

UNIVERSITE DE LILLE

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année de soutenance : 2023

N° :

THÈSE POUR LE

DIPLOME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement le 30 janvier 2023

Par Amandine MAHÉ

Née le 29 février 1996 à Rouen – France

L'APPUI PARIÉTAL EN ENDODONTIE :

EST-IL TOUJOURS D'ACTUALITÉ ?

JURY

Président : Monsieur le Professeur Etienne DEVEAUX

Assesseurs : Monsieur le Docteur Alain GAMBIEZ

Madame le Docteur Marine HÉNAUT

Monsieur le Docteur Marc LINEZ



UNIVERSITE DE LILLE

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année de soutenance : 2023

N° :

THÈSE POUR LE

DIPLOME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement le 30 janvier 2023

Par Amandine MAHÉ

Née le 29 février 1996 à Rouen – France

L'APPUI PARIÉTAL EN ENDODONTIE :

EST-IL TOUJOURS D'ACTUALITÉ ?

JURY

Président : Monsieur le Professeur Etienne DEVEAUX

Assesseurs : Monsieur le Docteur Alain GAMBIEZ

Madame le Docteur Marine HÉNAUT

Monsieur le Docteur Marc LINEZ

Président de l'Université	:	Pr. R. BORDET
Directrice Générale des Services de l'Université	:	M-D SAVINA
Doyen UFR3S	:	Pr. D. LACROIX
Directrice des Services d'Appui UFR3S	:	G. PIERSON
Doyen de la faculté d'Odontologie – UFR3S	:	Pr. C. DELFOSSE
Responsable des Services	:	M. DROPSIT
Responsable de la Scolarité	:	G. DUPONT

## **PERSONNEL ENSEIGNANT DE LA FACULTÉ**

### **PROFESSEUR DES UNIVERSITÉS :**

K. AGOSSA	Parodontologie
P. BEHIN	Prothèses
T. COLARD	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
<b>C. DELFOSSE</b>	<b>Doyen de la faculté d'Odontologie – UFR3S</b> Odontologie Pédiatrique
<b>E. DEVEAUX</b>	Responsable du Département de <b>Dentisterie</b> <b>restauratrice endodontie</b>

## MAITRES DE CONFÉRENCE DES UNIVERSITÉS

T. BECAVIN	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
A. BLAIZOT	Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale
P. BOITELLE	Prothèses
<b>F. BOSCHIN</b>	Responsable du Département de <b>Parodontologie</b>
<b>E. BOCQUET</b>	Responsable du Département d' <b>Orthopédie Dento- Faciale</b>
<b>C. CATTEAU</b>	Responsable du Département de <b>Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale</b>
X. COUTEL	Biologie Orale
A. de BROUCKER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
M. DEHURTEVENT	Prothèses
T. DELCAMBRE	Prothèses
F. DESCAMP	Prothèses
M. DUBAR	Parodontologie
A. GAMBIEZ	Dentisterie Restauratrice Endodontie
T. MARQUILLIER	Odontologie Pédiatrique
G. MAYER	Prothèses
<b>L. NAWROCKI</b>	Responsable du Département de <b>Chirurgie Orale</b> Chef du Service d'Odontologie A.Caumartin – CHRU Lille
C. OLEJNIK	Responsable du Département de <b>Biologie Orale</b>
P. ROCHER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
L. ROBBERECHT	Dentisterie Restauratrice Endodontie
<b>M. SAVIGNAT</b>	Responsable du Département des <b>Fonctions- Dysfonctions, Imagerie, Biomatériaux</b>
T. TRENTESAUX	Odontologie Pédiatrique
<b>J. VANDOMME</b>	Responsable du Département de <b>Prothèses</b>

### ***Réglementation de présentation du mémoire de Thèse***

Par délibération en date du 29 octobre 1998, le Conseil de la Faculté de Chirurgie Dentaire de l'Université de Lille a décidé que les opinions émises dans le contenu et les dédicaces des mémoires soutenus devant jury doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'ainsi aucune approbation, ni improbation ne leur est donnée.

# Remerciements

**Aux membres du jury,**

**Monsieur le Professeur Etienne DEVEAUX**

**Professeur des Universités – Praticien Hospitalier des CSERD**

*Section de réhabilitation orale*

*Département de dentisterie restauratrice endodontie*

Docteur en chirurgie dentaire

Docteur en sciences odontologiques

Docteur en odontologie de l'Université de Lille 2

Habilité à diriger des recherches

Ancien Doyen de la faculté de chirurgie dentaire de Lille

Membre associé national de l'Académie nationale de chirurgie dentaire

Personne compétente en radioprotection

Ancien président de la Société française d'endodontie

Chevalier dans l'ordre des palmes académiques.

Responsable du Département de Dentisterie Restauratrice Endodontie

Chargé de mission Relations Institutionnelles avec le CHU

Vous me faites l'honneur de présider ma thèse et pour cela je vous en suis très reconnaissante. Je tiens à vous remercier particulièrement pour l'aide que vous m'avez apporté pour organiser cette soutenance. À travers cet ouvrage, veuillez trouver cher Professeur, l'expression de ma gratitude et de mon respect sincère.



**Monsieur le Docteur Alain GAMBIEZ**

**Maître de Conférence des Universités - Praticien Hospitalier des CSERD**

*Section Réhabilitation Orale*

*Département de dentisterie restauratrice endodontie*

Docteur en Chirurgie Dentaire

Diplôme d'Études Approfondies Sciences de la Vie et de la Santé

Je vous remercie d'avoir accepté de faire partie du jury de cette thèse. Veuillez trouver ici l'expression de ma gratitude et de mon respect envers la passion pour l'endodontie que vous transmettez au travers de vos enseignements.

**Monsieur le Docteur Marc LINEZ**

**Maître de Conférences des Universités - Praticien Hospitalier des CESRD**

*Section Réhabilitation Orale*

*Département Dentisterie Restauratrice Endodontie*

Docteur en Chirurgie Dentaire

Diplôme d'Etudes Approfondies Sciences de la Vie et de la Santé

Maîtrise de Sciences de la Vie et de la Santé

Responsable de l'Unité Fonctionnelle de Dentisterie Restauratrice Endodontie

Je vous remercie d'avoir accepté de diriger cette thèse et de m'avoir proposé ce sujet très enrichissant. Ce travail m'a permis de prendre confiance en moi au cabinet et de réellement apprécier l'endodontie. Pour cela je vous en suis très reconnaissante. Veuillez trouver dans cet ouvrage mon profond respect.

**Madame le Docteur Marine HÉNAUT**

**Chef de Clinique des Universités - Assistant Hospitalier des CSERD**

*Section Réhabilitation Orale*

*Département de dentisterie restauratrice endodontie*

Docteur en Chirurgie Dentaire

Je vous remercie d'avoir accepté de siéger au sein de ce jury. Je vous souhaite une belle carrière universitaire. Soyez assurée de ma sincère reconnaissance.

**A mes proches,**

# Table des matières

<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>15</b>
<b>1. RAPPELS D'ENDODONTIE</b> .....	<b>16</b>
1.1 RAPPELS HISTOLOGIQUES DU TISSU PULPAIRE.....	16
1.1.1 Les odontoblastes.....	16
1.1.2 Les fibroblastes.....	17
1.1.3 Cellules immunitaires.....	17
1.1.4 Cellules souches.....	18
1.1.5 Physiologie pulpaire.....	18
1.1.5.1 Vascularisation .....	18
1.1.5.2 Innervation .....	19
1.2 REPONSE PULPAIRE A L'AGRESSION.....	20
1.2.1 Dentine tertiaire.....	20
1.2.2 L'inflammation pulpaire.....	21
1.2.2.1 La pulpite réversible.....	21
1.2.2.2 La pulpite irréversible.....	21
1.3 PRINCIPES ET OBJECTIFS DE L'ENDODONTIE .....	22
1.3.1 Les indications du traitement endodontique .....	22
1.3.2 Les contre-indications.....	22
1.3.3 Les objectifs endodontiques .....	23
1.3.3.1 L'anatomie du système canalaire .....	23
1.3.3.2 Le nettoyage et la mise en forme du système canalaire .....	25
1.4 LE TRAITEMENT ENDODONTIQUE INITIAL .....	25
1.4.1 La cavité d'accès .....	26
1.4.2 Cathétérisme et préparation canalaire.....	26
1.4.3 Importance de l'irrigation.....	27
1.4.3.1 L'enduit pariétal endodontique.....	27
1.4.3.2 Hypochlorite de sodium .....	29
1.4.3.3 Digluconate de chlorhexidine.....	31
1.4.3.4 EDTA .....	31
1.4.3.5 Acide citrique .....	32
1.4.4 Obturation .....	32
1.4.4.1 Les objectifs de l'obturation .....	33
1.4.4.2 La gutta percha.....	33
1.4.4.3 Les ciments de scellement .....	33
1.4.4.4 Les différentes techniques d'obturation .....	34
1.5 LE RETRAITEMENT ENDODONTIQUE ORTHOGRADE.....	36

<b>2.</b>	<b>CONICITE, INSTRUMENTS ET APPUI PARIETAL .....</b>	<b>37</b>
2.1	CONICITE .....	37
2.1.1	<i>Définition</i> .....	37
2.1.2	<i>Évolution de la conicité des instruments</i> .....	37
2.1.2.1	L'alliage Nickel-Titane.....	39
2.1.2.2	La conicité majorée constante .....	40
2.1.2.3	La conicité majorée variable .....	41
2.1.2.4	Section de coupe instrumentale .....	41
2.1.2.5	Angle de coupe et pointe instrumentale .....	42
2.1.2.6	Méplat radiant .....	43
2.2	LES DIFFERENTS INSTRUMENTS .....	44
2.2.1	<i>Les limes de cathétérisme manuel</i> .....	44
2.2.1.1	Les limes K .....	44
2.2.1.2	Les limes H .....	45
2.2.2	<i>Les évaseurs</i> .....	45
2.2.2.1	Les forêts de Gates .....	46
2.2.2.2	L'EndoFlare® de MicroMéga .....	47
2.2.3	<i>Les limes de rotation continue à conicité constante</i> .....	48
2.2.3.1	2Shape®, MicroMéga .....	48
2.2.3.1	NeoNiti®, Neolix .....	49
2.2.4	<i>Les limes de rotation continue à conicité variable</i> .....	50
2.2.5	<i>Les limes de retraitement endodontique</i> .....	51
2.3	L'IMPACT DE L'APPUI PARIETAL .....	53
2.3.1	<i>L'appui pariétal sélectif</i> .....	53
2.3.2	<i>Conicité prévue et conicité réelle</i> .....	54
2.4	OPTIMISATION DE L'IRRIGATION .....	56
2.4.1	<i>Activation sonore</i> .....	57
2.4.1.1	Endoactivator® : Dentsply Sirona.....	57
2.4.1.2	Eddy® .....	58
2.4.2	<i>Activation ultrasonique</i> .....	58
2.4.3	<i>Activation par laser</i> .....	61
<b>3.</b>	<b>LES NOUVEAUX CONCEPTS DE MISE EN FORME CANALAIRE .....</b>	<b>62</b>
3.1	LA TECHNIQUE MONO-INSTRUMENTALE EN RECIPROCITE .....	62
3.1.1	<i>L'étude de Yared</i> .....	62
3.1.2	<i>La réciprocité</i> .....	63
3.1.3	<i>Les premiers instruments dédiés à la réciprocité</i> .....	63
3.1.3.1	Le Reciproc® .....	63
3.1.3.2	Le WaveOne® .....	65
3.1.4	<i>Les avantages de la réciprocité</i> .....	66
3.1.5	<i>Les limites de la réciprocité</i> .....	66
3.2	LE SELF ADJUSTING FILE® .....	67
3.3	LA DESOBTURATION PAR INSTRUMENT UNIQUE.....	69

3.3.1 Lime Reciproc® de VDW.....	69
3.3.2 Lime Remover® de Micro Méga.....	70
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>71</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>72</b>
<b>TABLE DES ILLUSTRATIONS .....</b>	<b>78</b>

## Introduction

Le traitement endodontique est une pratique quotidienne du chirurgien-dentiste. Cet acte visant à retirer la pulpe d'une dent afin d'en faire à nouveau une entité fonctionnelle et asymptomatique est considéré comme complexe. Par conséquent, sa mise en œuvre ne cesse d'évoluer.

Historiquement, les traitements endodontiques s'effectuaient grâce à des instruments manuels par un brossage méticuleux des parois canalaires appelé **appui pariétal**. Actuellement les dispositifs ont évolué, l'avènement des alliages en nickel-titane a permis la création d'instruments rotatifs, de conicité majorée et plus flexibles. De ce fait, les techniques de préparation endodontique ont également évolué et il est naturel de s'interroger sur l'utilité actuelle de l'appui pariétal.

Cet ouvrage abordera en premier lieu un rappel des grands principes de l'endodontie, puis étudiera l'évolution des instruments, leur conicité et leur utilisation en appui pariétal. Enfin, la thèse parlera des nouveaux concepts utilisés en endodontie avant de conclure sur l'intérêt de l'appui pariétal.



# 1. Rappels d'endodontie

## 1.1 Rappels histologiques du tissu pulpaire

La dent est un organe dont la vitalité dépend de la pulpe dentaire qui est un tissu conjonctif comportant un paquet vasculo-nerveux [50]. La pulpe est protégée par la dentine, principal composant tissulaire de la dent, et l'ensemble est appelé complexe dentino-pulpaire.

Le tissu pulpaire est composé de différentes cellules telles que des odontoblastes, des fibroblastes, des cellules immunitaires ou encore des cellules souches (figure 1).

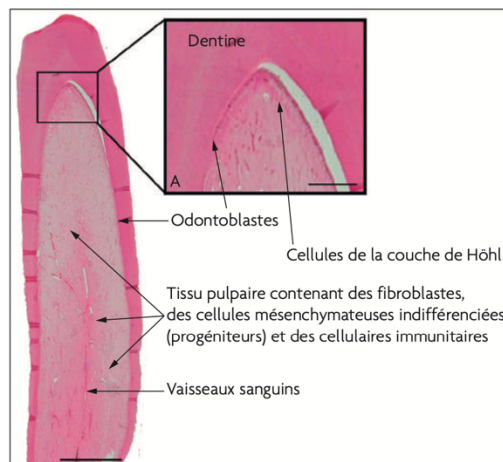


Figure 1 : Coupe histologique d'une première molaire de bovin. Coupe de 7 µm, coloration hématoxyline/éosine. Barre = 500 µm. A : vue à plus fort grossissement, barre = 250 µm [62].

### 1.1.1 Les odontoblastes

L'odontoblaste est la cellule essentielle du complexe dentino-pulpaire. Il s'agit de cellules post-mitotiques polarisées dérivant de la crête neurale qui sont organisées en une couche unicellulaire en périphérie de la pulpe. Elles forment ainsi une barrière de protection pour celle-ci.

C'est autour de leurs prolongements cytoplasmiques que la dentine est formée [55]. Ces prolongements sont renfermés dans des tubuli faisant de la dentine un tissu perméable.

Ce sont ces canalicules dentinaires qui permettent de faire la liaison entre la jonction amélo-dentinaire et le parenchyme pulpaire [62].

Les odontoblastes produisent la majorité des composants de la matrice extracellulaire de la dentine et sont impliqués dans sa minéralisation. La dentine est apposée en regard de la pulpe de manière physiologique, réduisant ainsi la lumière canalaire avec l'âge.

Lors de la division mitotique du pré-odontoblaste, une des cellules filles devient un odontoblaste par différenciation terminale tandis que l'autre cellule fille est incorporée à la couche de Höhl constituant ainsi une réserve de cellules pouvant être amenées à participer à la cicatrisation pulpaire [23].

### **1.1.2 Les fibroblastes**

La pulpe étant un tissu conjonctif, il y est retrouvé majoritairement des fibroblastes qui permettent la formation et le renouvellement de la matrice extracellulaire pulpaire. Cette matrice est composée de collagène de type I et de type III ainsi que de protéines non collagéniques tels que la fibronectine et les protéoglycanes [23].

