

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

ⵜⴰⵎⴰⵎⴻⵔⴰⵏⵜ ⵏ ⵓⵎⵎⴰⵔ ⵏ ⵙⵓⵔⵉⵎ ⵏ ⵙⵓⵔⵉⵎ ⵏ ⵙⵓⵔⵉⵎ  
**UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAÏD**  
**FACULTE DE MEDECINE**  
**DR. B.BENZERDJEB – TLEMCEN**



جامعة أبو بكر بلقايد  
كلية الطب  
د.ب.بن زرجب – تلمسان

**DEPARTEMENT DE MEDECINE DENTAIRE**

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES POUR**  
**L'OBTENTION DU DIPLOME DE DOCTEUR EN MEDECINE DENTAIRE**

**Thème :**

**La mise en forme canalaire mono instrumentale à l'aide de  
deux systèmes de dynamique différente : Étude  
comparative *ex vivo* sur canaux courbes**

Présenté par :

**SOUDDI KHADIDJA**

**KHELIFA AMINA**

**KHEDDAM SIHEM**

**Soutenu le : 24/10/2021**

**Le Jury:**

<b>P<sup>r</sup>. OUDGHIRI. F</b>	Professeur en Odontologie Conservatrice Endodontie CHU Tlemcen Chef de service OCE CHU Tlemcen	<b>Président</b>
<b>P<sup>r</sup>. BEN-YELLES.I</b>	Maitre de conférence « A » Odontologie Conservatrice Endodontie CHU Tlemcen	<b>Assesseur</b>
<b>P<sup>r</sup>. CHAABNI.N</b>	Maitre de conférence « A » Epidémiologie CHU Tlemcen	<b>Assesseur</b>
<b>D<sup>r</sup>. GUENDOUZ.D</b>	Maitre assistant en Odontologie Conservatrice Endodontie CHU Tlemcen	<b>Encadreur</b>

**Année universitaire 2020- 2021**

## **REMERCIEMENTS**

*Un travail scientifique, étant le résultat de plusieurs efforts conjugués, tout apport pour l'améliorer est le bien venu...*

Nous remercions l'Eternel **DIEU** pour le souffle de vie et toutes les capacités physiques et intellectuelles utilisées pour réaliser ce travail.

### **AUX MEMBRES DE NOTRE JURY**

Pour le grand honneur qu'ils nous font en acceptant de juger ce travail.

## **A NOTRE MAITRE ET ENCADREUR DE THÈSE**

**Monsieur le Docteur GUENDOUZ.D**

Maitre assistant en Odontologie Conservatrice Endodontie CHU Tlemcen

*Vous nous avez fait un grand honneur en acceptant  
de me confier ce travail.*

*Nous vous remercie de votre patience,  
votre disponibilité, de vos  
encouragements et de vos précieux  
conseils dans la réalisation de cette thèse.*

*Votre compétence, votre dynamisme  
et votre rigueur ont suscité  
une grande admiration et un profond respect.*

*Vos qualités professionnelles et  
humaines nous serve d'exemple.  
Veuillez croire à l'expression de notre profonde  
reconnaissance et de notre grand respect.*

**A NOTRE MAITRE ET PRESIDENT DE JURY**

**Monsieur le Professeur OUDGHIRI. F**

Professeur en Odontologie Conservatrice Endodontie CHU Tlemcen

Chef de département de Médecine Dentaire

Chef service d' Odontologie Conservatrice Endodontie CHU Tlemcen

*Nous vous remercions de l'honneur que vous nous avez fait  
en acceptant de présider notre jury.  
Nous vous remercions de votre enseignement  
et nous vous sommes très reconnaissants  
de bien vouloir porter intérêt à ce travail.  
Nous avons bénéficié, au cours de nos études,  
de votre enseignement clair et précis.  
Votre gentillesse, vos qualités humaines,  
votre modestie n'ont rien d'égal que votre compétence.  
Veuillez trouver ici, professeur, l'expression de nos sincères remerciements.*

## **A NOTRE MAITRE ET JUGE DE THÈSE**

**Madame le Professeur BEN-YELLES.I**

Maitre de conférence « A » Odontologie Conservatrice Endodontie

CHU Tlemcen

*Nous vous remercions de nous avoir honorés  
par votre présence.  
Nous vous remercions de votre enseignement  
et nous vous sommes très reconnaissants  
de bien vouloir porter intérêt à ce travail.  
Vous avez accepté aimablement de juger cette thèse.  
Cet honneur nous touche infiniment  
et nous tenons à vous exprimer notre profonde reconnaissance.  
Veuillez accepter, cher maître, dans ce travail l'assurance  
de notre estime et notre profond respect.*

**A NOTRE MAITRE ET JUGE DE THÈSE**

**Madame le Professeur CHAABNI.N**

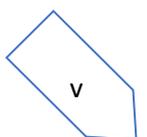
Maitre de conférence « A » Epidémiologie CHU Tlemcen

*Nous sommes infiniment sensibles à l'honneur  
que vous nous faites en acceptant  
de siéger parmi notre jury de thèse.*

*Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude  
pour votre bienveillance et votre simplicité avec lesquelles  
vous nous avez accueillis.*

*Nous vous remercions de votre enseignement et gentillesse.*

*Veillez trouver ici, cher Maitre, le témoignage de notre  
grande estime et de notre sincère reconnaissance.*



*Nous adressons par la même occasion nos remerciements à tous les enseignants et toute l'équipe pédagogique de FACULTE DE MEDECINE DR. B. BENZERDJEB –TLEMCEM. Un merci spécial aux intervenants professionnels responsables de notre formation (les enseignants de MEDECINE DENTAIRE), pour leurs enseignements de qualité et leurs conseils qui nous ont permis de poursuivre notre parcours universitaire jusqu'à présent.*

## DEDICACES

*Louange à Dieu tout puissant, qui m'a permis de voir ce jour tant attendu.*

***Je dédie ce travail :***

*A celle qui m'a porté quand ils étaient faibles, m'a élevé et veillé sur moi, le débordement d'amour et la source de tendresse, "Ma Mère Bien-Aimée", que Dieu ait pitié d'elle.*



***A mon très cher père***

*Tu as toujours été pour moi un exemple du père respectueux, honnête, de la personne méticuleuse, je tiens à honorer l'homme que tu es.*

*Grâce à toi papa j'ai appris le sens du travail et de la responsabilité. Je voudrais te remercier pour ton amour, ta générosité, ta compréhension... Ton soutien fut une lumière dans tout mon parcours. Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour l'estime et le respect que j'ai toujours eu pour toi.*

*Ce modeste travail est le fruit de tous les sacrifices que tu as déployés pour mon éducation et ma formation. Je t'aime papa et j'implore le tout-puissant pour qu'il t'accorde une bonne santé et une vie heureuse.*

***A ceux avec qui j'ai connu le sens de la vie mes frères et mes sœurs***

*A tous les moments d'enfance passés avec vous mes frères et mes sœurs, en gage de ma profonde estime pour l'aide que vous m'avez apporté. Vous m'avez soutenu, réconforté et encouragé. Puissent nos liens fraternels se consolider et se pérenniser encore plus.*

*Je vous dis merci et je vous souhaite le bonheur, réussite et prospérité.*

***A toute ma famille***

*Aucun langage ne saurait exprimer mon respect et ma considération pour votre soutien et encouragements. Je vous dédie ce travail en reconnaissance de l'amour que vous m'offrez*

*quotidiennement et votre bonté exceptionnelle. Que Dieu le Tout Puissant vous garde et vous procure santé et bonheur.*

***A mes amies et mes camarades***

*Je ne peux trouver les mots justes et sincères pour vous exprimer mon affection et mes pensées, vous êtes pour moi des sœurs et des frères sur qui je peux compter. En témoignage de l'amitié qui nous unit et des souvenirs de tous les moments que nous avons passés ensemble, je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.*

*En fin à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail, j'exprime ici grandement ma reconnaissance.*

*\*\*SOUDDI KHADIDJA\*\**

*J'éprouve une immense gratitude et une reconnaissance infinie à l'égard de « Dieu ».*

*Je me dois d'avouer pleinement ma reconnaissance à toutes les personnes qui m'ont soutenue durant mon parcours qui ont su me hisser vers le haut pour atteindre mon objectif. C'est avec amour, respect, et gratitude que je dédie ce modeste travail.*

*Aux êtres les plus chères de mon cœur, à « mes parents » pour toutes leur tendresse et les sacrifices consentis pour mon éducation et ma formation et qui n'a égal que le témoignage de ma profonde reconnaissance.*

*A « ma sœur » et « mes deux frères » que dieu les protège.*

*Sans oublier « mes amies » et surtout mes meilleurs « trinomes ».*

*« Kheddam sihem »*

*Louange à Dieu, dont la grace m'a permis de réussir, d'atteindre et de réaliser tout ce que je suis aujourd'hui .*

*Je dédie ce travail*

***A ma chère maman,***

*A celle qui m'a soutenu, a été patiente avec moi et m'a réconforté à chaque instant de ma vie, auprès de qui je trouve mon âme et ma paix, source de tendresse et de bienveillance. Mon souhait est que tu sois fière de votre fille.*

***A mon cher père,***

*A celui qui m'a donné l'amour, la gentillesse et la sécurité, qui m'a soutenu et aidé dans tous ce qui est facile et difficile de ma vie, à mon modèle et mon soutien, qui s'est sacrifié pour me rendre heureuse. Mes mots ne suffisent pas pour exprimer combien je t'aime, te respecte et t'apprécie, mon souhait est que tu sois fier de ta fille. Que Dieu te fasse miséricorde mon père, et te mette en paix.*

***A mes chers frères et chère sœur,***

*Je n'oublierai jamais votre charité et votre aide. Vous êtes mon soutien et mon réconfort. Grâce à vous, j'ai appris le sens de l'amour, de la coopération et de la fraternité, la source de ma joie et de ma paix. Que Dieu vous accorde la réussite dans vos études et toutes les affaires de votre vie.*

***A tous les membres de ma famille,***

*Rien n'est comparable à votre aide et votre soutien. Je vous souhaite tout le meilleur, du succès, ainsi qu'une santé et un bien-être continus.*

***A tous mes amis,***

*Je n'oublierai jamais les beaux moments que nous avons passés ensemble. Je vous dédie ce travail et vous souhaite tout le meilleur et le succès.*

