assesseur

Madame la Professeur Béatrice THIVICHON-PRINCE Assesseur

Madame le Docteur Julie SANTAMARIA Assesseur

Adresse de l'auteur :

COLIN Thibault  
59 Route de Lajoux  
39310 LAMOURA