Ils jouent également un rôle important dans le processus de cicatrisation du tissu pulpaire et leur densité diminue avec le vieillissement physiologique de l'être humain [15].

### **1.1.3 Cellules immunitaires**

La pulpe possède son propre système immunitaire. En effet, en son sein sont retrouvés des cellules dendritiques, des mastocytes mais également des macrophages permettant une réponse immunitaire rapide en cas d'invasion bactérienne.

Des toxines bactériennes peuvent être diffusées via les tubuli vers le parenchyme pulpaire. Elles sont alors considérées par les cellules dendritiques comme des antigènes et sont présentées aux lymphocytes T afin de créer une immunité mémoire et de réagir plus rapidement en cas d'agression future par ces mêmes bactéries [60].

### 1.1.4 Cellules souches

Le parenchyme pulpaire contient des niches de cellules souches : DPSC (*dental pulp stem cells*). Les cellules souches sont des cellules ayant la capacité de se différencier en réponse à une lésion [24].

Au sein des dents lactéales, celles-ci sont appelées SHED (*stem cells from human exfoliated deciduous teeth*) et les SCAP (*stem cells of apical papilla*) sont retrouvées au niveau de la papille apicale des dents immatures. Ces cellules pourraient être impliquées dans le remplacement des tissus lésés [62].

### 1.1.5 Physiologie pulpaire

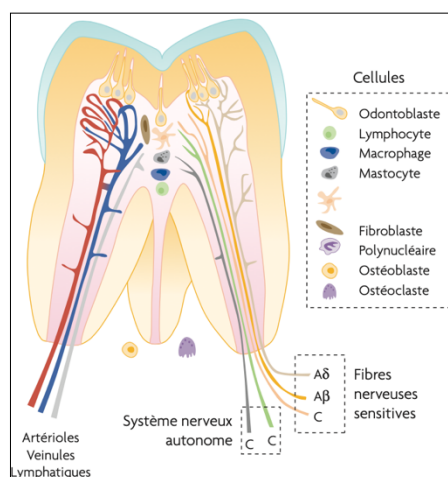


Figure 2 : Vue schématique des principaux composants pulpaires (2)

#### 1.1.5.1 Vascularisation

La vascularisation pulpaire est dite terminale, impliquant une nécrose du territoire si celle-ci est interrompue.

C'est une vascularisation dense qui représente jusqu'à 15 % du volume pulpaire. Le réseau vasculaire permet, au niveau des capillaires sanguins, les échanges gazeux et le passage des nutriments vers les cellules pulpaires. Les veinules (figure 2) ramènent vers le cœur le sang ainsi modifié [60].

De plus, il existe un réseau lymphatique au sein de la pulpe qui participe à la libre circulation des cellules sanguines blanches. Ils jouent également un rôle dans la réabsorption des fluides et leur nombre et leur taille varient en fonction de l'état pathologiques de la pulpe.

#### *1.1.5.2 Innervation*

Le tissu pulpaire est très innervé, environ 2300 axones à l'apex d'une prémolaire humaine sont dénombrés avec une forte concentration d'axones non myélinisés [70].

L'innervation de la pulpe est assurée par les fibres du nerf trijumeau qui fait partie de la 5<sup>e</sup> paire de nerfs crâniens. Le nerf trijumeau se divise en 3 branches : la branche maxillaire (V.2) qui donnera le nerf alvéolaire supérieur permettant l'innervation des dents maxillaires, la branche mandibulaire (V.3) donnant le nerf alvéolaire inférieur pour les dents mandibulaires et le nerf ophtalmique (V.1).

Au sein de la pulpe, une innervation sensitive et une innervation du système autonome sont retrouvées. Les fibres sensibles permettent de transmettre les différents stimuli (thermique, chimique ou mécanique) au système nerveux quant aux fibres autonomes, elles sont composées de fibres sympathiques agissant sur le débit sanguin pulpaire et de fibres parasympathiques intervenant en fonction de l'état inflammatoire [60].

## **1.2 Réponse pulpaire à l'agression**

Il existe différentes origines à l'agression pulpaire d'après la Haute Autorité de Santé : l'origine bactérienne notamment par la présence de caries, l'origine traumatique avec la formation de fêlures ou de fractures mais également les origines iatrogènes, chimiques et thermiques [20].

### **1.2.1 Dentine tertiaire**

Les odontoblastes, grâce aux fibres nerveuses du trijumeau, sont capables d'enregistrer des changements physiques et/ou thermiques ainsi que des stimuli mécaniques et de transmettre ces informations au tissu pulpaire. Ils peuvent répondre à ces stimuli en sécrétant de la dentine pouvant ainsi stimuler la réponse inflammatoire [15].

Les odontoblastes permettent la formation d'une dentine tertiaire qui est dite réactionnelle lors d'une agression modérée ou d'une dentine réparatrice lors d'agressions importantes et/ou prolongées [20].

Lors de la formation de dentine réactionnelle, il n'y a pas de mécanisme de renouvellement cellulaire et les odontoblastes concernés doivent survivre à l'agression afin de sécréter la dentine [23]. Une ligne calcio-traumatique qui délimite la dentine avant et après l'agression pulpaire est ainsi observée.

Au contraire, lors de la formation de dentine réparatrice, une apoptose des odontoblastes touchés par le traumatisme est notée. Il y a alors un recrutement de cellules progénitrices au sein de la couche de Höhl permettant de former des cellules dites *odontoblastes-like* aboutissant à la formation d'un pont dentinaire [4].

La densité cellulaire pulpaire diminue avec l'âge ce qui peut affecter sa capacité de résistance aux agressions dentaires [15]. Cette réduction est due à la formation continue de dentine entraînant une oblitération canalaire.

## 1.2.2 L'inflammation pulpaire

Le processus inflammatoire de la pulpe est communément appelé pulpite et il est ensuite qualifié de réversible ou d'irréversible.

L'inflammation se caractérise essentiellement par quatre symptômes cardinaux : rougeur, tumeur, chaleur et douleur [50]. L'inflammation entraîne alors une distension du paquet vasculo-nerveux pulpaire. Cela crée une surpression du parenchyme au sein de la dent qui est un tissu dur, non extensible, aboutissant à des douleurs [39].

### 1.2.2.1 La pulpite réversible

Lorsque le processus inflammatoire peut être arrêté afin d'orienter la pulpe vers un processus de cicatrisation, il s'agit d'une pulpite réversible [61].

Sur le plan clinique, elle peut être asymptomatique ou symptomatique avec des douleurs provoquées par un stimulus (froid ou sucre), de courte durée et disparaissant à l'arrêt du stimulus [6].

### 1.2.2.2 La pulpite irréversible

Une diminution du seuil de douleur, aussi nommée allodynie, est observée. Elle est associée à une hyperalgie soit une sensibilité excessive à un stimulus nociceptif.

Sur le plan histologique, le tissu pulpaire est envahi par des bactéries et des zones de nécrose se sont formées [39].

Sur le plan clinique, contrairement à la pulpite réversible, les douleurs sont spontanées et si elles sont induites par un stimulus, elles persistent à son retrait [6]. Il est estimé qu'une pulpe ayant atteint ce stade n'est plus capable de cicatriser et nécessite alors une intervention pour soulager le patient.

### **1.3 Principes et objectifs de l'endodontie**

Dans son rapport de septembre 2008, la Haute Autorité de Santé définit les objectifs du traitement endodontique : « le traitement endodontique a pour objectif de traiter les maladies de la pulpe et du péri-apex et ainsi de transformer une dent pathologique en une entité saine, asymptomatique et fonctionnelle sur l'arcade » [27].

Elle a également défini les indications et contre-indications de celui-ci.

#### **1.3.1 Les indications du traitement endodontique**

Le traitement endodontique d'une dent est indiqué lorsque celle-ci présente une inflammation pulpaire irréversible pulpite ou une nécrose associée ou non à des signes cliniques ou radiographiques de parodontite apicale.

Il est également indiqué sur pulpe vivante lorsque la vitalité ne peut être conservée, lors d'une effraction pulpaire ne permettant pas de coiffage direct mais également lors d'une amputation radiculaire ou une hémisection [27].

#### **1.3.2 Les contre-indications**

Si le patient présente une cardiopathie à haut risque d'endocardite infectieuse et que la dent est nécrosée, cela représente une contre-indication absolue.

Dans le cas où le risque est moins élevé et la pulpe vivante, il s'agit d'une contre-indication relative. Afin de réaliser le traitement, il est nécessaire de pouvoir accéder à tout l'endodonte, de poser un champ opératoire et de terminer le traitement en une séance.

Le traitement endodontique est également contre-indiqué si la dent présente un support parodontal insuffisant ou qu'elle ne peut être restaurée de manière durable et fonctionnelle [27].

### 1.3.3 Les objectifs endodontiques

Afin de permettre le succès prédictible d'un traitement endodontique, Schilder écrit que le canal radiculaire doit être nettoyé, « cleaning », et mis en forme, « shaping », afin de recevoir une obturation hermétique tridimensionnelle de l'espace canalaire [57].

Il définit pour cela des principes mécaniques de nettoyage et de mise en forme canalaire.

Premièrement, la préparation du système canalaire doit être de forme conique de l'apex à la cavité d'accès. De ce fait, le diamètre de coupe transversale doit être plus large en coronaire qu'en apical.

Deuxièmement, le respect de l'anatomie du système canalaire est essentiel lors de la mise en forme. Le canal préparé doit suivre les courbures originelles. Enfin, le foramen apical ne doit ni être déplacé, ni être agrandi lors de l'instrumentation.

#### 1.3.3.1 L'anatomie du système canalaire

L'objectif principal du traitement endodontique est le nettoyage mécanique et chimique complet de toute la cavité pulpaire et sa mise en forme aboutissant à son obturation complète [67,68]. Pour ce faire, il est important de connaître la morphologie canalaire avant de réaliser un traitement afin de diminuer les risques d'échec.

Vertucci a mené une étude sur des dents humaines permanentes extraites afin de définir les configurations des canaux radiculaires et ainsi en établir une classification [67]. Pour lui, la connaissance des variations anatomiques canalaires est essentielle afin d'augmenter le succès des traitements mais également afin de comprendre les éventuels échecs.



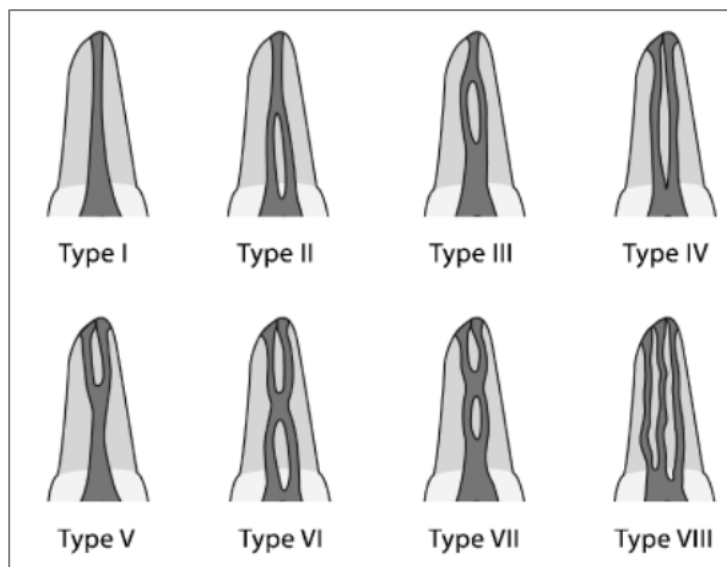


Figure 3 : Schéma de la classification de l'anatomie canalaire selon Vertucci [68]

La classification de Vertucci (figure 3) décrit 8 configurations canales différentes représentées sur le schéma ci-dessus :

- **Type I** : un seul canal s'étend depuis la chambre pulpaire jusqu'à l'apex ;
- **Type II** : deux canaux quittent la chambre pulpaire et se rejoignent pour ne former plus qu'un canal avant l'apex ;
- **Type III** : un canal unique quitte la chambre pulpaire, se divise en deux canaux distincts à l'intérieur de la racine qui fusionnent ensuite en un seul canal avant l'apex ;
- **Type IV** : deux canaux distincts s'étendent depuis la chambre pulpaire jusqu'à l'apex ;
- **Type V** : un canal quitte la chambre pulpaire, se sépare en deux canaux distincts ayant des foramens séparés à l'apex ;
- **Type VI** : deux canaux quittent la chambre pulpaire, fusionnent dans la racine et se divisent en deux canaux avant l'apex ;
- **Type VII** : un canal quitte la chambre pulpaire, se divise en deux canaux dans la racine qui fusionnent et se redivisent en deux canaux distincts près de l'apex ;
- **Type VIII** : trois canaux séparés et distincts s'étendent depuis la chambre pulpaire jusqu'à l'apex.

La connaissance de ces variations anatomiques démontrant la complexité du système canalaire permet de comprendre les principes et les problèmes du nettoyage et de la mise en forme canalaire.

### *1.3.3.2 Le nettoyage et la mise en forme du système canalaire*

Afin d'améliorer le succès global des traitements endodontiques, Schilder a également défini des principes biologiques du nettoyage et de la mise en forme des canaux.

Lors de l'instrumentation canalaire, il est important de se limiter aux canaux radiculaires et de ne pas essayer d'instrumenter au-delà de l'apex les lésions péri-apicales ou l'os.

De plus, il faut veiller à ne pas envoyer dans le péri-apex les tissus nécrotiques pulpaire afin de ne pas entraîner d'infection. Ces débris organiques nécrotiques sont à éliminer totalement en s'aidant lors du façonnage canalaire d'une irrigation abondante avec une solution d'hypochlorite de sodium de 3 à 5%.

Concernant les dents mono-canales, il est préférable de terminer la mise en forme et le nettoyage canalaire en une séance unique et pour les pluri-canales, de traiter un canal à la fois afin d'optimiser sa désinfection plutôt que d'en travailler plusieurs à la fois [57].

## **1.4 Le traitement endodontique initial**

L'objectif du traitement endodontique est de soigner une dent pathologique afin qu'elle soit saine, asymptomatique et fonctionnelle [27]. Pour ce faire, le traitement endodontique initial comporte plusieurs étapes : la préparation et l'asepsie canalaire, l'obturation tridimensionnelle et la remise en fonction de la dent sur l'arcade.

Avant de pouvoir travailler les canaux radiculaires, il est important d'être dans un environnement propice à l'irrigation canalaire.

### **1.4.1 La cavité d'accès**

D'après le dictionnaire des termes endodontiques, la cavité d'accès est définie comme l'ouverture préparée dans une dent pour accéder au système canalaire afin de le nettoyer, le façonner et l'obturer [74].

La qualité de la cavité d'accès a un impact direct sur la préparation canalaire, son irrigation, son obturation et de ce fait sur la réussite du traitement endodontique [21] .

La réalisation de la cavité d'accès repose sur un examen dentaire, les connaissances anatomiques du praticien ainsi qu'un examen radiographique de la dent concernée.

De plus, il faut évaluer la nécessité d'une reconstitution pré-endodontique de cette dernière si elle se trouve fortement délabrée. Cela permet alors d'avoir une cavité d'accès possédant quatre parois optimisant la mise en place du champ opératoire.

Les objectifs de la cavité d'accès sont :

- La suppression totale du contenu de la chambre pulpaire ;
- La visualisation des entrées canalaires [42] ;
- Permettre l'accès sans interférence pariétale au tiers apical ;
- La formation d'un réservoir pour la solution d'irrigation ;
- Le respect du principe d'économie tissulaire.

### **1.4.2 Cathétérisme et préparation canalaire**

Une fois la cavité d'accès réalisée et les entrées canalaires accessibles, les canaux sont explorés à l'aide de limes en acier manuelles (limes de cathétérismes, de type limes K 08 ou 10). Cette exploration canalaire permet de s'informer sur la forme du canal ainsi que sur d'éventuels obstacles [62].