***\*\*KHALIFA AMINA\*\****

## LISTE D'ABREVIATION

<b>Ca 2+</b>	: Ion Calcium
<b>CHX</b>	: Chloréxidine
<b>CM</b>	: Controlled Memory
<b>EDTA</b>	: Acide Ethylène Diamine Tétra Acétique
<b>HAS</b>	: Haute Autorité de Santé
<b>Lime H</b>	: Lime Hedström
<b>Lime K</b>	: Lime Kerr
<b>LAM</b>	: Lime apicale maîtresse
<b>LAR</b>	: Lime apicale de référence
<b>LLC</b>	: Laboratoire Sportswire d'alliage Nickel-Titane M-Wire®
<b>LT</b>	: Longueur de Travail
<b>MATA</b>	: Mouvement Alternatif Transversal Asymétrique
<b>M-Wire®</b>	: propriété du traitement thermomécanique d'alliage Ni-Ti
<b>NaOCl</b>	: l'hypochlorite de sodium
<b>Ncm</b>	: Newton-centimètre
<b>NiTi</b>	: Nickel Titane
<b>Nitinol</b>	: Nickel-Titane Naval Ordnance Laboratory
<b>OS</b>	: Groupe One Shape
<b>REC</b>	: Groupe Reciproc
<b>S</b>	: Seconde
<b>T</b>	: Groupe Témoin

## LISTE DES FIGURES

Figure 1: Exemples de variations anatomiques : (A) Deuxième molaire mandibulaire avec trois canaux mésiaux. (B) Prémolaires mandibulaires de type V dans la classification de Vertucci. (C) Prémolaire mandibulaire avec trois canaux et des anastomoses inter-canalaires (8).....	5
Figure 2: Schéma illustrant deux préparations apicales à deux conicité différentes mais réalisées selon le principe de l'école américaine (13).....	9
Figure 3: Schémas illustrant la boîte apicale avec au centre l'illustration de la désinfection des derniers mm du canal non instrumenté par l'hydroxyde de $Ca^{2+}$ déposé lors de l'interséance obligatoire (9).....	11
Figure 4: Image mettant en confrontation la morphologie schématique de la boîte apicale (a) et du cône apical (b) (9).....	12
Figure 5: La lime de perméabilité apicale de diamètre de pointe de $10/100^\circ$ pénètre légèrement au-delà de la longueur de travail (0,5 mm à 1mm) pour vérifier la vacuité du foramen apical (9).....	15
Figure 6: courbe contrainte / déformation d'un alliage superélastique (8).....	19
Figure 7: comportement d'un AMF à température constante, changements de phase pour l'exploitation des propriétés de superélasticité. $\sigma^{Ms}$ = contrainte limite de début de transformation austénite – martensite $\sigma^{Mf}$ = contrainte limite de fin de transformation austénite – martensite $\sigma^{As}$ = contrainte limite de début de transformation inverse martensite – austénite (42).....	20
Figure 8: Préparation canalinaire en Crown-Down (32).....	23
Figure 9: Le mouvement de rotation continue (46).....	26
Figure 10 : Mouvement de réciprocité sur une lime WaveOne®, utilisant des angles différents dans le sens travaillant ( $150^\circ$ ) et dans le sens de dégagement ( $30^\circ$ ) (42).....	29
Figure 11: Mouvement Alternatif Transversal Asymétrique ( <a href="http://endomatters.dental/rotary-vs-reciprocation-how-do-i-choose/">http://endomatters.dental/rotary-vs-reciprocation-how-do-i-choose/</a> ).....	31
Figure 12: Avantages de l'instrument unique (Document F Bukiet) (68).....	34
Figure 13 : Lime avec débris de $Ca(OH)_2$ après 5 min de bain aux ultrasons (69).....	35
Figure 14 : Protocole de mise en forme mono-instrumentale (68).....	37

Figure 15 : One Shape® New Generation (MICRO-MEGA®, 2015) (68) .....	39
Figure 16: Schéma récapitulatif de protocole de réalisation d'un traitement endodontique à l'aide du One Shape® New Generation (D'après la notice d'utilisation de MICRO-MEGA®) (68) .....	41
Figure 17: Section asymétrique du Reciproc® avec deux angles de coupe, observée en microscopie électronique a balayage (Dentsply-VDW®) (68) .....	42
Figure 18 : Photographie représentant les trois conicités d'instruments Reciproc® disponibles (Dental Tribune, 2013) (42) .....	43
Figure 19: Schéma récapitulatif du protocole d'utilisation du systèmeReciproc® (D'aprèsDentsply-VDW) (68) .....	46
Figure 20 : Prise d'un radio rétro alvéolaire par incidence mésiale .....	51
Figure 21 : La numérotation des clichés radiologiques rétro alvéolaire.....	51
Figure 22: Mesure des rayons de courbure sur les clichés radiologiques en utilisant le logiciel Adobe Photoshop CS3® ( document personnel ).....	52
Figure 23: La numérotation des dents .....	52
Figure 24: Les racines mésiales après la séparation .....	55
Figure 25: Fixation d'échantillon d'étude les tubes de prélèvement de laboratoire.....	56
Figure 26: Plateau technique du travail .....	59
Figure 27: Préparation des canaux à l'aide des instruments mécanisés .....	60
Figure 28: La pesée des échantillons.....	61
Figure 29: Diagramme de l'étude ( document personnel ) .....	63
Figure 30: Histogramme représente la moyenne de poids avant et après la préparation PEF .....	66
Figure 31 : Histogramme représente le temps moyen de mise en forme (s) .....	68
Figure 32 : Concept moderne, caractérisé par les systèmes à instrument unique, permet d'optimiser le temps d'irrigation finale et ainsi la qualité du traitement endodontique (document Dr Bukiet F. MCU-PH, Marseille). .....	75

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Angle de courbure des racines mésiales .....	53
Tableau 2: Angle de courbure moyenne des canaux .....	54
Tableau 3: Les valeurs de pesée dans le groupe REC .....	64
Tableau 4: Les valeurs de pesée dans le groupe OS.....	64
Tableau 5: Les valeurs de pesée dans le groupe T .....	65
Tableau 6: La moyenne de poids avant et après la préparation PEF.....	65
Tableau 7: Le temps de mise en forme dans le groupe REC.....	66
Tableau 8: Le temps de mise en forme dans le groupe OS .....	67
Tableau 9: Le temps de mise en forme dans le groupe T.....	67
Tableau 10: Le temps moyen de mise en forme.....	68
Tableau 11: Les accidents de parcours .....	69

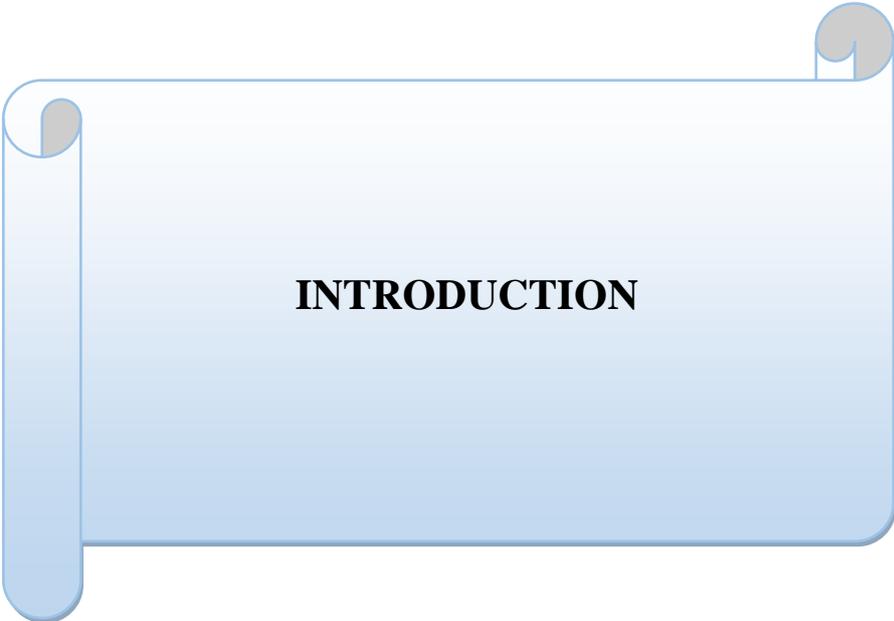
# TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS .....	i
DEDICACES.....	vii
LISTE D'ABREVIATION.....	xi
LISTE DES FIGURES .....	xii
LISTE DES TABLEAUX .....	xiv
SOMMAIRE.....	xv
I INTRODUCTION.....	1
II CHAPITRE 1 : REVUE DE LA LITERATURE .....	4
II.1 Nettoyage et mise en forme endodontique : .....	4
II.1.1 Définition :.....	4
II.1.2 Principes de la mise en forme canalaire : .....	4
II.1.3 Principes de la désinfection endodontique : .....	6
II.1.4 Mise en forme apicale : .....	7
II.1.5 Limite de la préparation endodontique :.....	8
II.1.5.1 Diamètre et conicité de la mise en forme endodontique :.....	8
II.1.6 Choix de la limite apicale :.....	9
II.1.6.1 Selon l'école scandinave :.....	10
II.1.6.2 Selon l'école américaine :.....	12
II.1.7 Degré de l'élargissement apical : .....	13
II.1.8 Élimination de l'étiologie :.....	14
II.1.9 La perméabilité apicale :.....	15
II.1.10 Le « gold standard » de l'irrigation à l'heure actuelle :.....	16
II.1.10.1 Choix de l'irrigant principal :.....	16
II.1.10.2 Protocole d'irrigation actuelle :.....	16
II.2 Les instruments en Nickel-titane : .....	18

II.2.1	Introduction :	18
II.2.2	Propriétés du Nickel-titane :	18
II.2.2.1	La mémoire de forme :	18
II.2.2.2	La superélasticité :	19
II.2.2.3	La flexibilité :	20
II.2.2.4	L'efficacité de coupe :	20
II.2.2.5	La rupture par fatigue :	21
II.2.3	L'alliage Nickel-Titane et son évolution :	21
II.2.3.1	Historique de l'évolution de l'alliage NiTi :	21
II.3	La mise en forme canalaire mécanisée :	23
II.3.1	Le principe du Crown-Down :	23
II.3.2	Le mouvement en rotation continue :	24
II.3.2.1	Généralités et historique du mouvement en Rotation Continue :	24
II.3.2.2	Règles essentielles de l'utilisation de la Rotation Continue :	26
II.3.2.3	La préparation séquentielle en Rotation Continue :	27
II.3.3	Le concept de la réciprocité :	28
II.3.3.1	Mouvement des forces équilibrées de Roane :	28
II.3.3.2	Mouvement de réciprocité :	29
II.3.3.2.1	Description du mouvement :	29
II.4	Le principe de l'instrument unique ou Mono instrument :	32
II.4.1	Intérêts de l'usage unique :	34
II.4.2	Principes de la mise en forme mono-instrumentale :	36
II.4.3	Règles d'utilisation des instruments uniques rotatifs de mise en forme canaire :	38
II.4.4	Présentation des deux systèmes étudiés :	38
II.4.4.1	En rotation continue : Le One Shape® New Generation:	38
II.4.4.1.1	Caractéristiques :	38