Après l'étape d'exploration, il est nécessaire d'effectuer un pré-élargissement des canaux. Celui-ci peut être réalisé grâce à des limes manuelles ou des instruments rotatifs dédiés en nickel-titane appelés évaseurs ou encore « opener ». Ils permettent notamment de supprimer les triangles dentinaires présents à la jonction corono-radiculaire qui sont aussi appelés « triangles de Schilder » [3,51]. Ces triangles exercent des contraintes lors de la pénétration canalaire des instruments pouvant entraîner la fracture de ces derniers.

Une fois les obstacles coronaires éliminés et l'accès aux canaux facilitée, la préparation canalaire à strictement parler peut débuter. Elle s'effectue de manière générale en séquence corono-apicale.

Le praticien dispose d'un séquenceur, avec les instruments qu'il maîtrise le mieux, et travaille petit à petit vers l'accès au tiers apical. Un premier instrument lui permet de travailler le tiers coronaire puis un deuxième le tiers moyen et enfin un autre le tiers apical.

Récemment, de nouvelles techniques mono-instrumentales ont été étudiées et commercialisées pour cette étape de préparation canalaire. Le but recherché est de simplifier le traitement canalaire mais également de faire gagner du temps au chirurgien-dentiste.

Une étude de 2001 a établi qu'au minimum 35% des parois canalaires n'était pas instrumentée [49]. De ce fait, la préparation mécanique seule ne suffit pas et doit être complétée par l'irrigation. Il s'agit alors de préparation chimio-mécanique.

### **1.4.3 Importance de l'irrigation**

#### *1.4.3.1 L'enduit pariétal endodontique*

Les instruments de préparation canalaire permettent une évacuation partielle des débris dentinaires et, du fait de la complexité anatomique canalaire, ils ne peuvent accéder à toutes les surfaces. C'est pourquoi un nettoyage chimique permet en complément d'assurer une meilleure asepsie.

Lors de la préparation canalaire mécanique, que ce soit de manière manuelle ou rotative, se forme à la surface des parois une couche organique et minérale, appelée enduit pariétal [11]. Cette couche est aussi connue sous le nom de boue dentinaire ou « smear layer », elle est composée de débris pulpaire, de bactéries et leurs toxines, de tissus nécrotiques et de dentine [11,64,69].

Cette boue dentinaire s'accroche aux parois canalaire en formant des bouchons à l'entrée des tubules dentinaires (figure 4). Cela a pour conséquence de bloquer la pénétration des médicaments intra-canaux et des matériaux d'obturation.

L'élimination de la « smear layer » a donc pour but d'augmenter l'herméticité de l'obturation en facilitant la fusée dans les tubuli du ciment et de la gutta percha.

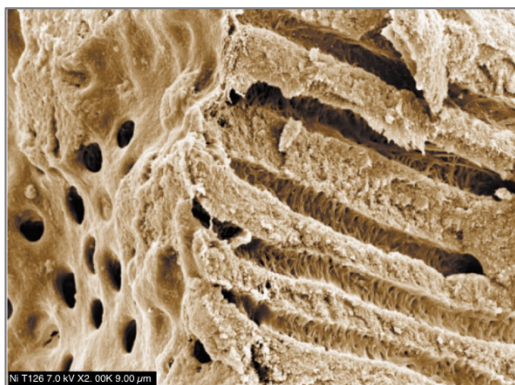


Figure 4 : Image au MEB, grossissement x 2000, de la smear layer sur la surface canalaire après instrumentation. Photographie par Dr G. Cantatore [11].

L'enduit pariétal superficiel mesure environ 1 à 2 µm d'épaisseur au niveau des parois et peut aller jusqu'à une profondeur de 40 µm dans les tubuli dentinaires [37,64]. En effet, l'instrumentation des parois canalaire élimine la couche de pré-dentine protégeant les canalicules, permettant ainsi à la « smear layer » de pénétrer dans ces derniers sous la pression des instruments endodontiques à des profondeurs variables.

La boue dentinaire pouvant contenir des bactéries et des matériaux organiques, elle peut potentiellement infecter les tubuli avec des bactéries viables ou encore servir de substrat aux bactéries déjà présentes [69].

La composition de la boue dentinaire diffère également selon les caractéristiques cliniques. Lorsque la pulpe est encore vivante, la *smear layer* est formée d'une partie organique et d'une partie minérale. Lorsque la pulpe est nécrosée, il faut ajouter à ces deux parties la présence d'un biofilm bactérien. Enfin, dans le cas d'un retraitement endodontique, la pellicule de *smear layer* se compose d'une part organique, d'une part minérale, de biofilm et de matériau d'obturation.

En résumé, l'élimination de la « smear layer » est importante afin de limiter la charge bactérienne lors de l'obturation canalaire mais également afin de permettre une meilleure désinfection et une obturation hermétique du système canalaire.

Il faut utiliser des irrigants ayant une action sur la matière organique tels que les débris pulpaire mais également sur les débris minéraux qui se retrouvent naturellement dans les canaux minéralisés et ceux produits par la *smear layer*. Il n'existe à ce jour aucune solution d'irrigation combinant ces propriétés chimiques. C'est pourquoi il convient d'**associer** des solutions dites antiseptiques comme l'hypochlorite de sodium et des solutions chélatrices comme l'EDTA.

#### 1.4.3.2 Hypochlorite de sodium

La Haute Autorité de Santé recommande l'utilisation comme irrigant l'hypochlorite de sodium (NaOCl) concentrée à 2,5% [27]. Cette solution est à la fois bactéricide et protéolytique [11]. Il a été démontré que le NaOCl permettait l'annihilation des bactéries, des champignons, des spores mais aussi de certains virus comme le VIH et les hépatites A et B. Elle est notamment capable de dissoudre les débris pulpaire contenus dans les canaux accessoires et latéraux.

Le NaOCl a une action antibactérienne grâce à la libération d'acide hypochloreux au cœur des canaux. Il est important de renouveler abondamment et régulièrement la solution car elle est rapidement inactivée après sa pénétration dans le réseau pulpaire.

De plus, l'action de la solution d'hypochlorite de sodium sur la partie inorganique de l'enduit pariétal est fortement limitée (figure 5). Ainsi, le NaOCl ne suffit pas seul pour un nettoyage chimique optimal. Il convient donc de chercher des moyens d'améliorer ses propriétés et son efficacité.

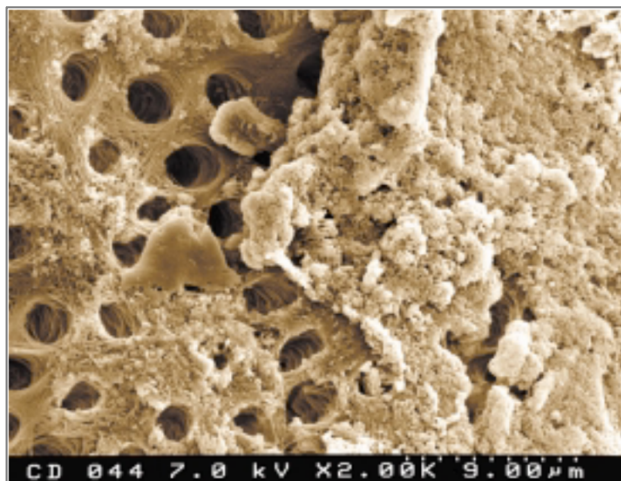


Figure 5 : Image au MEB, grossissement 2000 de la surface pariétale après irrigation au NaOCl seul.  
Photographie par Dr G. Cantatore [11].

Différentes solutions ont été décrites dans la littérature scientifiques :

- Une augmentation de la température de la solution (à environ 40-45°C), permettant en effet d'obtenir une meilleure efficacité de solution pour une plus faible concentration en limitant sa toxicité ;
- Une activation de l'irrigant à l'aide de gutta percha calibrée en fin de préparation. La gutta est insérée dans le ou les canaux remplis d'hypochlorite par mouvement de va-et-vient afin de créer des turbulences l'entraînant plus en profondeur ;
- Une activation de la solution de NaOCl grâce à des limes ultrasonores. Ces dernières entraînent une agitation des particules de la solution et un réchauffement de celle-ci
- Utiliser en combinaison une médication intra-canalair à base d'hydroxyde de calcium pour potentialiser les effets des deux solutions ;
- Ajouter un agent tensioactif dans le but de diminuer la concentration bactérienne dans les tubuli par une augmentation de sa pénétration.

Le NaOCl permet également la lubrification du canal, facilitant le passage des différentes limes de préparation, grâce à une réaction de saponification au contact des acides gras.

#### *1.4.3.3 Digluconate de chlorhexidine*

La chlorhexidine présente une action antibactérienne rémanente jusqu'à 48 à 72 heures après utilisation à une concentration de 2%. Cependant, elle ne possède pas de propriétés protéolytiques ce qui la positionne en solution complémentaire à l'hypochlorite de sodium et non comme solution d'irrigation de première intention. Elle est notamment très intéressante en rinçage final [25].

#### *1.4.3.4 EDTA*

La *smear layer* comportant une part minérale, l'acide éthylène diamine tétra acétique (EDTA) est utilisé afin de la dissoudre. Il ne possède pas de propriété bactéricide et vient en complément des agents antiseptiques [11].

Il existe de l'EDTA sous forme liquide à des concentrations avoisinant les 17% ainsi que sous forme de gel à des concentrations d'environ 6%. Les gels d'EDTA sont plutôt utilisés afin d'aider à la lubrification des parois canalaire et à la progression des instruments tandis que les solutions chélatrices viennent, en complément de l'hypochlorite, éliminer l'enduit pariétal (figure 6) [62].

En fonction de la minéralisation du réseau, l'EDTA sera utilisé en plus ou moins grandes proportions [26].



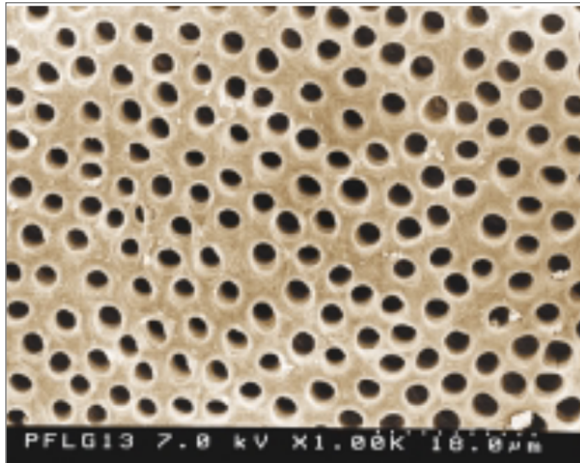


Figure 6 : Image au MEB, grossissement x 2000, de la paroi canalaire après irrigation au NaOCl et à l'EDTA. Photographie du Dr G. Cantatore [11].

#### 1.4.3.5 Acide citrique

Les solutions chélatrices à base d'acide citrique à concentration 10% sont moins fréquemment utilisées. Contrairement à l'EDTA, elles présentent une activité anti-bactérienne et une toxicité moindre pour les tissus organiques pour une efficacité similaire. Néanmoins, ces solutions entraînent une déminéralisation de la dentine intertubulaire ce qui les rend plus agressives [11].

#### 1.4.4 Obturation

L'obturation de l'endodonte est l'étape finale du traitement endodontique. Elle a pour but de combler le système qui a été préparé et aseptisé de façon étanche et tridimensionnelle.

#### *1.4.4.1 Les objectifs de l'obturation*

L'obturation du système canalaire a pour objectif :

- De remplir le réseau canalaire de façon tridimensionnelle ;
- De prévenir toute percolation bactérienne potentielle de la cavité buccale vers la région péri-apicale de la dent et inversement ;
- D'emprisonner les bactéries qui n'ont pu être éliminées durant le nettoyage de l'endodonte et bloquer leur développement ;
- De créer et de maintenir une étanchéité pérenne ;
- D'aider à la cicatrisation osseuse en pérennisant un environnement favorable permettant d'induire celle-ci [58].

#### *1.4.4.2 La gutta percha*

Le matériau de choix pour l'obturation canalaire est la gutta percha. Il s'agit d'un isomère du caoutchouc naturel. Pour son usage endodontique, elle est mélangée à de l'oxyde de zinc, du sulfate de baryum, de cires et de colorants et oxydants [12,58] .

Elle se présente sous forme de cônes, normalisées ou non, mais existe également en canules (Obtura®), en seringues réchauffables (MicroSeal®) et autour de tuteurs plastiques (Thermafil®).

La phase alpha de ce matériau, plus stable dimensionnellement, est utilisée lors de techniques thermoplastiques.

#### *1.4.4.3 Les ciments de scellement*

L'utilisation de ciments de scellement permet de créer une liaison chimique avec la gutta percha mais également une liaison mécanique avec les parois.

Dans le cahier des charges du ciment de scellement optimal est retrouvé : une consistance correcte et une bonne adhérence pariétale, un temps de travail adéquat, la production d'un scellement hermétique, une manipulation facile par l'opérateur, une radio-opacité, son expansion lors de la prise, des propriétés antiseptiques, une biocompatibilité, le ciment doit être insoluble dans les fluides buccaux mais soluble grâce à des solvants spécifiques en cas de ré-intervention, ne doit pas entraîner la coloration des tissus et ne doit être ni antigénique, ni mutagénique [12].

Le ciment de scellement idéal n'existant pas, plusieurs familles ayant chacune leurs caractéristiques sont retrouvées [58,59] :

- Les ciments à base d'oxyde de zinc-eugénol (Sealite® : Acteon, Pulp Canal Sealer® : Sybron Endo) qui sont les plus utilisés ;
- Les résines epoxy possédant la plus grande étanchéité (TopSeal® et AH Plus® : Dentsply Sirona, MM Seal® et Coltène® : Micro Méga) et une grande stabilité dans le temps ;
- Les ciments à base d'hydroxyde de calcium (Sealapex® : Sybron Endo, Apexit® : Ivoclar Vivadent) stimulent la cicatrisation apicale par relargage d'hydroxyde de calcium mais s'altèrent au fil du temps entraînant une obturation non hermétique ;
- Les biocéramiques (BioRoot® : Septodont, TotalFill® : FKG) permettent également un relargage d'hydroxyde de calcium mais assurent la pérennité de l'étanchéité grâce à une liaison biochimique qui ne se dégrade pas.

#### *1.4.4.4 Les différentes techniques d'obturation*

Il existe des techniques d'obturation du réseau canalaire dites à froid, telles que la technique monocône et la technique de condensation à froid, et d'autres dites à chaud telles que la thermocompaction, le système B et le système Thermafil.

La technique monocône ne répond pas aux objectifs biologiques du traitement endodontique. En effet, elle consiste en l'injection dans le canal d'une pâte d'obturation puis de l'ajout d'un cône unique de gutta percha sans compaction.

Cela ne permet pas l'obturation du réseau canalaire secondaire et la résorption de la pâte la rend non hermétique d'autant plus qu'elle se trouve être en couche épaisse autour de la gutta [27,59,62].

La technique de condensation latérale à froid était la technique de référence pendant une période [47]. Elle se réalise grâce à des fouloirs dits « spreaders » par condensation contre la paroi de la gutta percha. L'espace dégagé par la condensation due à la plasticité de la gutta est comblé par l'ajout de cônes accessoires à leur tour compactés à froid contre la paroi. C'est une technique chronophage, compliquée à maîtriser et pouvant entraîner des fractures ou fêlures radiculaires si trop de force est exercée [62].

La thermocompaction est une technique d'obturation rapide mais plutôt longue à maîtriser. Elle fait appel à des limes rotatives de thermocompaction telles que les Gutta Condensers® sur contre-angle réducteur. La rotation des condenseurs va échauffer la gutta percha par un mouvement de friction la rendant malléable. De plus, les propriétés géométriques des limes vont permettre en simultanée la condensation du matériau d'obturation et sa fusé dans les canaux accessoires [47].

Le Système B® est une technique de compactage verticale à chaud par vague unique. Le système fonctionne grâce à des fouloirs chauffants appelés « pluggers » qui vont permettre le réchauffement et la compaction simultanés du cône de gutta percha accompagné d'un seul mouvement de descente suivie d'une unique remontée. Entre la phase de descente et de remontée, la fonction chauffante est stoppée durant quelques secondes afin d'ancrer le bouchon apical en limitant la rétraction de prise de la gutta [12,47,62].

L'obturation à l'aide du système Thermafil est aidée d'un tuteur en plastique aux dimensions prédéfinies.

La gutta percha est préchauffée et condensée à l'aide du tuteur dans le réseau canalaire [12] qui est ensuite coupé et laissé dans le canal au cœur de la gutta. Avec cette technique, les canaux latéraux et accessoires sont obturés par fusé du matériau.

### **1.5 Le retraitement endodontique orthograde**

Le retraitement endodontique orthograde (RTEO) correspond à la réalisation d'un nouveau traitement endodontique à la suite d'un traitement initial inadéquat ou en cas d'échec. Son but est de corriger les potentielles erreurs et défauts du premier traitement comme une obturation incomplète, un canal non traité, une forme anatomique particulière (isthme, ramifications, réunions...) [8].

Il est dit orthograde lorsqu'il est réalisé par voie coronaire, et rétrograde (RTER) lorsqu'il est réalisé par microchirurgie apicale ou latéro-radulaire.

Les étapes de réalisation du retraitement sont similaires à celles du traitement initial. Cependant, il est nécessaire de disposer d'aide mécanique et chimique afin d'éliminer le matériau d'obturation dans le réseau canalaire.

Pour ce faire, les praticiens disposent d'instruments endodontiques spécifiquement dédiés au retraitement, ces instruments en nickel-titane sont plus rigides tout en gardant de la souplesse afin de passer les courbes canales [52].

Ils peuvent s'aider d'huile essentielle d'orange, d'eucalyptus ou de solutions pour dissoudre la gutta percha. Une désobturation incomplète empêche l'ouverture des tubuli pariétaux et de ce fait la désinfection canalaire pouvant aboutir à l'échec du soin.

En somme, l'intention première du retraitement est similaire à celle d'un traitement initial. Cependant, au vu de l'altération de l'anatomie canalaire par le praticien précédent, les objectifs biologiques de Schilder peuvent être plus compliqués voire impossibles à atteindre [8,35].

## 2. Conicité, instruments et appui pariétal

Le but de l'appui pariétal est d'**éliminer** le tissu péri-canalair sur une certaine profondeur ou volume afin d'ouvrir les tubuli renfermant d'éventuelles bactéries, rendant ainsi **plus efficace** les irrigants et permettant finalement une obturation qui se veut **la plus étanche** possible, quel que soit le niveau de canal préparé.

### 2.1 Conicité

#### 2.1.1 Définition

Le Larousse définit la conicité comme une forme de cône, c'est-à-dire un objet ayant une base circulaire ou elliptique et se rétrécissant de façon régulière en pointe.

#### 2.1.2 Évolution de la conicité des instruments

Initialement, les traitements endodontiques étaient réalisés à l'aide d'instruments en acier dotés d'une conicité constante de 2%. Cela signifie que leur diamètre augmente de  $2/100^e$  de millimètres tous les millimètres [47].

Il est important de noter que plus le diamètre d'un instrument augmente, plus celui-ci perd en flexibilité et devient rigide. Un instrument en acier inoxydable rigide présente un risque plus conséquent de déplacement canalaire, de buté et/ou de déchirure apicale. *A contrario*, un diamètre faible ne permet pas une préparation mécanique radiculaire suffisante à la réussite du traitement.

Du fait de leur rigidité et de leur mémoire élastique, plus importante pour les forts diamètres, les instruments manuels en acier entraînent des déviations des trajectoires canalaire dans les courbures [9]. Cela peut aboutir à des butées, des perforations ou encore des bouchons dentinaires. Dans le but de limiter ces risques, il est nécessaire de pré-courber les limes.

Afin d'obtenir une conicité apicale adéquate avec ces instruments de faible conicité, les praticiens utilisaient la technique du « step-back » aussi appelée technique télescopique [36]. La mise en forme de la portion apicale du canal se fait à l'aide d'instruments de diamètre croissant, se succédant les uns les autres avec un retrait coronaire de 0,5 à 1 mm dans le canal.

À la fin des années 1980, les instruments en Nickel-Titane (Ni-Ti) ont vu le jour. Cet alliage a la particularité d'être super-élastique permettant ainsi la création d'instruments de diamètre plus important [47]. Cela a permis en conséquence d'utiliser des instruments avec une conicité dite majorée tout en gardant une certaine flexibilité.

En 1985, Roane propose la technique des forces équilibrés (toute force appliquée engendre une résistance identique en direction opposée) avec la rotation de l'instrument dans les courbures [53]. C'est ainsi qu'aujourd'hui les praticiens doivent utiliser les instruments manuels.

Les instruments rotatifs utilisés actuellement se rapprochent de cette technique au mouvement alternatif, notamment les instruments en réciprocité. La rotation continue des limes mécanisées est arrivée en premier car elle est plus facile à développer cliniquement.

C'est la convergence de toutes ces innovations qui a amené à l'utilisation d'instruments rotatifs en Ni-Ti de conicité majorée constante ou variable.

### 2.1.2.1 L'alliage Nickel-Titane

L'alliage Ni-Ti a la particularité d'être super-élastique et de posséder une mémoire de forme ce qui permet de l'utiliser en rotation continue y compris dans les courbures canalaires. Sa super-élasticité lui vient de sa capacité à changer de structure selon les conditions thermiques ou selon la contrainte qui lui est imposée [28,38,63].

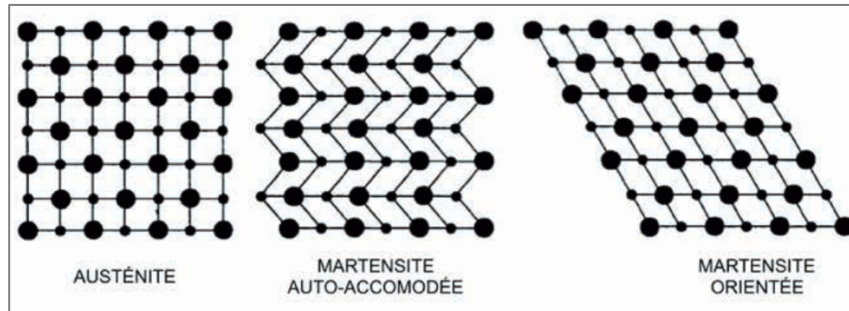


Figure 7 : Schéma de l'organisation cristalline des différentes phases de l'alliage Nickel-Titane [28]

À l'état solide, l'alliage est capable de passer d'une phase cristalline résistante, moins élastique, dite austénitique (figure 7) vers une phase martensitique qui sera flexible mais dont la composition cristallographique est plus instable. La phase intermédiaire est appelée phase-R et se caractérise par une forte flexibilité accompagnée d'une faible élasticité.

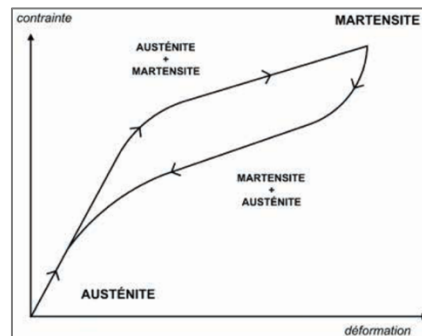


Figure 8 : Graphique de la transformation de phase du Ni-Ti après application d'une contrainte [28]

Lors des traitements endodontiques, le stress mécanique subi (figure 8) par les instruments provoque la transmutation de phase austénitique à martensitique.



Cependant, les limes en Ni-Ti présentent également leurs limites : la fracture instrumentale. Elle peut être induite par la torsion mécanique ou la fatigue cyclique de l'instrument.

Le plus souvent, les fractures instrumentales sont dues à leur utilisation excessive ou incorrecte [38]. Si la limite élastique de l'instrument est dépassée, la lime subit une torsion mécanique importante et cela entraîne soit sa dés spiralisation et il faut alors jeter la lime, soit sa fracture dans le canal.

Les fractures cycliques sont provoquées quant à elles par du stress résiduel. Il en existe deux sortes : le stress de torsion et celui de flexion. Lors de la préparation canalaire, les forces de torsion et de flexion vont se cumuler et ainsi affaiblir la résistance instrumentale en le chargeant de stress résiduel. C'est pourquoi plus un instrument en Ni-Ti a travaillé, plus il est susceptible à la fracture.

#### *2.1.2.2 La conicité majorée constante*

La conicité constante se définit par une augmentation homogène de la dimension de section transversale - le diamètre - le long des spires de l'instrument.

Les instruments de conicité constante arborent une forme pyramidale. La conicité est majorée à la base de la pyramide et permet subséquemment de travailler dans la partie coronaire du canal. De ce fait, plus la conicité est grande, plus la base pyramidale est large.

La séquence instrumentale se fait du plus large vers le plus étroit afin de progresser apicalement sans exercer de pression verticale. Il s'agit de la technique du « Crown-Down » ou préparation corono-apicale [71].

La presque totalité des systèmes endodontiques en France utilisent la conicité majorée constante. Les systèmes les plus connus peuvent être notamment cités : Hero 642® : MicroMéga, HeroShaper® : MicroMéga, K3® : SybronEndo, ProFile® : Dentsply Maillefer.

### *2.1.2.3 La conicité majorée variable*

Les instruments endodontiques à conicité majorée variable ont une conicité qui varie sur la partie active d'un même instrument. Elle peut être par exemple de 2% sur 2 millimètres de la partie active puis de 4% sur 3 millimètres puis de 6% et ainsi de suite.

Cela permet de donner une forte conicité à l'instrument uniquement dans la région correspondant à la zone canalaire désirant être instrumentée (coronaire, tiers-moyen, apical). La variabilité des conicités influence donc la flexibilité des instruments qui est adaptée pour leur utilisation.

Le premier système endodontique à avoir utilisé la conicité variable est le système ProTaper® de Dentsply-Maillefer. Aujourd'hui il existe d'autres systèmes similaires : GoTaper® de Shenzhen, EdgeTaper® de EdgeEndo.

### *2.1.2.4 Section de coupe instrumentale*

D'un instrument à un autre, les sections de coupes ont une grande variabilité mais, en général, sont symétriques. Des sections de coupe triangulaires, en triple hélicoïdales, d'autres pentagonales par exemples sont retrouvées.

Cependant, il existe certains systèmes possédant des sections de coupe non symétriques comme le K3® (Kerr) ou le Revo-S® (MicroMéga). Cette asymétrie permettrait une meilleure efficacité de coupe, aiderait au centrage de l'instrument et faciliterait l'évacuation des débris [2,33].

La section de coupe d'un instrument est le facteur prédominant la résistance de l'instrument à la flexion [56]. Elle aura également un impact sur son centrage dans le canal et la remontée des débris.

### 2.1.2.5 Angle de coupe et pointe instrumentale

L'angle de coupe correspond à l'angle formé entre la paroi canalaire et les lames de l'instrument. Il peut être positif (figure 9), neutre (méplat radiant) ou négatif. Il détermine la capacité de coupe de l'instrument [5].

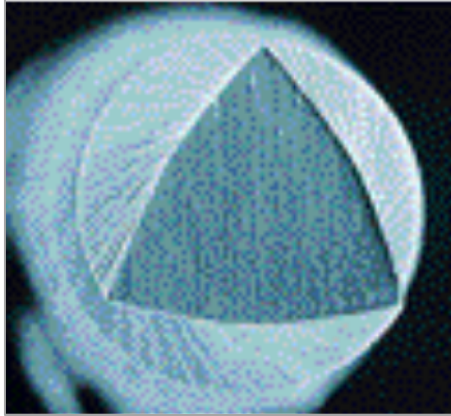


Figure 9 : Image MEB d'un instrument à angle de coupe positif [46]

Un angle de coupe positif accroît la capacité de coupe mais également le phénomène de vissage tandis qu'un angle de coupe négatif sollicite un torque plus élevé pour tourner dans le canal ce qui augmente le risque de fracture de l'instrument.

La majorité des systèmes endodontiques a un angle de coupe similaire : un angle de coupe sommairement positif adjoit à une pointe instrumentale passive afin de limiter le risque de blocage de l'instrument dans le canal [2].

### 2.1.2.6 Méplat radiant

Le méplat radiant (figure 10) correspond à un angle de coupe nul, c'est-à-dire la partie de l'instrument **en contact pariétal**.

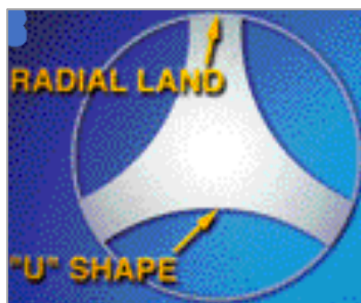


Figure 10 : Coupe schématique d'un instrument endodontique en triple U avec méplats radiaux ("radial land") [46]

Les instruments endodontiques avec des méplats radiaux sont usuellement décrits comme non coupants ou passifs car leur efficacité de coupe est réduite tandis que ceux en possédant sont considérés comme coupants, actifs [33,46,47].

L'existence des méplats a plusieurs avantages, en effet, cela permet de mieux centrer les limes dans le canal, de réduire l'effet de vissage et de ce fait le risque de blocage ou de rupture des instruments. Pour les instruments coupants, l'effet de vissage est régulé par la conicité majorée, des ajustements de pas et d'angle d'hélice [2].

Il existe même un système de limes endodontiques combinant des parties avec et d'autres sans méplat radian (EndoMagic® : OHC) [2,9].

## 2.2 Les différents instruments

### 2.2.1 Les limes de cathétérisme manuel

#### 2.2.1.1 Les limes K

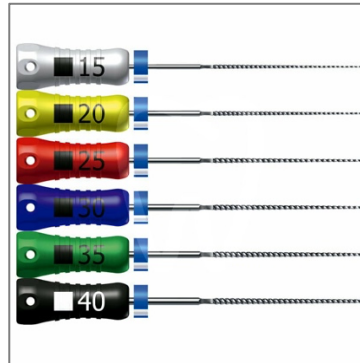


Figure 11 : Image de Limes K de chez FKG sur le site de Dentalclick

La lime K (figure 11) est fabriquée en acier, à partir d'une matrice à section carrée, triangulaire (FlexoFiles<sup>®</sup>, Dentsply) ou losangique (K-Flex<sup>®</sup>, SybronEndo) par usinage ou par torsion de la matrice. Elle possède une conicité de 2% et est utilisée par mouvement de traction ou de rotation/torsion et il est possible de la pré-courber avant de l'introduire dans le canal [47,62]. Le retrait de la lime se fait par un **appui pariétal circonférentiel**.

### 2.2.1.2 Les limes H



Figure 12 : Image de limes H de chez MicroMéga® du site Dentalclick

Les limes Hedström (figure 12) également nommées « racleurs », sont conçues par usinage à partir d'une matrice ronde. Elles s'utilisent par impulsion de traction pure et possèdent des arêtes actives avec un angle de coupe agressif [62]. Cela permet d'effectuer une élimination graduelle dentinaire apico-coronaire (cf. technique de Roane) lors de la traction instrumentale aidée par un **appui pariétal latéral**.

### 2.2.2 Les évaseurs

Comme vu précédemment, les évaseurs facilitent la préparation canalaire grâce à la suppression d'obstacles coronaires comme les triangles de Schilder. Cet évasement canalaire permet de faciliter le nettoyage radiculaire :

- mécanique : en supprimant l'angle aux entrées canalaire formé par leur minéralisation notamment sur les canaux mésiaux et vestibulaires des molaires [10] ;
- chimique : la forme conique donnée à l'entrée canalaire permet à la pointe de l'aiguille d'irrigation de progresser dans le canal et en fait un réservoir.