II.4.4.1.2	Profil de l'instrument : .....	38
II.4.4.1.3	Paramètres géométriques : .....	39
II.4.4.1.4	Protocole d'utilisation (MICRO-MEGA®): .....	39
II.4.4.2	En réciprocité : Le Reciproc (Dentsply-VDW) : .....	42
II.4.4.2.1	Caractéristiques : .....	42
II.4.4.2.2	Profil de l'instrument : .....	42
II.4.4.2.3	Paramètres géométriques : .....	43
II.4.4.2.4	Protocole d'utilisation (Dentsply-VDW®, 2011) : .....	44
II.5	Problématique : .....	47
III	CHAPITRE 2 :    MATERIELS ET METHODES .....	48
III.1	Objectifs : .....	48
III.2	Type d'étude : .....	48
III.3	Lieu d'étude et durée d'étude : .....	48
III.4	Matériels et Méthodes: .....	49
III.4.1	Matériels : .....	49
III.4.2	Méthodologie : .....	50
III.4.2.1	Echantillonnage : .....	50
III.4.2.1.1	Selection de l'échantillon : .....	50
III.4.2.1.2	Calcul de rayon de courbure : .....	50
III.4.2.1.3	Critères d'inclusion : .....	54
III.4.2.1.4	Critères de non inclusion : .....	54
III.4.2.1.5	Critères de jugement : .....	54
III.4.2.2	Préparation des dents : .....	55
III.4.2.3	Irrigation pour les trois groupes : .....	56
III.4.2.4	Mise en forme canalaire : .....	57
III.4.2.5	Evaluation de l'extrusion des débris : .....	61
III.4.2.6	Evaluation du temps de mise en forme : .....	62

III.4.2.7	Le recueil des données : .....	62
III.4.2.8	Analyse statistique : .....	62
IV	CHAPITRE 3      RESULTATS.....	64
IV.1	Extrusion des débris :.....	64
IV.2	Temps de mise en forme :.....	66
IV.3	Accidents de parcours :.....	69
V	CHAPITRE 4 :      DISCUSSION.....	70
V.1	Introduction :.....	70
V.2	Discussion du protocole :.....	70
V.3	Discussion des résultats : .....	71
V.3.1	Extrusion des débris : .....	71
V.3.2	Temps de mise en forme : .....	74
V.3.3	Accidents de parcours :.....	76
VI	CONCLUSION ET PERSPECTIVES .....	79
VII	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	82
VIII	ANNEXE : .....	90



**INTRODUCTION**

## I INTRODUCTION

Un nettoyage et une mise en forme efficaces du système canalaire sont essentiels pour atteindre les objectifs biologiques et mécaniques du traitement endodontique. Ces objectifs consistent en l'élimination aussi complète que possible du contenu organique du système canalaire : tissu pulpaire, débris nécrotiques, germes et produits de dégradation. Conjointement à cette élimination, la réalisation d'une mise en forme adéquate doit permettre de faciliter l'irrigation et la mise en place d'une médication ou d'un matériau d'obturation (1, 2) .

Actuellement, la préparation canalaire fait appel à une instrumentation qui peut être manuelle et/ou mécanisée, appelée encore assistée. Les industriels cherchent sans cesse à faciliter la tâche du chirurgien dentiste en usinant des instruments plus sûrs et permettant des préparations canalaires plus rapides. Cependant plus que les instruments eux-mêmes, ce sont les objectifs à atteindre qui sont primordiaux et seuls gages du succès à terme du traitement. Schilder a dicté les objectifs du traitement endodontique, restant la référence et inchangés depuis 1974 : une conicité régulière, le respect de la trajectoire canalaire, le maintien d'un foramen en position initiale (3).

La quasi-totalité des praticiens a adopté l'endodontie mécanisée, qui compte plusieurs systèmes, avec tous leur propre design et leurs caractéristiques. Mais quel que soit le système utilisé, les limes utilisées en rotation continue sont soumises à des contraintes mécaniques importantes amenant régulièrement à des fractures, par effet de vissage ou fatigue cyclique, ce qui est source de stress pour les praticiens. D'autre part, les séquences instrumentales, bien que très réduites en comparaison de la préparation manuelle, apparaissent encore parfois trop fastidieuses. Ainsi, l'arrivée sur le marché de systèmes à instrument unique suscite indéniablement de l'intérêt. L'idée est novatrice : une seule lime suffirait à préparer l'ensemble du canal. Plusieurs systèmes ont vu le jour dont le Reciproc® (VDW, Munich, Germany), qui allie le concept de l'instrument unique à un mouvement de réciprocité, procuré par un moteur et un contre angle spécifique et le système One Shape® (Micro-Mega, Besançon, France) propose des limes pouvant être utilisées en rotation continue.

# INTRODUCTION

L'usage d'instruments en Nickel-titane utilisés en rotation continue a constitué un progrès important dans la qualité des préparations canalaires et la systématisation des résultats mais leur inconvénient majeur reste la fracture instrumentale, liée notamment aux phénomènes de vissage et à la fatigue cyclique qui est en adéquation avec le nombre de rotation effectué (4).

Le concept repose sur la réalisation de la mise en forme canalaire à l'aide d'un instrument unique en Nickel-Titane (M-Wire), animé d'un mouvement réciproque ou alternatif asymétrique basé sur le mouvement des forces équilibrées, décrit dès 1985 par J.Roane ; ces caractéristiques sécurisent les préparations canalaires en limitant les risques de fracture souvent évoqués en rotation continue.

Dans le but de faciliter encore nos traitements, de pallier aux inconvénients des systèmes de rotation continue, d'optimiser la qualité des instruments en nickel-titane, de reproduire mécaniquement le mouvement des forces balancées, un nouveau concept de réciprocité a vu le jour avec les systèmes Reciproc et WaveOne (2).

La réciprocité consiste en une alternance de mouvements anti-horaires et horaires, d'amplitude variable, qui permet une rotation de 360° en trois cycles de mouvements alternatifs.

A l'inverse des autres systèmes à mouvement alternatif tel le Giromatic, dont l'amplitude est identique dans les deux sens, le mouvement alternatif de réciprocité présente une rotation anti-horaire d'environ 150°, supérieure à la rotation horaire qui est voisine de 30°. Cela permet aux instruments de progresser à chaque cycle plus apicalement dans les canaux, dans le sens anti-horaire.

Grâce à leur pas inversé à gauche, contrairement à tous les autres, ces instruments coupent en sens anti-horaire et ils se désengagent en sens horaire. Leur section et leur efficacité de coupe permettent d'utiliser de petits angles de rotations qui ne dépassent pas les limites d'élasticité de l'instrument. Cela limite ainsi considérablement les risques de fracture par torsion liées au vissage et au blocage rencontrés avec la rotation continue ainsi que les fractures par fatigue cyclique associées au nombre de rotations effectué par l'instrument.

Les systèmes de préparation canalaire mono instrumentale utilisés avec un mouvement réciproque asymétrique présentent un effet indéniable en termes de gain de temps, de

# INTRODUCTION

simplification, de sécurité, d'asepsie et de résultats cliniques. La performance de ces instruments est cependant intimement liée au protocole de désinfection canalaire. Il est en effet indispensable de consacrer une partie de temps gagné lors de la phase instrumentale à une optimisation de l'irrigation.

Dans ce travail de recherche expérimental en *ex vivo*, nous allons aborder dans un premier temps des rappels sur la préparation canalaire, les instruments en nickel-titane, les mouvements réalisant la mise en forme et les systèmes étudiés. Puis dans un second temps, la partie pratique en *ex vivo* s'intéressera à étudier et à évaluer certains paramètres concernant la qualité de la mise en forme mono instrumentale en comparant les deux systèmes en rotation continue et en réciprocité.



**REVUE DE LA LITERATURE**

## II CHAPITRE 1 : REVUE DE LA LITERATURE

### II.1 Nettoyage et mise en forme endodontique :

#### II.1.1 Définition :

La mise en forme canalaire est une étape clé du traitement endodontique, elle est capitale dans sa réussite. Elle est réalisée après l'obtention d'une cavité d'accès adéquate et précède l'obturation canalaire. Elle a pour fonction de créer l'espace nécessaire pour permettre à une solution d'irrigation aux pouvoirs désinfectants d'atteindre l'intégralité du réseau canalaire et d'autoriser une obturation tridimensionnelle étanche du réseau canalaire (2). Cette solution va permettre de désinfecter le canal d'une part, et de dissoudre les débris organiques (débris pulpaire, prédentine, tissus nécrosés) d'autre part, qui sont susceptibles de se comporter comme un substrat idéal pour le développement des microorganismes résiduels du canal et qui conduiraient inévitablement à un échec à plus ou moins long terme. La mise en forme et le nettoyage sont deux notions indissociables et doivent répondre à des impératifs biologiques et mécaniques. Par ailleurs, la mise en forme instrumentale est loin de concerner tout le système endodontique d'où l'importance de l'irrigation. Dans le meilleur des cas, seuls 45 à 65% des parois du canal sont concernées par le passage des instruments (3).

#### II.1.2 Principes de la mise en forme canalaire :

L'utilité de la mise en forme est de faciliter le nettoyage et de ménager un espace commode importantes du traitement endodontique. Au cours de cette étape, la préparation mécanique à l'aide d'instruments endodontiques et l'utilisation de solutions d'irrigation permettent le nettoyage et la désinfection de façon à rendre possible l'obturation.

La préparation canalaire a deux objectifs : elle permet le nettoyage des débris dentinaires et la désinfection du système endodontique. Deux situations cliniques peuvent se présenter : la biopulpectomie effectuée sur pulpes vitales et le traitement endodontique des dents nécrosées.