L'obturation du canal est également conditionnée par l'élargissement de l'entrée du canal car le fouloir peut ainsi condenser la gutta au niveau du tiers apical.

### 2.2.2.1 Les forêts de Gates



Figure 13 : Image des six forêts de Gates depuis le site GACD

A l'origine, les forêts de Gates (figure 13), en acier inoxydable, étaient utilisés pour cette tâche. Au nombre de 6, ils arborent des diamètres de pointe allant de 50 à 150/100<sup>e</sup> de mm et une longueur de 19 mm [51,62].

Ils ont comme principal défaut de ne pas présenter une action sélective sur les parois ce qui engendre des déplacements proches des furcations sur les dents pluriradiculées. Ces déplacements induisent une forte fragilité des dents, augmentant le risque de fracture. De plus, **leur utilisation en appui pariétal est compliquée** car résultant très souvent par la fracture de l'instrument.

### 2.2.2.2 L'EndoFlare® de MicroMéga



Figure 14 : EndoFlare® de MicroMéga, image provenant du site DiscountDentaire

L'EndoFlare® (figure 14) est usiné en nickel-titane. Il présente une conicité importante de 12% et le diamètre à sa pointe est de 25/100<sup>e</sup>. Il a pour particularité de posséder une tige très courte de 15 mm et s'utilise sur contre-angle réducteur à basse vitesse (de 300 à 600 tours/min) [10]. Sa pointe est inactive afin de respecter l'anatomie canalaire et il s'utilise **en appui pariétal**. C'est un *opener*.

En 2003, une étude a été menée sur l'utilité de l'EndoFlare® [10]. Il en a été déduit qu'il s'agissait d'un instrument fiable, facilitant la préparation et l'obturation des canaux lors du respect de son protocole d'utilisation.

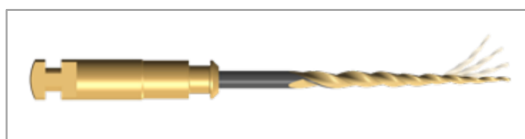


Figure 15 : OneFlare® par MicroMéga

Aujourd'hui, la marque MicroMéga a remplacé l'EndoFlare® par le OneFlare® qui a été traité thermiquement afin d'augmenter sa résistance et sa flexibilité (figure 15 et 16).

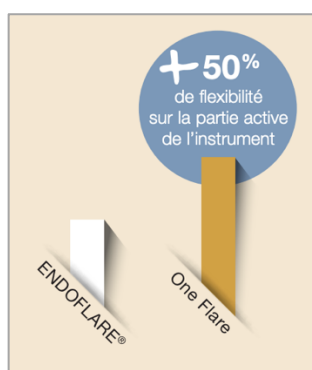


Figure 16 : Schéma représentant une flexibilité plus importante du OneFlare face à l'EndoFlare sur la brochure de MicroMéga



### 2.2.3 Les limes de rotation continue à conicité constante

Les anciens systèmes tels que les HeroShaper® (MicroMéga) ou les limes ProFile® (Dentsply Maillefer) sont des systèmes qui permettent **un appui pariétal** lors de la remontée coronaire. Leur utilisation étant grandement répandue et maîtrisée, les fabricants continuent d'innover et de créer de nouveaux systèmes faciles à maîtriser pour les praticiens comme le 2Shape® (MicroMéga) ou le NeoNiti® (Neolix). Ces deux derniers sont des exemples non exhaustifs.

L'amélioration de la technologie des matériaux en nickel-titane et de leurs traitements thermiques n'ont pour autant pas supprimé la nécessité d'un appui pariétal.

#### 2.2.3.1 2Shape®, MicroMéga



Figure 17 : Image de la lime TS1 du système 2Shape®, MicroMéga

Le système 2Shape® se compose de seulement deux limes de préparation endodontique : TS1 (figure 17) de conicité 4% et TS2 de conicité 6% existant en 21, 25 et 31 mm [44]. L'alliage Ni-Ti est traité thermiquement par la technique T-Wire lui octroyant une plus grande résistance à la fracture et une meilleure flexibilité permettant un maintien supérieur dans les courbures canalaire [18].

Le système présente des limes de section en triple hélice dissymétrique afin de diminuer le risque de fracture instrumentale [17], **d'augmenter l'efficacité de l'appui pariétal** et d'améliorer la remontée des débris canalaire.

Les limes TS1 et TS2 s'utilisent de façon successive. Elles sont introduites jusqu'à la rencontre d'une légère résistance puis sont remontées en direction coronaire en brossant les parois canalaire grâce à **un appui pariétal**.

### 2.2.3.1 NeoNiti<sup>®</sup>, Neolix

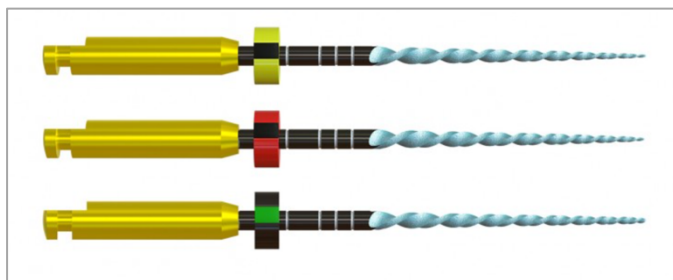


Figure 18 : Image du système NeoNiti<sup>®</sup>, Neolix

Le système NeoNiti<sup>®</sup> (figure 18), peu connu, est composé de 3 limes usinées par EDM qui est un procédé d'électroérosion [18]. Elles présentent une section de coupe rectangulaire, sont de conicité 6% pour les limes de diamètre apicale 20 et 25 et de 4% pour celle de diamètre 40.

Ce procédé d'usinage permet à la lime d'avoir de meilleures finitions de surface, un stress résiduel moindre et un grand degré de précision. De plus, cela lui confère une forte résistance à la fatigue cyclique et une flexibilité supérieure aux limes traitées thermiquement.

Il est possible, comme pour d'autres instruments de même technologie, de pré-courber les limes avant de les insérer dans les canaux et leur grande flexibilité leur permet un meilleur centrage canalaire et moins de risque de fausse route ou de transport canalaire [18,31].

Lors de la préparation canalaire, les limes du système NeoNiTi<sup>®</sup> sont insérées par mouvement de va-et-vient avec **un appui pariétal** lors de la remontée et une irrigation abondante et régulière.

## 2.2.4 Les limes de rotation continue à conicité variable



Figure 19 : Limes rotatives ProTaper, SX, S1, S2, F1, F2, F3, F4 et F5 [50]

Le système ProTaper® (figure 19) présente deux sortes de conicité variable, la conicité variable croissante et la conicité variable décroissante [47]. Les trois premiers instruments de la séquence, les « shapers », présentent une conicité croissante en forme de Tour Eiffel et permettent de travailler la trajectoire canalaire tandis que les trois derniers instruments du système, les « finishers » ont une conicité variable décroissante. Toutes ces limes s'utilisent avec **un appui pariétal, sélectif ou non** en fonction du cas clinique.

Ces limes de finition ont une forme d'obélisque et permettent le travail apical grâce à une conicité maximale au niveau de leur pointe.

Comme pour l'EndoFlare®, un système ProTaper® traité thermiquement pour une plus grande flexibilité est sorti par la suite : les ProTaper Gold® (figure 20). Ils gardent la même géométrie structurale que la première génération de ProTaper® mais possèdent une meilleure résistance à la fatigue cyclique [28]. Grâce au traitement thermique Gold-Wire, les instruments sont capables de préparer des canaux avec des courbures plus prononcées.



Figure 20 : Image des ProTaper Gold®, DentsplySirona

Le dernier système, ProTaper Ultimate® (figure 21), diffère des deux autres par sa composition. En effet, il est composé d'un évaseur dit « slider », d'un seul « shaper » et toujours de trois limes de finitions dites « finishers ». Le « shaper » et les « finishers » ont subi un traitement thermique GOLD et il existe également deux limes de finitions auxiliaires avec un traitement thermique BLUE (F4, F5).



Figure 21 : Système ProTaper Ultimate®, brochure Dentsply Sirona

### 2.2.5 Les limes de retraitement endodontique

Les limes de traitement endodontique initiale peuvent être utilisées afin de désobturer une dent. Les séquences peuvent cependant être modifiées pour répondre aux objectifs du retraitement. Il existe des limes spécifiques dédiées au retraitement comme le système R-Endo (Micro-Méga) ou le système ProTaper Universal® retraitement (Dentsply-Sirona) [22].

Ces limes de retraitement sont plus rigides que celles dédiées au traitement initial car elles sont étudiées pour être capables d'éliminer et d'évacuer le matériau d'obturation. Elles conservent cependant une certaine souplesse afin d'aborder les courbures. Il existe, comme précédemment, des systèmes à conicité constante et d'autre à conicité variable.

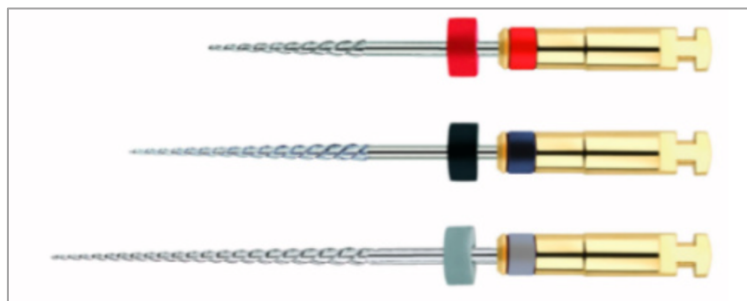


Figure 22 : Système R-Endo®, brochure Micro-Méga

Le système R-Endo® (figure 22) est de conicité constante. Il s'agit d'une séquence dédiée à la désobturation dérivant du système HeroShaper® [32]. Il est composé de trois limes R1 (15 mm), R2 (19 mm) et R3 (22 mm) chacune destinée à travailler un tiers radiculaire.

Lors de la désobturation, R1, R2 et R3 s'utilisent par poussées apicales contrôlées. Par la suite, afin de mettre en forme le canal, R2 ou R3 est utilisée en **appui pariétal circumférentiel** lors de remontées dynamiques.



Figure 23 : Système ProTaper Universal® retraitement

Il existe une séquence ProTaper Universal® spécifiquement dédiée à la désobturation du retraitement endodontique (figure 23).

Ce système à conicité variable est utilisé pour retirer les matériaux d'obturation avant la mise en forme canalaire. Elle se compose de 3 limes D1 (16 mm), D2 (18 mm) et D3 (22 mm) pour les trois tiers radiculaires. Seule la lime D1 possède une pointe active afin de faciliter son engagement dans le matériau d'obturation en coronaire [16].

Elles s'utilisent par poussées apicales, sans appui pariétal car elles ne sont pas destinées à mettre en forme le canal. Une fois le matériau d'obturation entièrement extrait, un système de limes de mise en forme canalaire doit être utilisé.

## 2.3 L'impact de l'appui pariétal

### 2.3.1 L'appui pariétal sélectif

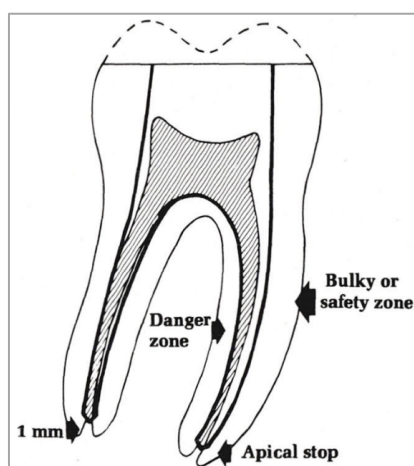


Figure 24 : Schéma d'une dent préparée avec la méthode de l'anticurvature filing indiquant les zones de danger et celles de sécurité (bulky)[1]

**L'appui pariétal sélectif** est introduit par Abou-Rass avec la méthode de « l'anticurvature filing » dans les canaux courbes et/ou étroits. Cette technique (figure 24) consiste à préparer le canal dans les parties volumineuses – dites de sécurité – en se tenant éloigné des parties fines – dites zones de danger – afin de limiter le risque de *stripping* ou de perforation [1]. Le *stripping* se définit par un amincissement de la paroi jusqu'au cément pouvant aboutir à une perforation.

La zone de danger (figure 25) correspond à la fine bande de la paroi du canal radiculaire qui est fragile et susceptible d'être percée, effondrée par une préparation hasardeuse.

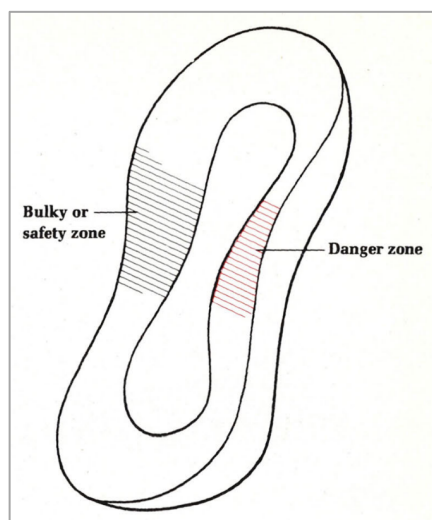


Figure 25 : Schéma d'une coupe axiale de racine montrant les zones de sécurité (safety) et de danger [1]

Le but de l'appui pariétal sélectif est de balayer la structure radiculaire la plus volumineuse en **l'éloignant** de la zone de danger de la courbure et de l'amincissement.

L'anatomie et le diamètre du canal radiculaire ainsi que la direction de la courbure doivent être minutieusement analysés avant la préparation du canal. En effet, les courbures vont être adoucies le plus possible afin de favoriser le nettoyage, la mise en forme et l'obturation du tiers apical. De plus, les instruments sont pré-courbés afin de faciliter leur insertion et progression dans les courbures.

### 2.3.2 Conicité prévue et conicité réelle

Après utilisation d'instruments rotatifs en nickel-titane pour préparer le réseau canalaire, la conicité attendue est celle correspondant à la conicité de l'objet. Cependant, cela n'est vérifié que si l'instrument est utilisé par un mouvement pur de va-et-vient. Ainsi, la **pression pariétale** exercée par le praticien va influencer la conicité réelle et la forme finale des canaux (figure 26).

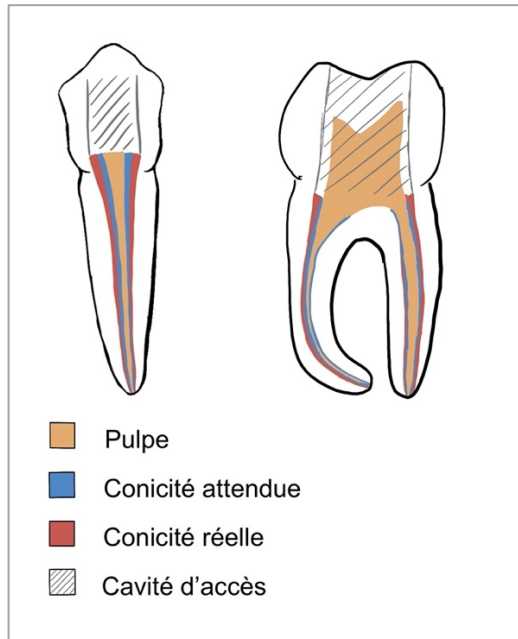


Figure 26 : Schéma personnel conicité attendue versus conicité réelle

**L'appui pariétal circonférentiel** appliqué aux canaux ronds (figure 27) permet une expansion uniforme du canal, respectant l'anatomie initiale de ce dernier.

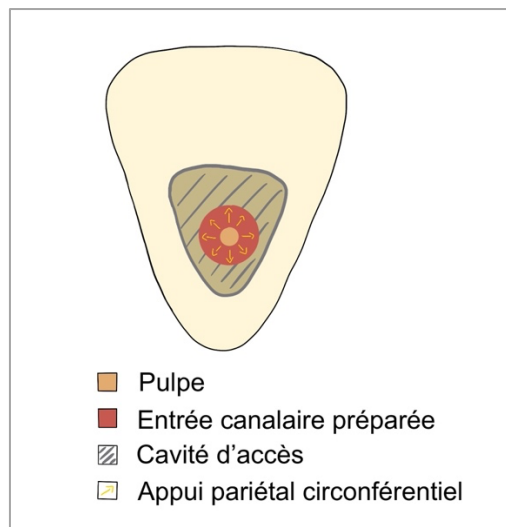


Figure 27 : Schéma personnel de l'impact de l'appui pariétal circonférentiel sur un canal rond

Comme vu précédemment, **l'appui pariétal sélectif** notamment pour les dents triradiculées et les canaux ovales, permet de préparer la dent de façon sécuritaire. Cette préparation entraîne une réduction du risque de fracture instrumentale et radiculaire par stripping par exemple.



Une entrée canalaire préparée par appui pariétal sélectif (figure 28) s'étend vers les parois de sécurité. Elle est élargie par appui sur ces dernières et impacte ainsi la forme de l'entrée canalaire mais également la conicité du canal.

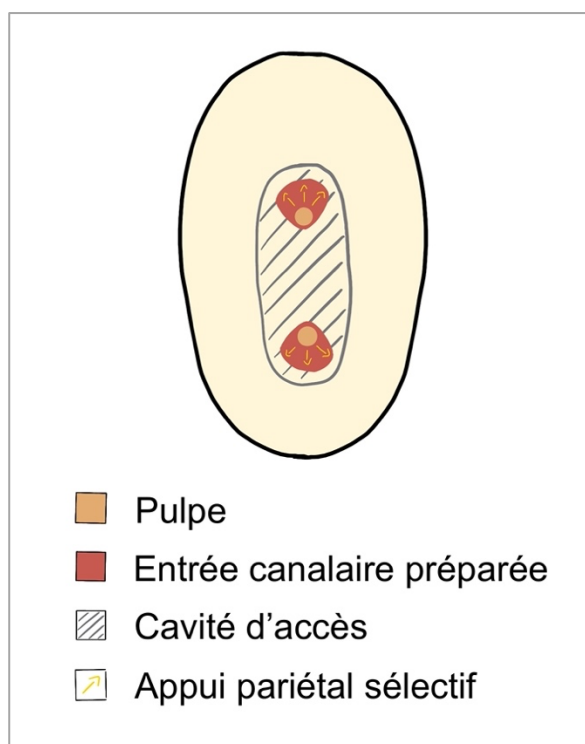


Figure 28 : Schéma personnel d'entrées canalaires ovales d'une prémolaire préparées par appui pariétal sélectif

De plus, l'appui pariétal va faciliter l'insertion du maître cône à la longueur de travail grâce à cette conicité finale plus importante que le dernier instrument utilisé. Il peut également donner le volume nécessaire à l'insertion d'un futur tenon sans passage de forêts supplémentaires. De ce fait, l'appui pariétal participe à l'élaboration du futur logement canalaire.

#### **2.4 Optimisation de l'irrigation**

Du fait de l'anatomie complexe de certains canaux comme les canaux en C ou ceux présentant des isthmes, l'instrumentation mécanique ne peut convenir à leur nettoyage correct. C'est pour cela qu'il est important de maximiser les procédures d'irrigation [11]. Cette optimisation de l'irrigation ne peut être effectuée qu'une fois la préparation canalaire entièrement achevée.

## 2.4.1 Activation sonore

L'activation sonore du liquide d'irrigation nécessite des instruments possédant une fréquence d'oscillation entre 1 et 6 kHz grâce à une pièce à main sonore sur laquelle se fixe un instrument endodontique [25]. Il est essentiel de **ne pas être en appui pariétal** lors de l'activation sonore auquel cas l'effet recherché s'en trouve annulé.

### 2.4.1.1 Endoactivator® : Dentsply Sirona



Figure 29 : Image de l'Endoactivator® de Dentsply Sirona

L'Endoactivator® (figure 29) de chez Dentsply Sirona est composé d'un générateur servant de pièce à main et d'un insert en nylon clipsable existant en 3 tailles différentes (20/100<sup>e</sup> en 2%, 25/100<sup>e</sup> en 4% et 35/100<sup>e</sup> en 4%) [25,40]. Ce dispositif est caractérisé par une fréquence vibratoire maximale de 190 Hz et une amplitude d'oscillations de l'insert de 1,2 mm. Cela produit une flexion de l'insert associée à un mouvement elliptique au niveau de sa pointe permettant une mobilisation du liquide d'irrigation. Il s'utilise par intervalles successifs de 30 à 60 secondes avec un renouvellement de l'irrigant à chaque fois.

### 2.4.1.2 Eddy®



Figure 30 : Image du système Eddy® de VDW

Le système Eddy® (figure 30) de VDW se compose d'une pièce à main sonore nommée « Air Scaler » et d'embouts appelés « tips » en polymère souple ce qui lui permet de passer les courbures en respectant l'anatomie canalaire et de travailler en portion apicale [73]. Ces embouts sont stériles et à usage unique [65]. Le système est animé d'une fréquence d'oscillations allant de 5000 à 6000 Hz.

Une étude de 2017 (Urban et al.) a montré une efficacité similaire à l'irrigation ultrasonique passive concernant la réduction de la charge bactérienne [65]. Le fabricant attribue une oscillation tridimensionnelle qui provoquerait une cavitation et un effet de flux acoustique. Ces deux propriétés n'avaient été jusqu'alors attribuées à l'activation ultrasonique.

De plus, les « tips » peuvent être utilisés afin de retirer l'hydroxyde de calcium mais également pour insérer le ciment de scellement dans le réseau canalaire.

### 2.4.2 Activation ultrasonique

Il s'agit plus précisément d'irrigation passive ultrasonique grâce à l'activation de l'irrigant par l'insertion d'une lime oscillant à une fréquence de 20 000 Hz.

Cette oscillation va permettre la formation de vagues acoustiques engendrant un phénomène de cavitation de la solution. Cette cavitation améliore l'évacuation des débris et augmente la capacité de pénétration de l'irrigant dans le réseau canalaire [25].

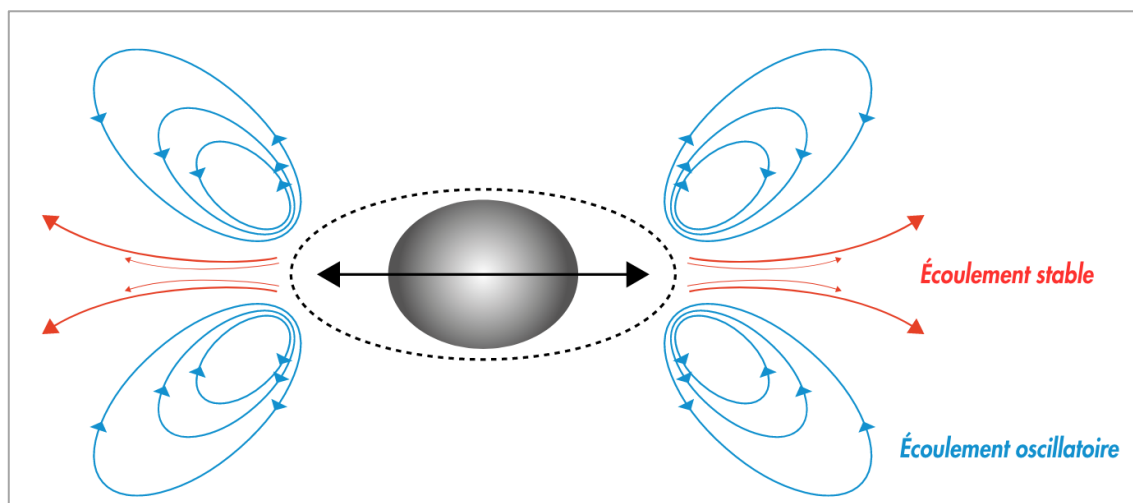


Figure 31: Schéma de la formation par ultrasons des courants acoustiques lors de l'activation de l'irrigation [40]

Lors de la mise en fonction de l'insert à ultrasons dans le canal, la formation de plusieurs vortex (écoulements oscillatoires) (figure 31) peut être observée sur toute la longueur de l'insert. Cela crée un écoulement stable bilatéral à distance de l'insert. Ce sont ces écoulements stables et oscillatoires qui forment les courants acoustiques [40].

De plus, les impulsions ultrasoniques augmentent la température [41] de la solution ce qui, dans le cas du NaOCl, augmenterait son efficacité antibactérienne [8,25].



Figure 32 : Générateur piézo-électrique et pièce à main ultrasonore de chez Acteon Select

L'IrriSafe® (figure 32) de chez Acteon Satelec se compose d'un générateur piézo-électrique, d'une pièce à main ultrasoniques et de limes ultrasonores métalliques anti-corrosives existant dans les diamètres 20 et 25/100° pour deux longueurs différentes (21 et 25 mm) [40]. Ces limes présentent une section de coupe carré à angle arrondi et sont stérilisables.



Figure 33 : Lime ultrasonore IrriSafe de chez Acteon Select

Si la lime ultrasonore (figure 33) entre en contact avec les parois canalaires, il existe un système de compensation de la puissance permettant de maintenir ses propriétés oscillatoires [7,25]. Elle pourra ainsi prendre **un contact pariétal ponctuel de courte durée** afin d'éliminer les résidus pulpaire ou de matériau d'obturation présents dans les particularités anatomiques tels que les feuillets ou les isthmes.

En résumé, l'augmentation des courants et leur force permet d'effectuer des contraintes de cisaillement sur les enduits pariétaux entraînant leur décollement et leur évacuation.

### 2.4.3 Activation par laser

Les lasers en odontologie disposent d'une longueur d'onde située dans le domaine de l'infrarouge. Les lasers sur le marché français sont le Diode, le Néodyme-YAG, le Néodyme-YAP, l'Erbium Chromium-YSGG et l'Erbium-YAG [13].

Le Diode est utilisé pour l'hypersensibilité et la biostimulation de la réponse inflammatoire et son utilisation en endodontie a été amoindrie à la suite de certaines études. Cependant, il est très efficace en nettoyage et désinfection du système canalaire.

Le laser Néodyme-YAG quant à lui est utilisé dans les cas d'incision-coagulation des tissus mous et son indication en endodontie n'est pas avérée du fait d'une absence d'efficacité.

Le Néodyme-YAP permet également de vaporiser des fragments d'instruments cassés et lorsqu'il est utilisé en endodontie, le canal doit être sec et les irrigants ne doivent pas être utilisés en simultané [19]. Il peut servir d'aide au retraitement par exemple.

Le laser Erbium Chromium était utilisé en odontologie restaurative pour le soin des cavités carieuses. Son utilisation en endodontie est également possible grâce à l'utilisation de *tips* dont l'extrémité radiale permet une efficacité dans les trois dimensions (figure 34).

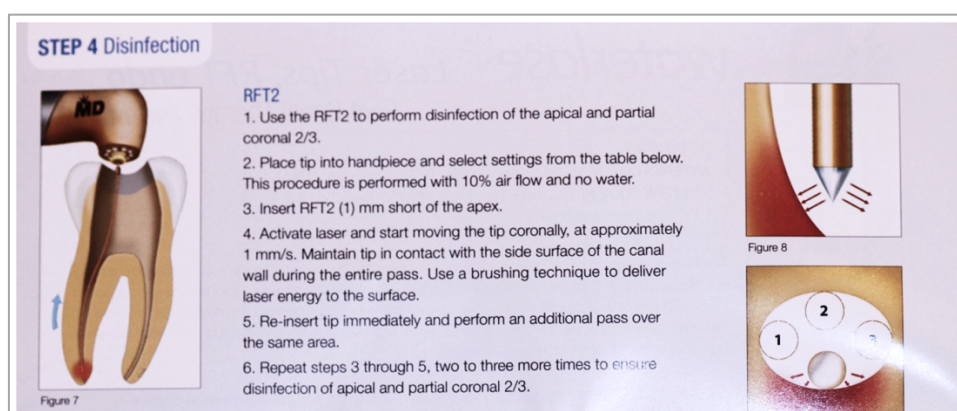


Figure 34 : Illustration du principe d'utilisation du laser Erbium Chromium, livret d'utilisation du laser Erbium Chromium Biolase.

L'Erbium-YAG a plusieurs indications en endodontie. Il est utilisé pour le coiffage pulpaire comme pour la chirurgie endodontique. Lors du traitement endodontique, il peut être utilisé au début, en cours et également à la fin du traitement canalaire. Il présente une longueur d'onde de 2,940 nm le rendant inoffensif car non pénétrant dans les tissus et son énergie peut être absorbé dans l'eau.

Le laser Erbium-YAG, comme le laser Erbium Chromium, permet l'activation de la solution d'irrigation en créant des mouvements du fluide entraînant la mise en suspension des bactéries et des débris tissulaires au sein de celle-ci [13]. Ainsi l'évacuation des déchets endodontiques est grandement facilitée y compris au niveau des replis canaux isthmiques.

### **3. Les nouveaux concepts de mise en forme canalaire**

#### ***3.1 La technique mono-instrumentale en réciprocité***

##### **3.1.1 L'étude de Yared**

Face aux limites présentées par les instruments en nickel-titane telles que leur fracture cyclique et leur coût pour le praticien. En 2008, Yared a fait une étude sur l'utilisation d'un seul instrument en rotation continue [72]. Cela visait à en faire une utilisation unique car les micro-craquelures présentes sur les limes faces à leurs nombreuses utilisations peuvent poser des problèmes de contamination croisée malgré la désinfection.

Dans son étude, il utilise seulement une lime K 08 afin d'assurer la perméabilité canalaire et une lime de ProTaper F2 à laquelle il soumet un mouvement alternatif horaire-anti-horaire. La lime F2 a été choisie du fait de sa conicité variable permettant une plus grande flexibilité dans les courbures canales.

Il conclut son étude préliminaire en énonçant des avantages à cette technique tels qu'un coût financier moindre pour le praticien, une réduction du risque de contamination croisée par les prions et une réduction de la fatigue cyclique imposée à l'instrument qui doivent ensuite être vérifiés par différentes évaluations cliniques.

### 3.1.2 La réciprocité

La réciprocité se définit par un mouvement alternatif horaire / anti-horaire dont les amplitudes sont différentes. Ce mouvement est utilisé sur des limes mécanisée à conicité majorée et le mouvement dit de vissage est plus ample que celui de dévissage afin de ne pas refouler de reliquats vers l'apex [62]. Cela permet notamment de diminuer le risque de fracture cyclique des instruments par rapport à leur utilisation en rotation continue [66].

### 3.1.3 Les premiers instruments dédiés à la réciprocité

À la suite de l'expérience de Yared, la notion d'instrument unique soumis à un mouvement alternatif asymétrique a été développée cliniquement. Ainsi, deux instruments avec des caractéristiques différentes ont vu le jour : le Reciproc® (VDW) et le WaveOne® (Dentsply-Maillefer).

#### 3.1.3.1 Le Reciproc®

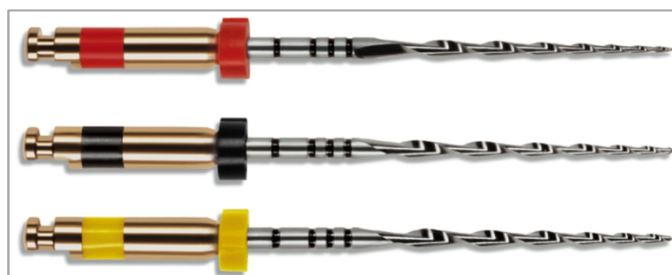


Figure 35 : Image des limes Reciproc®

La lime Reciproc® (figure 35) est en nickel-titane et est traitée thermiquement afin de mieux résister à la fatigue cyclique.