Dans la première situation, une biopulpectomie est réalisée lorsque l'inflammation pulpaire est irréversible. La totalité des tissus pulpaire doit donc être retirée. En effet, ces derniers

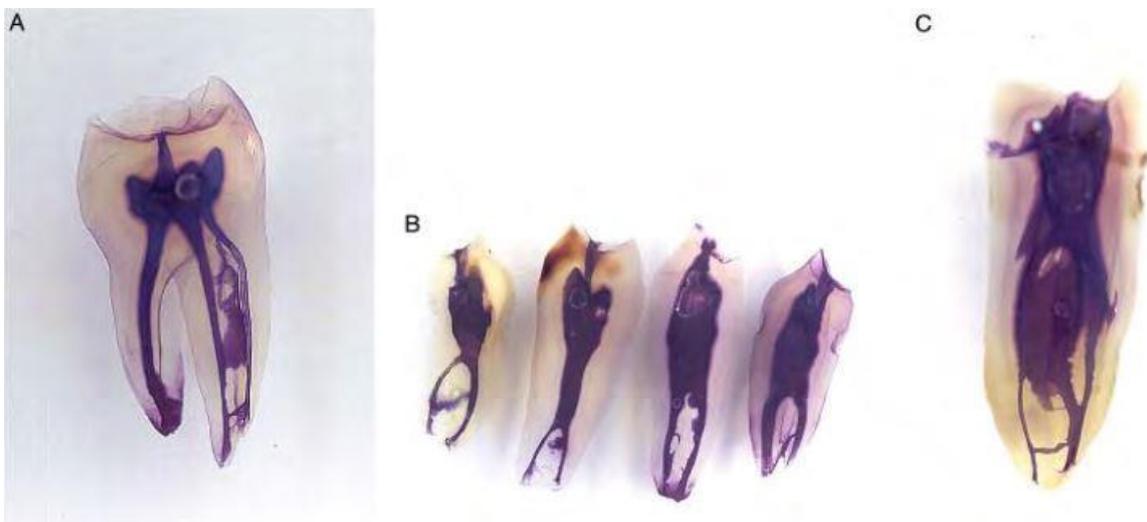
## REVUE DE LA LITURATURE

sont altérés par la présence des débris et/ou l'action de bactéries et de leurs toxines, ayant pour conséquence de déclencher d'une réaction inflammatoire (3).

Très souvent, ce processus inflammatoire aigu est irréversible malgré l'élimination de l'agent causal. Un traumatisme peut aussi générer une pulpite irréversible en occasionnant une déficience du flux sanguin pulpaire (5).

Au cours du processus de nécrose pulpaire, la destruction cellulaire laisse progressivement place à la colonisation de l'espace endodontique par de nombreux micro organismes. Ces derniers peuvent se développer au sein des tubuli dentinaires et disséminer dans les tissus péri apicaux. Ainsi, il est nécessaire d'éliminer les micro organismes responsables de cette infection (6).

Cependant, le challenge est complexe. Cette complexité a pour origine l'anatomie du système canalaire et l'architecture histologique de la dentine, lesquels génèrent des zones inaccessibles lors des processus de mise en forme canalaire (7).



**Figure 1: Exemples de variations anatomiques : (A) Deuxième molaire mandibulaire avec trois canaux mésiaux. (B) Prémolaires mandibulaires de type V dans la classification de Vertucci. (C) Prémolaire mandibulaire avec trois canaux et des anastomoses inter-canales (8)**

C'est pourquoi, la mise en forme canalaire (étape importante du traitement endodontique) doit répondre à différents objectifs (9).

Les objectifs mécaniques ont pour but :

- De maintenir la trajectoire canalaire.
- De donner une conicité régulière au canal préparé.
- De conserver le foramen dans sa position initiale.

Les objectifs biologiques ont pour but :

- L'élimination des débris dentinaires.
- La désinfection complète du système canalaire.

### II.1.3 Principes de la désinfection endodontique :

Le traitement du canal non chirurgical est le moyen d'espérer conserver une dent qui sans cette intervention serait condamnée à être extraite. Le pronostic du traitement de canal dont la pulpe est vivante est souvent supérieure à celui dont la pulpe est nécrosée et en présence d'une lésion péri apicale. Cette différence concernant ces résultats s'explique par la présence persistante des micro organismes et de leurs toxines. Les facteurs les plus significatifs susceptibles de gêner le clinicien pour éliminer complètement les micro organismes de la cavité pulpaire sont l'anatomie et la morphologie de la dent. Les instruments sont supposés être en contact et aplanir les parois du canal pour le nettoyer, en étant aidé par les solutions d'irrigation . Les facteurs morphologiques comprennent les canaux latéraux et les canaux accessoires, les courbures, les irrégularités pariétales du canal, et les isthmes. Ces anomalies rendent le nettoyage virtuellement impossible. Pour ces raisons, l'objectif pratique du nettoyage est de réduire significativement le volume des irritants sans pour autant s'attendre à les éliminer totalement.

De nos jours, aucune méthode d'évaluation clinique n'est suffisamment fiable pour mesurer l'efficacité du nettoyage endodontique.

La présence de copeaux dentinaires propres, la couleur d'irrigant et l'élargissement du canal obtenu avec une taille de lime trois fois supérieures à celle de la première qui était en contact avec les parois ont été utilisés pour évaluer la pertinence du nettoyage canalaire ; toutefois, aucune corrélation n'a pu être réellement établie avec la qualité du nettoyage endodontique. L'obtention de parois vitreuses et polies est un indicateur qui a été suggéré ; mais cette propriété ne peut être évaluée dans la région coronaire de la cavité pulpaire radiculaire.

## II.1.4 Mise en forme apicale :

Malgré la simplicité du concept de nettoyage et de mise en forme, certains points ne font pas encore consensus. L'étendu de la préparation apicale en est un exemple. Des études récentes ont identifié la jonction dentino-cémentaire en tant que zone terminale de la cavité pulpaire radiculaire et en tant que lieu d'insertion du ligament parodontal. Malheureusement, la jonction dentino-cémentaire n'est qu'un repère histologique, et sa position instable dans le canal ne peut être repérée cliniquement (10).

Il d'usage de localiser l'extrémité de la cavité pulpaire radiculaire, aussi appelé longueur de travail (LT), à 1 mm de l'apex radiologique. Une étude classique a décrit la région apicale du canal radiculaire ; cette région présente un grand diamètre correspondant au foramen, et un petit diamètre correspondant au niveau de la constriction (11). La constriction apicale est la zone la plus étroite du canal radiculaire ; la distance moyenne comprise entre le foramen et la constriction a été estimé à 0,5 mm. Une autre étude a recensé la présence de la constriction dans 46% des dents observées.

En outre, quand celle-ci est présente, sa forme et sa relation avec le foramen apical sont variables (10). Les variations anatomiques par rapport à l'apparence classique vont de la constriction fuselée à des parois apicales parallèles en passant par des strictions multiples. Enfin pour compliquer le problème, le foramen est rarement localisé à l'apex anatomique. Récemment, des microtomographies volumiques ont fourni un portrait réaliste de la morphologie apicale.

L'anatomie apicale est très variable ; une étude n'a démontré aucun modèle typique d'ouverture de foramen et a confirmé le fait qu'aucun foramen ne coïncidait avec l'apex anatomique de la racine (12); elle a aussi rapporté que la distance entre le foramen et l'apex anatomique variait de 0,2 à 3,8 mm.

## II.1.5 Limite de la préparation endodontique :

### II.1.5.1 Diamètre et conicité de la mise en forme endodontique :

Le diamètre et la conicité sont deux notions différentes.

Le diamètre est une dimension de la section transversale d'un canal. On exprime traditionnellement le diamètre en centièmes de millimètre.

La conicité traduit l'augmentation de diamètre d'un point à un autre le long d'un instrument ou d'un canal. En endodontie, la pointe de l'instrument présente un diamètre moins important que le reste de l'instrument

Si la conicité est dite constante alors le diamètre augmente régulièrement et d'une valeur fixe de la pointe vers le manche de l'instrument.

Par exemple pour une conicité constante de 2% (instruments conventionnels), le diamètre de l'instrument augmente de 0,02 mm tous les millimètres en partant de la pointe.

Des instruments peuvent présenter le même diamètre à la pointe mais avoir des conicités qui ne sont pas identiques.

En effet, prenons un diamètre de pointe identique de 20 centièmes pour 2 instruments. Le premier instrument de conicité 2% (limes K par exemple) et le deuxième instrument de conicité 7% (le F1 de ProTaper® par exemple).

Pour l'instrument de 2% de conicité, son diamètre augmente de 0,2 tous les 1 mm de longueur. Donc à 1 mm de la pointe son diamètre est de 0,22 mm (22/100), et de 0,24 mm à 2 mm de la pointe.

Pour celui de 7%, sa section transversale sera de 0,27 mm à 1mm et 0,34 mm à 2 mm etc..

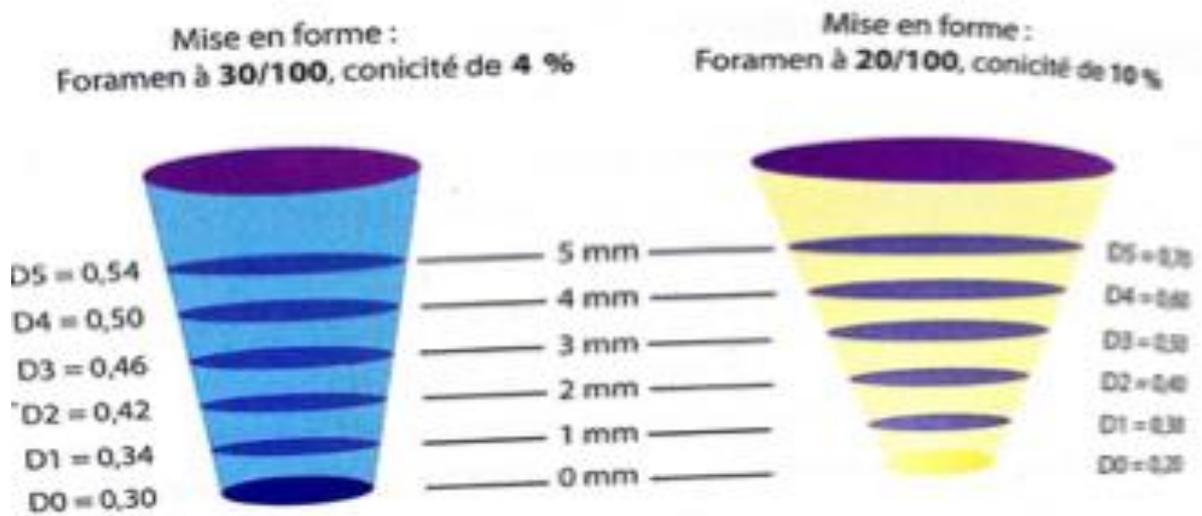


Figure 2: Schéma illustrant deux préparations apicales à deux conicité différentes mais réalisées selon le principe de l'école américaine (13)

Par ailleurs, il existe en endodontie des instruments présentant des conicités « variables ». Cela signifie que plusieurs conicités existent au sein d'un même instrument afin d'optimiser l'efficacité de la préparation canalaire et ceci en minimisant les contraintes mécaniques.