Elle a la particularité de présenter un pas d'hélice à gauche lui conférant une capacité de coupe dans le sens anti-horaire [48]. Sa conicité est variable et inversée. En effet, elle se trouve être maximale à la pointe et diminue coronairement. Elle possède une section de coupe asymétrique en S avec deux arêtes coupantes [62]. La lime est non stérilisable et possède donc une bague en plastique thermosensible pour empêcher sa réinsertion sur un moteur endodontique.

Le système Reciproc<sup>®</sup> se compose de 3 limes de différents diamètres et conicités en 3 longueurs différentes (21, 25 et 31 mm). La lime rouge possède un diamètre 25 pour une conicité apicale de 8%, la lime noire possède un diamètre 40 pour une conicité apicale de 6% et la lime jaune quant à elle correspond à un diamètre 50% associé à une conicité 5%.

Les limes Reciproc<sup>®</sup> s'utilisent sur un moteur spécial auquel est adjoind un contre-angle réducteur permettant la réalisation du mouvement alternatif asymétrique [63].

Lorsque la lime est insérée dans un canal perméable, elle progresse grâce au mouvement anti-horaire qui lui permet de s'enfoncer dans la dentine puis cette dernière est coupée par un mouvement horaire de plus faible amplitude [48]. Lors du mouvement horaire, la lime est désengagée prévenant ainsi son blocage ou vissage dans le canal.

Afin de préparer un canal, la lime Reciproc<sup>®</sup> doit avoir un diamètre et une conicité plus importants que celui-ci sinon elle ne pourra couper la dentine périphérique. De ce fait, la lime Reciproc<sup>®</sup> **ne doit pas être utilisée en appui pariétal.**



Figure 36 : Image de lime Reciproc Blue®

Il existe actuellement de nouvelles limes Reciproc® qui ont été traitées thermiquement : les limes Reciproc Blue® (figure 36). Le traitement thermique leur confère une flexibilité plus importante et une plus grande résistance à la fatigue cyclique en comparaison aux limes Reciproc® [29]. Cela ne change pas pour autant la dynamique d'utilisation.

### 3.1.3.2 Le WaveOne®



Figure 37 : Image du système de limes WaveOne®

La lime WaveOne® est également en Ni-Ti traité thermiquement à usage unique. Il présente lui aussi une capacité de coupe dans le sens anti-horaire et une conicité variable, inversée à sa pointe plus importante que celle des limes Reciproc® [48]. Elle présente une section triangulaire en coronaire et triangulaire-concave à sa pointe lui apportant flexibilité et résistance.

Le système WaveOne® (figure 37) est composé de 3 limes de diamètre et conicité variables en 3 gammes de taille (21 mm, 25 mm et 31 mm). La lime jaune est appelée « WaveOne Small » possédant un diamètre 21 pour une conicité constante de 6%. La « WaveOne Primary » de diamètre 25 pour une conicité apicale de 8% est représentée en rouge et la « WaveOne Large » de diamètre 40 associée à une conicité apicale de 8% est noire [48,62]. Il s'utilise également sur un moteur dédié avec son contre-angle réducteur [63] et **sans appui pariétal**.

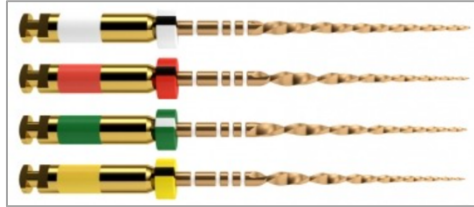


Figure 38 : Image du système WaveOne Gold®

Le système WaveOne® a été remplacé par le système WaveOne Gold® (figure 38). Le Ni-Ti a été traité thermiquement lui conférant cet aspect doré et une flexibilité plus importante. Il a également été prouvé que cela lui octroyait une plus grande résistance à la fatigue cyclique comparé au WaveOne® [29]. De plus, sa section n'est plus triangulaire mais a une forme de parallélogramme.

### 3.1.4 Les avantages de la réciprocité

L'utilisation de limes réciproques à usage unique permet de limiter le risque de contamination croisée par prions comparées aux limes stérilisables difficilement nettoyables de par leur anatomie complexe [34]. De plus, cela diminue fortement le risque de fracture par fatigue cyclique. Le mouvement réciproque limite le phénomène de vissage et donc la fracture élastique de l'instrument dans le canal [29,66].

### 3.1.5 Les limites de la réciprocité

Quelle que soit la méthode utilisée, un canal ne peut être travaillé en rotation sans avoir été exploré au préalable. Ainsi, la réciprocité doit être précédée par le passage de limes manuelles afin de vérifier la perméabilité canalaire [48,62].

De plus, de même qu'en rotation continue, face à des courbures importantes ou des crochets apicaux, les limes réciproques sont soumises à un stress et des contraintes physiques importantes entraînant un fort risque de fracture.

De ce fait, dans ces situations, les courbures doivent être adoucies manuellement afin de pouvoir éventuellement être travaillées en rotation [1].

Lors des retraitements endodontiques, la désobturation est plus efficace en rotation continue comparée à la réciprocité. Dans ce cas, il est préférable de retirer les anciens matériaux grâce aux systèmes de rotation continue dans un premier temps puis de mettre en forme le canal par réciprocité [48].

### 3.2 Le *Self Adjusting File*®



Figure 39 : Images de la lime "Self Adjusting File"® [43]

Le « Self Adjusting File® » (figure 39) est une lime de préparation endodontique de conception unique. Elle est composée de façon creuse et cylindrique formant un treillis en nickel-titane [43] à l'origine utilisé pour les stents cardiaques. Elle a la particularité d'être compressible du fait de son corps creux et donc de s'adapter à l'anatomie du canal dans lequel elle est insérée [62].

Le système SAF® se compose d'un moteur couplé à une pompe afin d'irriguer au sein même de l'instrument pendant la préparation, d'un contre-angle spécifique et de la lime endodontique.

Le canal est préparé en amont jusqu'à une lime K n°20 puis la lime SAF® est insérée. La lime est alors actionnée par une vibration verticale et va tenter de retrouver sa forme initiale en émettant une **pression pariétale circumférentielle adaptative** à la forme canalaire.

Cette pression est faible et constante, permettant à la surface abrasive de la lime d'éliminer de façon homogène une fine couche de dentine sur toute la surface canalaire respectant ainsi la forme du canal même quand celui-ci est plat ou ovale [43,62]. Du fait de sa grande flexibilité, la lime permet un redressement plus doux des courbures respectant l'anatomie du canal.

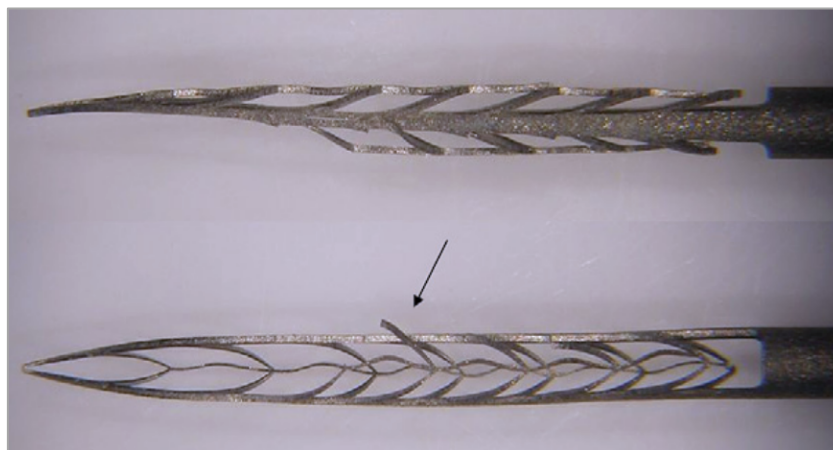


Figure 40 : Photographie d'une défaillance mécanique du SAF entraînant le détachement d'un des connecteurs [43].

Le système SAF<sup>®</sup> possède une grande résistance à la fatigue cyclique et lors de défaillances mécaniques de petites déchirures dans le treillis se forment (figure 40). Elles évitent ainsi une fracture de la lime entière et permettant l'extraction facile de l'instrument du canal.

Les principaux avantages du système SAF<sup>®</sup> sont :

- Une adaptation tridimensionnelle à l'anatomie canalaire ;
- L'utilisation d'un instrument unique pour la préparation ;
- L'absence de noyau métallique rigide évite le déplacement des courbes ou leur redressement trop important ;
- Une grande résistance à la fatigue cyclique ;
- Un corps de lime creux permettant une irrigation abondante, renouvelée et continue tout au long de la préparation canalaire.

Bien qu'innovantes, les limes du système SAF<sup>®</sup> ne sont plus commercialisées.

### 3.3 La désobturation par instrument unique

#### 3.3.1 Lime Reciproc® de VDW



Figure 41 : Image de la lime Reciproc® pour le retraitement, VDW

La lime Reciproc® (figure 41) de retraitement permet la désobturation et la remise en forme canalaire avec un seul et même instrument. Cela permet un temps de préparation réduit et donc un temps dédié à la désinfection plus important.

La lime de retraitement a une section de coupe en forme de S. Elle est à usage unique afin de limiter le risque de contamination croisée ainsi que pour préserver son efficacité de coupe. Elle est composée d'un alliage Ni-Ti ayant subi un traitement thermique M-Wire pour « memory wire » signifiant « fil mémoire ». Cela rend l'instrument plus résistant à la fatigue cyclique et à la torsion, de ce fait il peut être utilisé dans les canaux courbes [30,54]. La lime de retraitement Reciproc® s'utilise par mouvement de va-et-vient, **sans appui pariétal**.

Comme dit précédemment, la rotation continue avec appui pariétal circonférentiel et/ou sélectif est à privilégier pour la désobturation [48].

### 3.3.2 Lime Remove<sup>®</sup> de Micro Méga

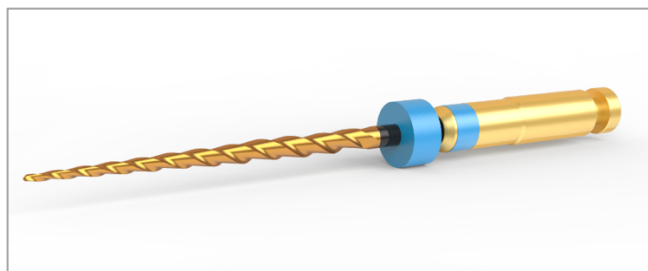


Figure 42 : Image de la lime Remove<sup>®</sup>, Micro-Méga

La lime de désobturation Remove<sup>®</sup> de Micro-Méga (figure 42) est dédiée au retrait du matériau d'obturation. Elle permet la désobturation du canal grâce à un instrument unique mais ne participe pas à la mise en forme canalaire. Cette lime présente un diamètre à la pointe de 30/100 mm et une conicité de 7% [14]. Elle est pré-courbable et peut s'utiliser sans ajout de solvant.

La lime Remove<sup>®</sup> s'utilise par mouvement de va-et-vient, sans pression apicale et peut être soumise à **un appui pariétal** [45]. Elle doit être descendue jusqu'à 3 mm de la longueur de travail pour une dent présentant une obturation complète. Une fois la désobturation partielle effectuée, le praticien finalise la préparation canalaire apicale sur les 3 derniers mm.

## Conclusion

Les objectifs du traitement endodontiques sont de nettoyer et mettre en forme le système canalaire afin d'en effectuer une obturation hermétique et tridimensionnelle. Schilder en avait défini des objectifs mécaniques tels qu'une préparation conique et le respect de l'anatomie canalaire. Les instruments endodontiques sont les outils permettant au chirurgien-dentiste de répondre à ces objectifs.

Initialement en acier et manuels, l'appui pariétal était de rigueur pour toute la préparation canalaire. À la suite de l'évolution des instruments en nickel-titane du fait de leur conicité et des traitements thermiques qu'ils subissent, de nouvelles méthodes ont été employées avec tout d'abord la rotation continue puis la réciprocité faisant suite aux travaux de Roane. Toutes ces nouvelles méthodes tendent à diminuer et simplifier le temps de préparation canalaire afin d'accorder plus de temps à l'irrigation.

Les instruments en rotation continue sont utilisés avec **un appui pariétal circonférentiel ou sélectif** selon le cas clinique tandis que les instruments en mouvement réciproque ne doivent pas être utilisés en appui pariétal. Cependant, quelle que soit la technique choisie par le praticien, il est essentiel que la perméabilité canalaire soit vérifiée à l'aide d'une lime manuelle utilisée en appui pariétal.

Les nouveaux concepts visant à simplifier le processus de traitement endodontique usent de moins en moins de l'appui pariétal. Néanmoins dans les cas cliniques compliqués comme les courbures ou les crochets apicaux, l'appui pariétal reste un gage de **sécurité** pour le praticien.

**L'appui pariétal est donc toujours d'actualité mais son degré d'utilisation peut varier selon les instruments endodontiques employés mais également selon les cas cliniques.**



## Références bibliographiques

1. Abou-Rass M, Frank AL, Glick DH. The anticurvature filing method to prepare the curved root canal. *J Am Dent Assoc.* 1980;101(5):792-4.
2. Arbab-Chirani R, Chevalier V, Arbab-Chirani S, Calloch S. Instrumentation canalaire de préparation. *Encycl. Méd. Chir.* 2010:1-15.
3. Arbona L. Le microscope opératoire en endodontie : applications cliniques. *Inf Dent.* 2016;(10):18-26.
4. Bjørndal L, Simon S, Tomson PL, Duncan HF. Management of deep caries and the exposed pulp. *Int Endod J.* 2019;52(7):949-73.
5. Bon G. Les instruments de rotation continue en endodontie : les spécificités du système RaCe(r) FKG. [Thèse d'exercice, Chirurgie dentaire]. Lorraine; 2013.
6. Boucher Y, Carra MC. Douleurs endodontiques et parodontales. *Réal Clin.* 2021;32(1):25-35.
7. Boutsoukis C, Verhaagen B, Walmsley AD, Versluis M, Sluis LWM. Measurement and visualization of file-to-wall contact during ultrasonically activated irrigation in simulated canals. *Int Endod J.* 2013;46(11):1046-55.
8. Bronnec F. Retraitement endodontique : révision ou correction du traitement précédent. *Réal Clin.* 2016;27(4):263-73.
9. Bukiet F. La rotation continue. *Inf Dent.* 2003;(43):3399-407.
10. Calas P. Etude d'un nouvel instrument de préparation canalaire en Nickel-titane : l'Endoflare®. 2003;(6):331-338.
11. Cantatore G. L'irrigation de l'endodonte : importance dans le nettoyage et la stérilisation du réseau canalaire. *Inf Dent.* 2001;12(2):185-201.
12. Cantatore G. Obturation canalaire et préservation radiculaire. *Réal Clin.* 2004;15(1):33-53.
13. Cochet J-Y, Gabriel R. Le laser Er:YAG en endodontie. *Réal Clin.* 2019;30(1):21-30.
14. Cordier PB. Intérêt d'une lime de retraitement universelle : le Remover. [Thèse d'exercice, Chirurgie Dentaire]Lille:UFR3S; 2021.
15. Daud S, Nambiar P, Hossain MZ, Rahman MRA, Bakri MM. Changes in cell density and morphology of selected cells of the ageing human dental pulp. *Gerodontology.* 2016;33(3):315-21.