Il s'avère que l'élimination des débris par l'irrigation est plus efficace, à diamètre apical identique, dans des préparations canalaires de conicité supérieures ou égales à 4 %.

## II.1.6 Choix de la limite apicale :

C'est le sujet de controverse principal entre l'école américaine et l'école scandinave. Pour l'école américaine, la préparation doit se terminer au niveau de la jonction cémento-dentinaire, toutefois cette structure histologique ne peut être précisément localisée cliniquement.

En effet, la limite doit tendre à se rapprocher le plus possible de la constriction et cela est valable sans distinction pour les situations préopératoires de la catégorie 3 ou 4 de Baume. (La catégorie 3 étant associée à un état de pulpite irréversible, et la catégorie 4 de nécrose pulpaire avec présence bactérienne).

Au contraire nous verrons plus tard que les partisans de l'école scandinave font la différence dans le choix de la limite apicale en fonction de l'état pulpaire initial préopératoire (catégorie 3 ou 4).

La constriction apicale peut être détectée :

- Soit par la sensation tactile mais cela n'est pas chose aisée ni fiable.
- Soit par un appareil appelé « localisateur d'apex électronique ».

La limite apicale choisie par notre longueur de travail devra toujours être contrôlée et confirmée par un cliché radiographique lime en place.

La limite du traitement endodontique est idéalement définie par la limite entre l'endodonte et le parodonte. Ainsi, toute infection de l'espace endodontique est neutralisée par le traitement canalaire, et toute infection de l'espace parodontal est prise en charge par les tissus parodontaux. Cette limite théorique est la jonction cémento-dentinaire. Le choix de la limite apicale est un sujet controversé, il existe deux approches.

### **II.1.6.1 Selon l'école scandinave :**

L'école scandinave prône une mise en place systématique et obligatoire d'une médication intermédiaire à l'hydroxyde de calcium en inter séance pour les dents infectées.

La désinfection des derniers millimètres du canal est assurée dans cette zone non instrumentée par l'hydroxyde de  $Ca^{2+}$ .

De plus, on a une « induction de fermeture apicale par des tissus durs » grâce à ce dernier. C'est pour obtenir cette fermeture et cette désinfection médiate que, pour les dents en situation catégorie 4 de Baume, l'obturation est toujours différée dans une seconde séance.

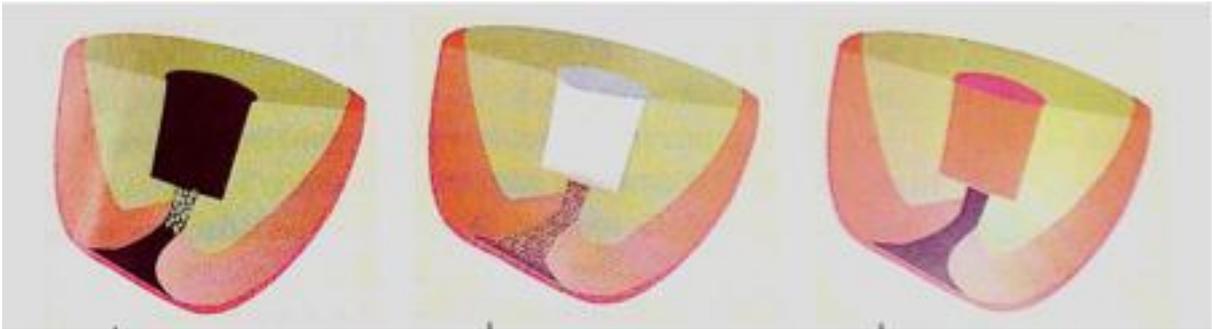


Figure 3: Schémas illustrant la boîte apicale avec au centre l'illustration de la désinfection des derniers mm du canal non instrumenté par l'hydroxyde de ca 2+ déposé lors de l'interséance obligatoire (9)

Le diamètre apical choisi a souvent des valeurs bien supérieures à celles fréquemment rencontrées dans les préparations schildériennes, ceci afin d'éliminer la totalité de la dentine infectée.

« Pour ce faire, il est recommandé d'augmenter la préparation apicale de trois calibres supplémentaires de limes par rapport à celle qui s'ajuste initialement en friction à la longueur de travail afin d'obtenir des copeaux dentinaires propres » (3, 14).

En effet, l'école scandinave impose un diamètre de préparation apicale supérieure ou égale au plus grand diamètre initial du canal. Selon ses adeptes, ce principe d'élargissement est le seul acceptable pour une élimination optimale de dentine sur toutes les parois canalaires.

Par la technique de préparation en boîte apicale, on vise à donner au canal sur sa partie apicale une forme cylindrique, et non plus conique, sur 2 à 5 mm.

La préparation est dite « courte » et la mise en forme doit s'arrêter à un, parfois à deux millimètres, de l'apex radiographique. La préparation canalaire consiste à créer « une boîte apicale » dont le diamètre est de 60 voire 80/100. L'obturation apicale du canal est obtenue grâce à des copeaux dentinaires tassés dans le fond du canal.

La conicité n'est donc pas un critère majeur de réussite. L'élargissement du canal dans son ensemble permet l'élimination des bactéries par l'action mécanique des instruments et l'action antiseptique des irrigants. Cependant, cette approche exerce d'importantes contraintes tant sur l'instrument que sur le maintien de l'anatomie initiale du canal.

## II.1.6.2 Selon l'école américaine :

L'école américaine, représentée par Schilder, préconise la mise en forme du canal jusqu'au « terminus radiographique ». Le foramen doit être maintenu perméable et le plus étroit possible : idéalement égal à 20/100 ou 25/100 mm. Contrairement à l'école scandinave, la conicité joue un rôle majeur permettant une circulation efficace de la solution antiseptique jusqu'au 1/3 apical et un meilleur compactage lors de l'obturation (15).

Les « schildériens » enseignent la conservation d'un foramen le plus étroit possible, la réalisation d'une préparation conique à forme d'entonnoir et ce à partir de la limite de préparation canalaire.

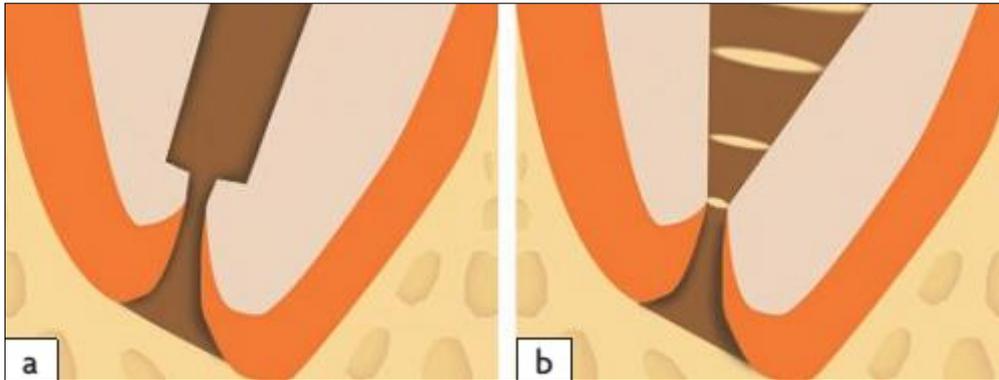


Figure 4: Image mettant en confrontation la morphologie schématique de la boîte apicale (a) et du cône apical (b)  
(9)

L'école scandinave expose que la mise en forme doit s'arrêter environ à 1 à 2 mm en deçà de l'apex radiographique tandis que les partisans de l'école américaine définissent l'idéal de limite apicale de préparation comme la constriction apicale.

L'école américaine reproche à l'école scandinave leur choix dans leur repère de limite de préparation dans les catégories 4 de Baume. Ils craignent encore par ce choix une « sous-estimation » potentielle de la longueur de travail choisie par les adeptes de l'école scandinave.

En effet, selon eux, une portion du canal risque ainsi de n'être jamais préparée ni

instrumentée. A tort toujours selon eux, car cette dernière est richement peuplée en bactéries et nécessiterait un débridement minutieux.

Ainsi, pour les schildériens, l'élimination de dentine infectée apicale est incontournable (9).

### **II.1.7 Degré de l'élargissement apical :**

Bien que chaque dent soit unique, des généralités peuvent être énoncées à propos de l'anatomie et de la morphologie endodontique. Si la longueur de la préparation est souvent mise en exergue, d'autres paramètres sont insuffisamment pris en considération comme le diamètre et la forme du canal. La morphologie étant variable, il n'existe pas de critère normatif pour définir le calibre du canal à l'apex. Traditionnellement, les techniques de préparation étaient guidées par le désir d'éviter des erreurs de procédure et par des méthodes d'obturation. Une petite préparation apicale diminue l'incidence des erreurs de préparation, mais elle peut affaiblir l'efficacité antimicrobienne des procédures de nettoyage. Il semble que l'utilisation traditionnelle des instruments manuels en acier inoxydable dont le calibre est supérieur à 20 contribue à déplacer l'apex des canaux très courbes.

Les critères de nettoyage et de mise en forme devraient être d'avantage fondés sur la possibilité d'irriguer correctement la cavité pulpaire plutôt que s'appuyer sur une technique d'obturation spécifique. La possibilité que les irrigants atteignent la zone apicale dépend du calibre initial et de la conicité du canal ainsi que du dispositif d'irrigation utilisé (16).

Il a été démontré que des préparations assez grandes offraient une meilleure irrigation et une élimination des débris plus efficace tout en diminuant significativement la charge bactérienne. Il n'empêche que toute élimination de la dentine fragilise potentiellement la structure radulaire ; c'est pourquoi l'usage d'un dispositif auxiliaire pour offrir une irrigation efficace dans des canaux de petit calibre serait avantageux (17).

Par hypothèse, il existe une relation entre l'augmentation du calibre de la préparation apicale et l'assainissement du canal, ainsi que la diminution de la population bactérienne (18, 19). Les techniques instrumentales défendant une préparation minimale semblent inefficaces pour atteindre les objectifs visés par le nettoyage et la désinfection endodontique; néanmoins, ce concept atteint ses limites quand une préparation trop grande

conduit à des erreurs de procédure (20, 21).