16. Dentsply. ProTaper universal - Retreatment technique. [Internet] [cité 30 juillet 2022]. Disponible sur: <https://www.dentsplysirona.com/content/dam/master/regions-countries/north-america/product-procedure-brand/endodontics/product-categories/files-motors-lubricants/rotary-and-reciprocating-files/protaper-universal/documents/END-Brochure-ProTaper-Universal-Rotary-Files-EN.pdf>
17. Diemer F, Michetti J, Mallet J-P, Piquet R. Effect of Asymmetry on the Behavior of Prototype Rotary Triple Helix Root Canal Instruments. *J Endod.* 2013;39(6):829-32.
18. Faisal I, Saif R, Alsulaiman M, Natto ZS. Shaping ability of 2Shape and NeoNiTi rotary instruments in preparation of curved canals using micro-computed tomography. *BMC Oral Health.* 2021;21(1):595.
19. Farge P, Nahas P, Bonin P. In vitro study of a Nd:YAP laser in endodontic retreatment. *J Endod.* 1998;24(5):359-63.
20. Frédéric N. Évaluation du parage de la plaie de la pulpe par coiffage pulpaire direct. *Haute Aut Santé.* 2019;62.
21. Gambiez A, Linez P. La cavité d'accès et ses secrets. *Inf Dent.* 2010;(22):43-52.
22. Glikpo M, Bukiet F. Eliminer les matériels et matériaux, renégocier. *Réal Clin.* 2016;27(4):255-62.
23. Goldberg M, Smith AJ. Cells and extracellular matrices of dentin and pulp : a biological basis for repair and tissue engineering. *Crit Rev Oral Biol Med.* 2004;15(1):13-27.
24. Gronthos S, Mankani M, Brahim J, Robey PG, Shi S. Postnatal human dental pulp stem cells (DPSCs) in vitro and in vivo. *Proc Natl Acad Sci. National Academy of Sciences;* 2000;97(25):13625-30.
25. Guivarc'H M, Soler T, Pérez F, Bukiet F. Mise en forme canalaire et irrigation. *Réal Clin.* 2014;25(1):49-60.
26. Haapasalo M, Shen Y, Wang Z, Gao Y. Irrigation in endodontics. *Br Dent J.* 2014;216(6):299-303.
27. Haute Autorité de Santé. Le traitement endodontique. 2008.
28. Hemming C, Pérez F. Traitement thermique des instruments endodontiques en nickel-titane : quel apport pour les praticiens ? *Réal Clin.* 2019;30(4):276-85.

29. Keskin C, Inan U, Demiral M, Keleş A. Cyclic Fatigue Resistance of Reciproc Blue, Reciproc, and WaveOne Gold Reciprocating Instruments. *J Endod.* 2017;43(8):1360-3.
30. Kırıcı D, Demirbuga S, Karataş E. Micro-computed Tomographic Assessment of the Residual Filling Volume, Apical Transportation, and Crack Formation after Retreatment with Reciproc and Reciproc Blue Systems in Curved Root Canals. *J Endod.* 2020;46(2):238-43.
31. Kuzekanani M, Sadeghi F, Hatami N, Rad M, Darijani M, Walsh LJ. Comparison of Canal Transportation, Separation Rate, and Preparation Time between One Shape and Neoniti (Neolix): An In Vitro CBCT Study. *Int J Dent.* 2021;2021:6.
32. Le Goff A, Cliper F, Dautel A. Les retraitements endodontiques en rotation continue avec le concept R-Endo. *Inf Dent.* 2005;(5):227-36.
33. Lemaitre G. Incidence de différents moyens de mise en forme canalaire sur le nettoyage sous irrigation standardisée : le ProTaper® Universel, ProTaper Next™ et Reciproc®. [Thèse d'exercice, Chirurgie dentaire] Lille:UFR3S; 2015.
34. Linsuwanont P, Parashos P, Messer HH. Cleaning of rotary nickel-titanium endodontic instruments. *Int Endod J.* 2004;37(1):19-28.
35. Machtou P. Pronostic du retraitement endodontique orthograde. *Inf Dent.* 2003;4:203-15.
36. Machtou P, Bronnec F. Concepts de mise en forme évolutions. *Inf Dent.* 2010;(22):57-62.
37. Mader CL, Baumgartner JC, Peters DD. Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *J Endod.* 1984;10(10):477-83.
38. Mancino D. Le Nickel-Titane en endodontie, performance et sécurité. *Inf Dent.* 2013;(1):14-24.
39. Marchi V, Simon S. La pulpite irréversible : la comprendre pour mieux la prendre en charge. *Inf Dent.* 2017;(13):14-23.
40. Martin D, Bronnec F. Activation des solutions d'irrigation. *Inf Dent.* 2017;(36):26-32.
41. Martin D, Bronnec F. Utilisations cliniques des instruments soniques et ultrasoniques en endodontie. *Inf Dent.* 2017;(19):26-32.
42. Médioni E. La cavité d'accès endodontique. *Inf Dent.* 2010;(8):14-6.

43. Metzger Z, Teperovich E, Zary R, Cohen R, Hof R. The Self-adjusting File (SAF). Part 1: Respecting the Root Canal Anatomy—A New Concept of Endodontic Files and Its Implementation. *J Endod.* 2010;36(4):679-90.
44. MicroMega. Mise en forme canalaire - 2Shape, two files to shape. [Internet]. Coltene; 2017. [cité 27 octobre 2022]. Disponible sur: [https://micro-mega.com/wp-content/uploads/2018/03/60300807-C\\_Brochure-2Shape\\_FR\\_WEB.pdf](https://micro-mega.com/wp-content/uploads/2018/03/60300807-C_Brochure-2Shape_FR_WEB.pdf)
45. MicroMega. MicroMega Remover / Remover Starter Pack. [Internet] 2020. [cité 26 mars 2021]. Disponible sur: [https://micro-mega.com/wp-content/uploads/2020/06/10300007\\_F\\_IFU\\_GLOBALE\\_REMOVER\\_IMPRIMERIE.pdf](https://micro-mega.com/wp-content/uploads/2020/06/10300007_F_IFU_GLOBALE_REMOVER_IMPRIMERIE.pdf)
46. Ounsi HF. Les nickel-titanes rotatifs : entre réalité et fiction. *Inf Dent.* 2004;86(19):1185-91.
47. Pertot W-J, Simon S. Le traitement endodontique. Paris : Quintessence International. 2003.
48. Pertot W-J, Webber J, Machtou P, Kuttler S. Mise en forme canalaire mono-instrumentale en mouvement réciproque. *Inf Dent.* 2011;(38):10-8.
49. Peters OA, Schönenberger K, Laib A. Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography: Canal preparation assessed by micro-CT. *Int Endod J.* 2001;34(3):221-30.
50. Quevauvilliers J, Somogyi A, Fingerhut A. Dictionnaire médical de poche. 2ème édition. Paris: Masson; 2007.
51. Rejeb HB, Hamdan R, Diemer F. L'évasement coronaire du canal. *Inf Dent.* 2017;(27):18-22.
52. Ricci C, Médioni E, Bouchard NB. Le retraitement endodontique et l'instrumentation Ni-Ti rotative. *Inf Dent.* 2016;(29):57-9.
53. Roane J, Sabala C, Duncansonjr M. The "balanced force" concept for instrumentation of curved canals. *J Endod.* 1985;11(5):203-11.
54. Romeiro K, de Almeida A, Cassimiro M, Gominho L, Dantas E, Chagas N, et al. Reciproc and Reciproc Blue in the removal of bioceramic and resin-based sealers in retreatment procedures. *Clin Oral Investig.* 2020;24(1):405-16.

55. Ruch JV, Lesot H, Begue-Kirn C. Odontoblast differentiation. *Int J Dev Biol*. UPV/EHU Press; 2003;39(1):51-68.
56. Schäfer E, Dzepina A, Danesh G. Bending properties of rotary nickel-titanium instruments. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. Elsevier Science; 2003;96(6):757-63.
57. Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am*. 1974;18(2):269-96.
58. Simon S. L'obturation canalaire avec une nouvelle famille de biomatériaux... en toute simplicité (partie 1). *BioMatériaux Clin*. 2020;5(2):54-9.
59. Simon S. L'obturation canalaire avec une nouvelle famille de biomatériaux... en toute simplicité (partie 2). *BioMatériaux Clin*. 2021;6(1):51-7.
60. Simon S, Azerad J. Comprendre la physiopathologie pulpaire. *Réal Clin*. 2011;22(4):295-302.
61. Simon S, Beres F, Zanini M. La cicatrisation pulpo-dentinaire : de la biologie à la clinique. *Réal Clin*. 2016;27(1):13-26.
62. Simon S, Machtou P, Pertot W-J. *Endodontie*. Rueil-Malmaison, France : éditions CdP; 2012.
63. Siquet J-P, Diemer F. Quelles innovations pour la mise en forme canalaire ? *Inf Dent*. 2018;5/6:18-22.
64. Torabinejad M, Handysides R, Khademi AA, Bakland LK. Clinical implications of the smear layer in endodontics: A review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology*. 2002;94(6):658-66.
65. Urban K, Donnermeyer D, Schäfer E, Bürklein S. Canal cleanliness using different irrigation activation systems: a SEM evaluation. *Clin Oral Investig*. 2017;21(9):2681-7.
66. Varela-Patiño P, Ibañez-Párraga A, Rivas-Mundiña B, Cantatore G, Otero XL, Martín-Biedma B. Alternating versus continuous rotation: a comparative study of the effect on instrument life. *J Endod*. 2010;36(1):157-9.
67. Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1984;58(5):589-99.
68. Vertucci FJ. Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. *Endod Top*. 2005;10(1):3-29.
69. Violich DR, Chandler NP. The smear layer in endodontics – a review: Smear layer in endodontics. *Int Endod J*. 2010;43(1):2-15.

70. Walton RE, Nair PNR. Neural elements in dental pulp and dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* Elsevier; 1995;80(6):710-9.
71. Waplington M, McRobert AS. Shaping the root canal system. *Br Dent J.* 2014;216(6):293-7.
72. Yared G. Canal preparation using only one Ni-Ti rotary instrument: preliminary observations. *Int Endod J.* 2008;41(4):339-44.
73. Zeng C, Willison J, Meghil MM, Bergeron BE, Cutler CW, Tay FR, et al. Antibacterial efficacy of an endodontic sonic-powered irrigation system: An in vitro study. *J Dent.* 2018;75:105-12.
74. Glossary of Endodontic Terms [Internet]. Am. Assoc. Endodontists. [cité 26 mars 2021]. Disponible sur: <https://www.aae.org/specialty/clinical-resources/glossary-endodontic-terms/>

## Table des illustrations

Figure 1 : Coupe histologique d'une première molaire de bovin. Coupe de 7 $\mu\text{m}$ , coloration hématoxyline/éosine. Barre = 500 $\mu\text{m}$ . A : vue à plus fort grossissement, barre = 250 $\mu\text{m}$ [62]. .....	16
Figure 2 : Vue schématique des principaux composants pulpaire (2) .....	18
Figure 3 : Schéma de la classification de l'anatomie canalaire selon Vertucci [68] .....	24
Figure 4 : Image au MEB, grossissement x 2000, de la smear layer sur la surface canalaire après instrumentation. Photographie par Dr G. Cantatore [11]. .....	28
Figure 5 : Image au MEB, grossissement 2000 de la surface pariétale après irrigation au NaOCl seul. Photographie par Dr G. Cantatore [11]. .....	30
Figure 6 : Image au MEB, grossissement x 2000, de la paroi canalaire après irrigation au NaOCl et à l'EDTA. Photographie du Dr G. Cantatore [11]. .....	32
Figure 7: Schéma de l'organisation cristalline des différentes phases de l'alliage Nickel-Titane [28]. .....	39
Figure 8 : Graphique de la transformation de phase du Ni-Ti après application d'une contrainte [28] .....	39
Figure 9 : Image MEB d'un instrument à angle de coupe positif [46]. .....	42
Figure 10 : Coupe schématique d'un instrument endodontique en triple U avec méplats radiants ("radial land") [46] .....	43
Figure 11 : Image de Limes K de chez FKG sur le site Dentalclick .....	44
Figure 12 : Image de limes H de chez MicroMéga® du site Dentalclick .....	45
Figure 13 : Image des six forêts de Gates depuis le site GACD. ....	46
Figure 14 : EndoFlare® de MicroMéga, image provenant du site DiscountDentaire .....	47
Figure 15 : OneFlare® par MicroMéga .....	47
Figure 16 : Schéma représentant une flexibilité plus importante du OneFlare face à l'EndoFlare sur la brochure de MicroMéga .....	47
Figure 17 : Image de la lime TS1 du système 2Shape®, MicroMéga .....	48
Figure 18 : Image du système NeoNiti®, Neolix .....	49
Figure 19 : Limes rotatives ProTaper, SX, S1, S2, F1, F2, F3, F4 et F5 [50] .....	50

Figure 20 : Image des ProTaper Gold <sup>®</sup> , DentsplySirona .....	51
Figure 21 : Système ProTaper Ultimate <sup>®</sup> , brochure Dentsply Sirona .....	51
Figure 22 : Système R-Endo <sup>®</sup> , brochure Micro-Méga.....	52
Figure 23 : Système ProTaper Universal <sup>®</sup> retraitement.....	52
Figure 24 : Schéma d'une dent préparée avec la méthode de l'anticurvature filing indiquant les zones de danger et celles de sécurité (bulky)[1] .....	53
Figure 25 : Schéma d'une coupe axiale de racine montrant les zones de sécurité (safety) et de danger [1].....	54
Figure 26 : Schéma personnel conicité attendue versus conicité réelle .....	55
Figure 27 : Schéma personnel de l'impact de l'appui pariétal circonférentiel sur un canal rond.....	55
Figure 28 : Schéma personnel d'entrées canalaires ovales d'une prémolaire préparées par appui pariétal sélectif .....	56
Figure 29 : Image de l'Endoactivator <sup>®</sup> de Dentsply Sirona .....	57
Figure 30 : Image du système Eddy <sup>®</sup> de VDW .....	58
Figure 31: Schéma de la formation par ultrasons des courants acoustiques lors de l'activation de l'irrigation [40].....	59
Figure 32 : Générateur piézo-électrique et pièce à main ultrasonore de chez Acteon Select .....	60
Figure 33 : Lime ultrasonore IrriSafe de chez Acteon Select.....	60
Figure 34 : Illustration du principe d'utilisation du laser Erbium Chromium, livret d'utilisation du laser Erbium Chromium Biolase. ....	61
Figure 35 : Image des limes Reciproc <sup>®</sup> .....	63
Figure 36 : Image de lime Reciproc Blue <sup>®</sup> .....	65
Figure 37 : Image du système de limes WaveOne <sup>®</sup> .....	65
Figure 38 : Image du système WaveOne Gold <sup>®</sup> .....	66
Figure 39 : Images de la lime "Self Adjusting File <sup>®</sup> " [43].....	67
Figure 40 : Photographie d'une défaillance mécanique du SAF entraînant le détachement d'un des connecteurs [43].....	68
Figure 41 : Image de la lime Reciproc <sup>®</sup> pour le retraitement, VDW .....	69
Figure 42 : Image de la lime Remover <sup>®</sup> , Micro-Méga .....	70



L'appui pariétal en endodontie : est-il toujours d'actualité ? / **Amandine MAHÉ**. - p. (79) : ill. (42) ; réf. (74).

**Domaines** : Endodontie

**Mots clés Libres** : Appui pariétal, endodontie, rotation continue, réciprocité, conicité.

#### Résumé de la thèse en français

Le traitement endodontique est un acte quotidien du chirurgien-dentiste. Il a pour but d'éliminer les tissus pulpaux, nécrotiques et les bactéries afin de nettoyer, mettre en forme et obturer le système canalaire. Pour ce faire, le chirurgien-dentiste utilise des instruments dédiés : les instruments endodontiques.

Cette thèse a pour objectif de déterminer si l'appui pariétal est toujours de rigueur lors des préparations endodontiques. Après avoir fait des rappels d'endodontie générale, la thèse étudie l'évolution des instruments, leur conicité et leur composition puis elle aborde les nouveaux concepts de préparation endodontique et la place de l'appui pariétal parmi eux.

#### **JURY** :

**Président :**

**Monsieur le Professeur Etienne DEVEAUX**

**Assesseurs :**

**Monsieur le Docteur Alain GAMBIEZ**

**Monsieur le Docteur Marc LINEZ**

**Madame le Docteur Marine HÉNAUT**