Des espèces microbiennes variées peuvent pénétrer profondément dans les canalicules dentinaires (22). Ces organismes intracaniculaires sont protégés des instruments endodontiques, de l'action des irrigants et des médicaments intracanaux. L'élimination de la dentine semble être la principale méthode pour réduire le nombre. Cependant, il est impossible d'éliminer les bactéries profondément enfouis dans les canalicules quelle que soit la technique. Il existe une corrélation entre le nombre de microorganismes présents et la profondeur de la pénétration canaliculaire (23) ; dans les dents atteintes de parodontite apicale, les bactéries peuvent cheminer dans les canalicules jusqu'à la périphérie de la racine (24).

### II.1.8 Élimination de l'étiologie :

Le développement des instruments en nickel-titane a prodigieusement changé les techniques de nettoyage et de mise en forme des canaux radiculaires ; ces instruments ont été rapidement adoptés par les cliniciens dans de nombreux pays ; le premier avantage de ces instruments flexibles est observé pendant la mise en forme, plus exactement en ce qui concerne la réduction de l'incidence des erreurs de préparation (21).

Les études ont démontré qu'aucun instrument manuel ou rotatif ne permet le nettoyage complet des canaux (25, 26). L'élargissement mécanique des canaux radiculaires réduit le nombre de microorganismes présents dans la cavité pulpaire péri radiculaire ; sans pour autant rendre stérile le canal. Pour cette raison, l'utilisation des irrigants antimicrobiens est recommandée pendant la mise en œuvre des techniques de préparation mécanique (27). Actuellement, il n'existe aucun consensus sur l'irrigant le plus approprié sur la concentration de la solution, bien que l'hypochlorite de sodium soit la solution la plus utilisée.

Malheureusement, des solutions comme le NaOCl, conçues pour tuer les bactéries sont souvent toxiques pour les cellules de l'hôte (28-30), par conséquent, le dépassement au-delà du canal doit être évité (31). Le volume d'irrigant utilisé pendant l'intervention est un facteur majeur de son efficacité.

## II.1.9 La perméabilité apicale :

L'instrumentation pendant la mise en forme endodontique, entraîne la production de débris.

Ces derniers favorisent la création de bouchons pouvant obstruer totalement les canaux et ainsi peuvent bloquer la progression instrumentale.

C'est pourquoi un instrument dit « de perméabilité » est recommandé.

« La perméabilité apicale, c'est laisser le foramen accessible et libre de tout copeaux dentinaires, fragments pulpaire et autres débris ». En effet, les auteurs expliquent que maintenir cette perméabilité ne débriade pas nécessairement le foramen apical mais par contre évite les bouchons de débris qui empêchent d'atteindre la réelle longueur de travail.

Ils préconisent l'utilisation d'une lime ayant une ou deux tailles inférieures au dernier instrument passé dans le canal (32, 33).

La lime de perméabilité est une lime de faible diamètre (souvent une lime 8 ou 10) semblable à celle utilisée pour le cathétérisme initial.

En effet, cette perméabilité doit être maintenue tout le long du traitement. Cette lime doit pouvoir travailler de 0,5 à 1 mm au-delà du foramen, et ceci afin d'assurer sa vacuité et de prévenir l'apparition des bouchons.



**Figure 5: La lime de perméabilité apicale de diamètre de pointe de 10/100° pénètre légèrement au-delà de la longueur de travail (0,5 mm à 1mm) pour vérifier la vacuité du foramen apical (9)**

## REVUE DE LA LITURATURE

Cette lime de perméabilité sera alors utilisée par sécurité entre chaque séquence d'instrument lors de la mise en forme canalaire. On l'utilisera avec un va et vient vertical dans le canal en prenant soin d'associer ce mouvement avec une irrigation abondante (34). La conservation de la perméabilité apicale toute la durée du traitement est souvent mise en évidence sur les clichés post opératoires par une légère fuite de ciment d'obturation.

### **II.1.10 Le « gold standard » de l'irrigation à l'heure actuelle :**

#### **II.1.10.1 Choix de l'irrigant principal :**

De toutes les solutions que l'on a pu présenter, l'hypochlorite de sodium (NaOCl) apparaît comme la plus proche de la « solution idéale ». C'est celle qui couvre le plus de propriétés nécessaires pour une bonne solution d'irrigation. Elle possède la capacité unique de dissoudre de manière extrêmement efficace les composés organiques de la smear layer et les restes pulpaire nécrotiques. Son activité anti bactérienne est convenable, surtout lorsque les bactéries sont organisées en biofilm. Il est bon de rappeler que cette solution doit être utilisée en suivant un protocole précis pour éviter ou diminuer le risque cytotoxique (28).

La chlorhexidine n'est pas à bannir, elle peut s'avérer utile dans certains cas, comme pour la présence de foramen ouvert (l'utilisation du NaOCl sera alors trop dangereux pour le péri apex), la chirurgie endodontique, la médication temporaire (en gel) ou encore pour lutter contre une flore bactérienne résistante au NaOCl.

Les gels chélatants ont leur importance par leur action lubrifiante pour faciliter l'insertion des instruments endodontiques et limiter les risques de fractures.

Les solutions chélatantes quand à elles (EDTA et acide citrique) sont essentielles de par leur action sur la trame minérale et ainsi l'élimination de la smear layer créée lors de la mise en forme canalaire.

#### **II.1.10.2 Protocole d'irrigation actuelle :**

L'irrigation doit débiter dès l'ouverture de la chambre pulpaire par une solution d'hypochlorite de sodium à 2,5% (35). Le cathétérisme peut être aidé par les gels chélatants d'EDTA (Glyde par exemple) afin de faciliter le travail des premiers instruments. Par la

## REVUE DE LA LITURATURE

suite, l'irrigation au NaOCl à 2,5% doit être abondante (1mL selon l'HAS, jusqu'à 4 mL par canal dans la littérature) et renouvelée entre chaque passage d'instrument. Certaines études disent même que les canaux devraient toujours être remplis de solution afin d'augmenter leur temps d'action sur les parois dentinaires (36).

Les solutions peuvent être amenées dans le canal par différentes méthodes, on retiendra la nécessité d'une aiguille dont l'extrémité présente un méplat ou une sortie latérale (comme l'Endoneedle) pour obtenir un reflux de la solution et limiter les risques d'extrusion. Dans le même but, l'aiguille ne doit pas se bloquer dans le canal (la préparation doit être suffisante), l'éjection se fait à faible pression, lentement et à 2 mm de la longueur de travail. Comme on a pu le voir lors de l'étude des différents moyens d'irrigation, l'activation de la solution d'hypochlorite de sodium (activation ultrasonore par exemple) est essentielle pour potentialiser son action anti bactérienne et lui permettre d'accéder à l'ensemble du réseau canalaire radiculaire (37).

Une fois la préparation canalaire terminée, et avant de passer à l'obturation, il est nécessaire d'éliminer la smear layer créée par les instruments. Pour cela, on utilise une solution d'EDTA à 17% (ou acide citrique à 5%) pendant 2 minutes à raison de 2 mL par canaux. Il faut éviter de trop prolonger l'action de l'EDTA pour empêcher l'apparition d'effets néfastes comme la déminéralisation trop importante de la dentine. Une fois la boue dentinaire éliminée, il faut réaliser un rinçage final et abondant au NaOCl à 2,5% (2 minutes pour environ 3 à 5 mL par canal) afin d'obtenir un complément de désinfection et de compléter l'ouverture des canalicules dentinaires. Si l'obturation n'a pas lieu immédiatement et que l'on souhaite passer par une médication temporaire avec un gel à la chlorhexidine il est plus judicieux de réaliser ce rinçage final à la chlorhexidine pour obtenir un effet de rémanence qu'il n'est pas possible d'obtenir avec le NaOCl. On utilise alors une solution de CHX à 2%. Dans ce cas précis, il faut bien faire attention de bien éliminer tout le NaOCl présent dans le canal pour éviter une réaction des deux produits qui entrainerait une coloration et un précipité .

## II.2 Les instruments en Nickel-titane :

### II.2.1 Introduction :

En 1961, W.J. Buehler et Wang, chercheurs à la marine américaine au Naval Ordnance Laboratory furent les premiers à découvrir les propriétés de mémoire de forme d'un alliage à base de Nickel-Titane qu'ils baptisèrent : le Nitinol (38). Nitinol est en fait l'abréviation de **N**ickel-**T**itane **N**aval **O**rdnance **L**aboratory. Par la suite, Walia H. pensa que l'alliage en Nickel-Titane pouvait avoir d'énormes potentiels pour les instruments en endodontie, à cause de son faible module d'élasticité permettant une meilleure négociation des canaux courbes que les limes en acier inoxydable. Ultérieurement, Tulsa Dental Product mit sur le marché en 1993 les premiers instruments rotatifs en nickel-titane avec le système ProFile®.

L'apparition de cet alliage dans le cadre du soin endodontique, a permis une réelle évolution dans le confort opératoire et dans la reproductibilité des traitements (39).

### II.2.2 Propriétés du Nickel-titane :

Les instruments endodontiques en NiTi sont composés d'un alliage non équiatomique d'environ 44% de Titane et de 56% de Nickel en solution de phase martensitique de structure homogène à température ambiante. Dans certains alliages NiTi, un petit pourcentage de Nickel (inférieure à 2%) peut être remplacé par du Cobalt ( Thomson S.A 2000).

Le Nickel-Titane présente trois propriétés importantes : la mémoire de forme et la superélasticité et la flexibilité.

#### II.2.2.1 La mémoire de forme :

Le Nickel-Titane fait partie de la famille des alliages à mémoire de forme qui présente des propriétés particulières liées, sur le plan microstructural, à une transformation de phase à l'état solide nommée en métallurgie martensitique. Cette transformation d'austénite (phase mère) en martensite peut se produire sous l'effet d'une contrainte ou d'un abaissement de température. La mémoire de forme est utile en orthodontie et non en endodontie (40).

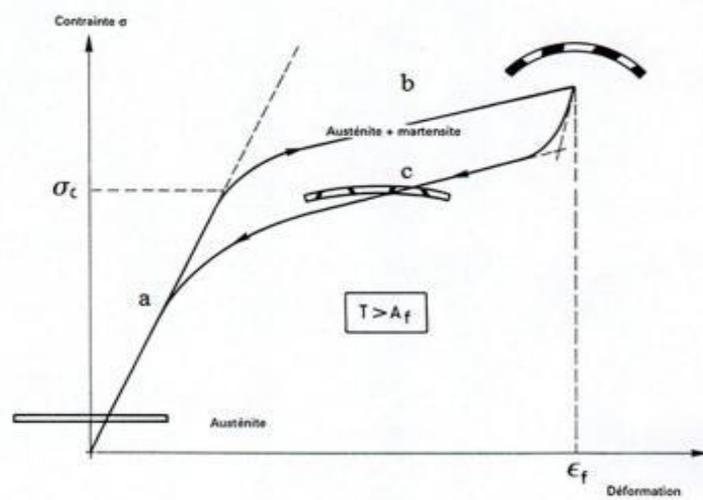


Figure 6: courbe contrainte / déformation d'un alliage superélastique (8)

### II.2.2.2 La superélasticité :

Dans certains domaines de température où la phase austénitique est stable, la transformation martensitique peut être induite par une contrainte appliquée, cet effet se comprend, la transformation de l'austénite étant dominée par un cisaillement, celui-ci peut être induit mécaniquement.

En résumé sur le plan endodontique, il faut retenir que sous l'effet d'une contrainte, la transformation de phase s'accompagne d'une déformation importante. Lorsque la contrainte cesse, la transformation inverse se produit et l'instrument endodontique retrouve sa forme originale. Nous sommes dans le cadre d'une déformation purement élastique : c'est le phénomène de superélasticité.

La superélasticité du Nickel-Titane lui permet de revenir à sa forme originale sans subir aucune déformation, contrairement à l'acier inoxydable qui subit, pour une déformation équivalente, une modification de forme permanente (40, 41).

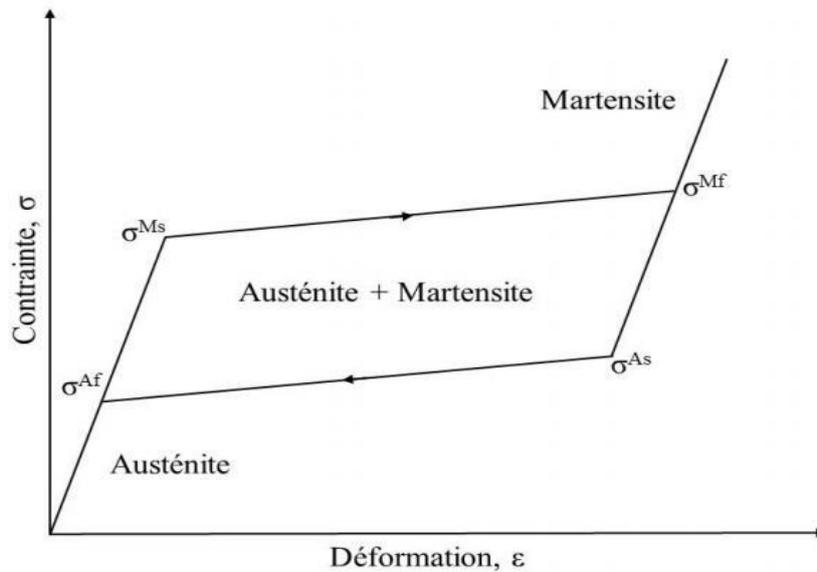


Figure 7: comportement d'un AMF à température constante, changements de phase pour l'exploitation des propriétés de superélasticité.

$\sigma^{Ms}$  = contrainte limite de début de transformation austénite – martensite

$\sigma^{Mf}$  = contrainte limite de fin de transformation austénite – martensite

$\sigma^{As}$  = contrainte limite de début de transformation inverse martensite – austénite (42)

### II.2.2.3 La flexibilité :

La flexibilité est la capacité d'une lime soumise à une contrainte (courbure canalaire) à se déformer de façon réversible. Ce n'est que lorsque la limite élastique, que la déformation devient plastique et donc irréversible. Une augmentation encore supérieure de la contrainte induit la rupture instrumentale.

Le module élastique de l'alliage NiTi est quatre fois inférieur à celui de l'acier-inoxydable. Les instruments endodontiques en NiTi sont donc quatre fois plus flexibles que les instruments en acier (43). De ce fait, les instruments en NiTi permettent de mieux respecter les trajectoires canalaire et évitent les problèmes rencontrés avec les instruments traditionnels en acier inoxydable.

### II.2.2.4 L'efficacité de coupe :

Les instruments rotatifs en NiTi présentent peu de différence significative en termes d'efficacité de coupe que l'instrumentation manuelle en acier inoxydable.

En fait cette préparation endodontique en rotation lente et constante permet une mise en

forme rapide et sans effort (40).

## II.2.2.5 La rupture par fatigue :

La complication majeure associée à la rotation continue est la rupture instrumentale. La rotation continue soumet les instruments à des contraintes à la fois de tension et de compression dans les zones courbes. Les tensions s'exercent vers l'extérieur de la courbure, et la compression vers l'intérieur.

Les éléments influençant la durée de vie d'un instrument NiTi utilisé en rotation continue sont : (44)

- La sévérité de la courbure canalaire.
- La taille et la conicité de l'instrument.
- La vitesse de rotation.
- La dynamique instrumentale.

## II.2.3 L'alliage Nickel-Titane et son évolution :

### II.2.3.1 Historique de l'évolution de l'alliage NiTi :

Depuis quelques années, l'accent a été mis sur l'amélioration des caractéristiques de l'alliage Nickel-Titane afin de le rendre plus efficace, plus résistant à la corrosion et plus résistant à la fracture par fatigue cyclique. Différents moyens ont été utilisés pour améliorer les caractéristiques du Nickel-Titane :

**\*L'implantation ionique** qui consiste à implanter des ions à la surface des instruments Nickel-Titane afin d'améliorer leur état de surface. Cette technique n'a pas été adoptée à cause du coût relativement important.

**\*Le dépôt physique en phase vapeur** qui permet de déposer sous vide un film mince de composés chimiques sur l'alliage. Ce procédé est utilisé par Komet afin de créer un revêtement de nitrure de titane sur les instruments Alpha Kite. Ce procédé permet une meilleure résistance à la corrosion et une meilleure efficacité de coupe.

**\*Le polissage électrochimique** qui permet d'améliorer l'état de surface de l'instrument en éliminant les irrégularités. Ce polissage fait disparaître les stries résultant des meules d'usinage ainsi que les microfêlures présentes sur la surface des instruments et qui

pourraient servir comme ligne de propagation d'une fracture. Le polissage électrochimique est censé améliorer la résistance à la corrosion et augmenter la résistance à la fatigue cyclique. Néanmoins les études sont contradictoires : certaines mettent en évidence une amélioration de la résistance à la corrosion et à la fatigue cyclique (45), alors que d'autres études ne trouvent pas de différence entre des instruments électropolis et non électropolis. Le polissage électrochimique qui a été adopté par FKG dans la fabrication de ses instruments de la gamme Race.

**\*Le traitement thermique** qui entraîne des modifications au sein de structure de l'alliage et dont le résultat principal est l'amélioration de la résistance à la fatigue cyclique. Le TwistedFile (SybronEndo) est fabriqué dans un Nickel-Titane R-phase (phase intermédiaire entre la phase austénite et martensite de l'alliage) alors que le Nickel-Titane du ProtaperNext (Dentsply-Maillefer) est appelé M-Wire. Ces traitements thermiques confèrent à l'alliage une résistance supérieure à la fatigue cyclique par rapport à un Nickel-Titane conventionnel et augmentant sa flexibilité. De même le HyFlex (Coltene) est fabriqué dans un Nickel-Titane appelé CM (Controlled Memory) dans lequel les proportions de Nickel et de titane au sein de l'alliage sont modifiées par traitement thermique. Ce Nickel-Titane semble plus résistant à la fatigue cyclique et présente plus de flexibilité, mais il permet surtout une déformation permanente de l'instrument dans le sens de la courbure du canal. En absence de force de redressement, l'instrument sera théoriquement plus apte à suivre la trajectoire canalaire avec un risque de transport minime (46).

L'inconvénient majeur des instruments en alliage Nickel-Titane est leur fort taux de fracture notamment par flexion.

Les études réalisées par le laboratoire Sportswire LLC montre que le M-Wire<sup>®</sup> a une résistance à la fatigue et à la torsion plus importante comparée au conventionnel Nickel-Titane. D'autres études montrent également que l'alliage M-Wire<sup>®</sup> confère aux instruments des propriétés accrues de flexibilité et de résistance à la fatigue cyclique qui sont supérieures au Nickel-Titane conventionnel (47, 48).

## II.3 La mise en forme canalaire mécanisée :

### II.3.1 Le principe du Crown-Down :

L'objectif des préparations crown down est d'éliminer les contraintes au niveau coronaire du canal afin de pouvoir préparer le tiers apical dans les meilleures conditions. Ce n'est qu'après la mise en forme et la désinfection du tiers coronaire et moyen du canal que le tiers apical est soumis à la préparation instrumentale. C'est pourquoi les séquences instrumentales se font des instruments de plus gros diamètre et de plus grande conicité vers les plus faibles (49).

Elles permettent une descente corono-apicale progressive des instruments. Cette technique est actuellement la technique de référence et la seule possible pour mettre en forme un canal avec des instruments rotatifs. Les séquences d'instruments utilisables en longueur dite « unique » (ProTaper®, Alphakite®, Endosequence®) nécessitent quand même le passage préalable d'un instrument de préparation du tiers coronaire soit par un instrument spécifique soit par le profil même de l'instrument.

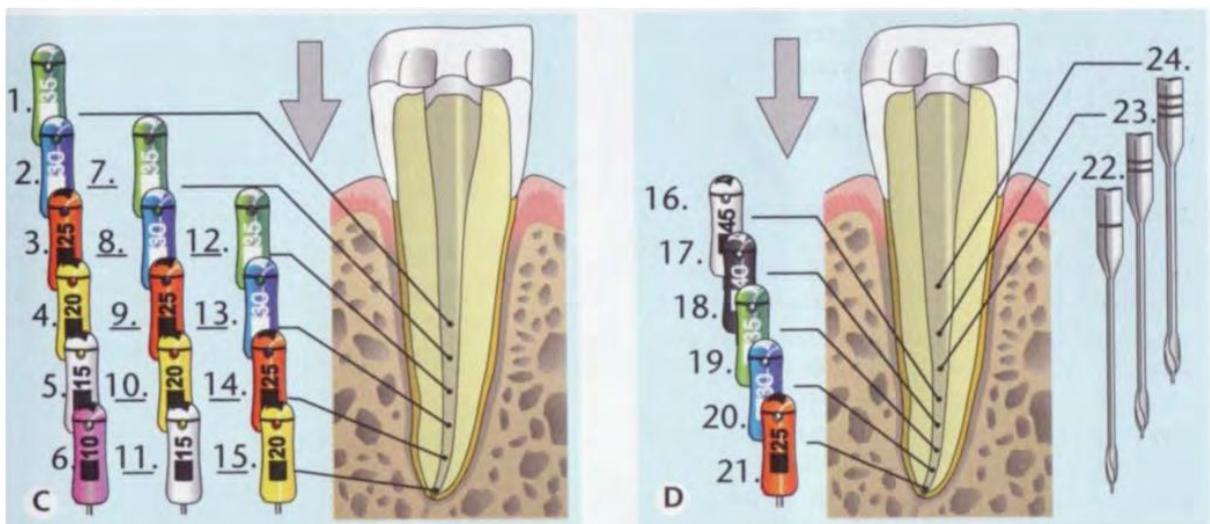


Figure 8: Préparation canalaire en Crown-Down (32)

## II.3.2 Le mouvement en rotation continue :

### II.3.2.1 Généralités et historique du mouvement en Rotation Continue :

La rotation continue est apparue en 1995. Les instruments rotatifs en Nickel-Titane sont utilisés à vitesse constante et réduite comprise entre 250 et 500 tours par minute. Les systèmes sont basés sur la technique du « crown-down » décrite par Marshall et Papin (50), c'est à dire une préparation corono-apicale. Cela consiste tout d'abord à la mise en forme de la partie coronaire en progressant en direction apicale jusqu'au foramen. L'objectif est l'élimination des interférences coronaires afin de pouvoir aborder le 1/3 apical dans les meilleures conditions possibles.

Les courbures importantes, les doubles courbures et les crochets apicaux constituent une contre indication pour l'utilisation des instruments NiTi en rotation continue. Ils doivent être détectés soit à la radiographie pré opératoire, soit lors du cathétérisme.

Le mouvement de rotation continue représente une rotation de 360° appliquée à l'instrument lors de sa descente dans le canal (rotation = mouvement circulaire d'un corps sur lui même et continu = sans interruption).

L'utilisation des instruments endodontiques NiTi en rotation continue a permis une amélioration de la qualité des préparations, un abord plus aisé des cas complexes et une meilleure ergonomie. En effet, l'association de l'alliage NiTi et de la rotation continue confèrent une efficacité de coupe correcte voire nettement meilleure que celle des instruments acier utilisés manuellement.

La plupart des systèmes Nickel-Titane rotatifs actuels se basent sur le principe de mise en forme corono-apicale « crown-down ». Ces systèmes allient des instruments de conicité majorée en Nickel-Titane et un mouvement de rotation continue, permettant de maintenir les instruments centrés dans le canal, ceux-ci étant guidés par leur pointe non coupante. Cette conicité majorée favorise également une meilleure irrigation ainsi qu'une meilleure élimination des débris dentinaires générés lors de l'instrumentation. Le nombre d'instruments est par conséquent diminué, ce qui rend le travail plus ergonomique et moins long qu'avec une instrumentation manuelle (5).

## REVUE DE LA LITURATURE

De nombreux systèmes pluri instrumentaux de préparation canalaire mécanisée en rotation continue ont vu le jour sur le marché. Parmi ces systèmes Ni-Ti, les plus communément retrouvés sur le marché sont:

- Les systèmes pluri instrumentaux comme le Protaper GOLD® ou le Protaper Next® (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland), le système iRace® (FKG, La Chaux-de-Fonds, Switzerland) ou le système Revo-S® (Micro-Méga, Besançon, France),
- Les systèmes mono instrumentaux comme le One Shape NEW Generation® ou récemment le One Curve® fabriqués par la société Micro Méga (Besançon, France), ou le F 360® et le F6 Skytaper® fabriqués par la société Komet (Lemgo, Germany).

Les limites d'utilisation des systèmes Ni-Ti sont peu nombreuses (allergie au Ni-Ti, accès buccal limité principalement). Cependant, les instruments Ni-Ti mécanisés présentent un inconvénient majeur : le risque de fracture instrumentale (38, 51). En effet, les instruments en Ni-Ti présentent une faible tenue à la fatigue (flexion) lors d'une utilisation répétée. Il en est de même lors des utilisations dans le cas de présence de courbures sévères ou de doubles courbures (38).

Les praticiens se trouvent donc face à deux préoccupations majeures lors de l'utilisation des instruments rotatifs en Ni-Ti : le risque de fracture, et la difficulté de nettoyer et de stériliser parfaitement ces instruments. Le risque de fracture instrumentale constitue une source d'échec du traitement canalaire. Ce risque est multiplié avec l'utilisation de séquences à plusieurs instruments, générant également des contraintes d'ergonomie et de gestion des stocks. Par ailleurs, des études démontrent une contamination possible entre deux patients après la réutilisation des instruments endodontiques (39, 47). Cela est dû à la persistance de débris avant et après stérilisation (48, 52). A l'heure où la prévention des risques infectieux est l'un des axes de santé publique, une adaptation de la pratique endodontique s'opère afin de satisfaire au mieux aux données acquises.

L'instrumentation unique de mise en forme canalaire, et à usage unique, constitue donc un moyen pour pallier ces difficultés .

Ainsi, en 2012, la société Micro-Méga (Besançon, France) commercialise le premier système de préparation canalaire en rotation continue avec un instrument unique à usage unique : le système One Shape®. Le développement de ce concept donnera naissance en 2014 à une version évoluée de cet instrument : le système One Shape NEW Generation®. Récemment en 2018, est commercialisé un nouveau système mono instrumental à usage unique utilisable en rotation continue, le One Curve®. Ce nouvel instrument a subi un traitement thermique « C.Wire » spécifiquement conçu par la société Micro-Méga (Besançon, France) lui permettant de descendre directement à la longueur de travail sans risque de fracture (53).

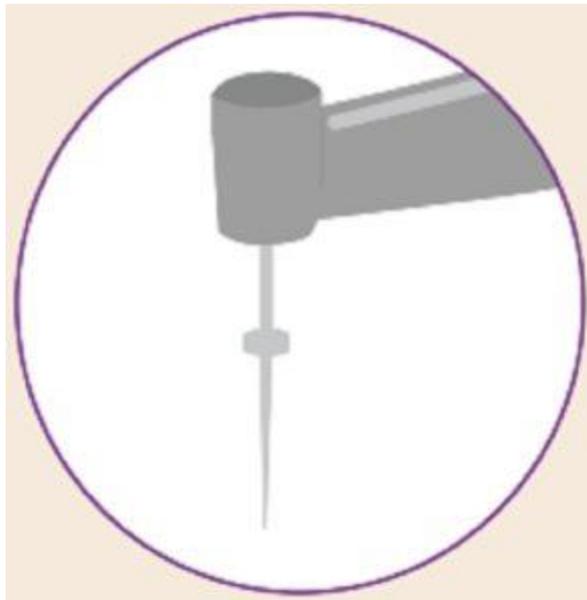


Figure 9: Le mouvement de rotation continue (46)

### II.3.2.2 Règles essentielles de l'utilisation de la Rotation Continue :

Les instruments Nickel-Titane doivent être utilisés avec le matériel dédié (moteur ou contre angle endodontique) afin de permettre l'obtention de la vitesse de rotation ainsi qu'un couple adéquat (54) :

- L'accès coronaire doit être correctement aménagé, avec un accès direct au canal afin d'éviter les contraintes coronaires sur l'instrument.

- Le canal doit toujours être exploré avec des limes manuelles en acier, permettant ainsi d'assurer le passage des limes rotatives sans risque de blocage sous peine de fracture, notamment dans la zone apicale où le canal se rétrécit et se courbe brusquement.
- Les instruments doivent être vérifiés après chaque passage, afin de détecter un défaut éventuel, précurseur de la fracture par torsion.
- Les contre-indications de la rotation continue (double courbure, crochets apicaux) doivent être connues et cliniquement évaluées afin d'éviter les risques de fracture par fatigue cyclique. Dans ce cas, les instruments Nickel-Titane utilisés à la main permettent des mises en forme apicales avec un risque minimum (51).

### II.3.2.3 La préparation séquentielle en Rotation Continue :

La mise en forme proprement dite est réalisée à l'aide des instruments en Nickel-Titane, rotatifs ou manuels. En aucun cas un instrument en Ni-Ti ne doit être forcé dans une portion canalaire qui n'a pas été préalablement explorée et pré-élargie.

La stratégie consiste à libérer les instruments de leurs contraintes coronaires afin de permettre leur travail plus apicalement. Une mise en forme des deux tiers coronaires ainsi réalisée, entraîne un travail plus contrôlé et en douceur dans la zone apicale, évitant les transports apicaux. La zone apicale sera explorée et mise en forme en dernier (55).

#### **\*La mise en forme des deux tiers coronaires en rotation continue :**

Les instruments de mise en forme sont utilisés, selon les consignes du fabricant avec une légère pression, par des mouvements de va-et-vient verticaux, et chaque mouvement fait avancer l'instrument plus apicalement dans le canal, l'instrument est fréquemment nettoyé et le canal irrigué à l'hypochlorite, la lime de perméabilité est passée entre chaque instrument afin d'assurer la vacuité du canal.

Il est important que, quelle que soit la séquence choisie, les instruments ne soient pas utilisés plus loin que le niveau où le canal a été perméabilisé et pré-élargi, sous peine de blocage de la pointe et de fracture (55).

## **\*La mise en forme apicale en rotation continue :**

La mise en forme apicale est réalisée de différentes manières en fonction du concept choisi :

- Si ce concept est l'élargissement apical, le praticien devra se tourner vers des systèmes qui offrent des séries d'instruments avec des diamètres importants et des conicités de 2% et 4%. En effet, si le diamètre apical souhaité est large, les conicités doivent être maintenues faibles afin d'assurer une certaine flexibilité aux instruments.
- Si ce concept est l'obtention d'une conicité apicale en maintenant un petit diamètre, des systèmes offrant des instruments de fortes conicités doivent être utilisés (55).

### **II.3.3 Le concept de la réciprocité :**

Après le lancement des instruments en Nickel-Titane en rotation continue, le mouvement de réciprocité a été exploré par YaredG. . L'objectif était de présenter une solution de remplacement au mouvement de rotation continue et d'optimiser les résultats obtenus. Le terme de réciprocité est impropre, faisant suite à la traduction de « reciprocating movement », il correspond en fait à un mouvement alternatif transversal asymétrique (MATA). Ce dernier consiste, décrit par Yared G. (56), par une alternance de mouvement horaire et antihoraire, d'amplitude variable. Ce mouvement est différent du mouvement alternatif, dont l'amplitude horaire et antihoraire sont identiques.

#### **II.3.3.1 Mouvement des forces équilibrées de Roane :**

Le mouvement de réciprocité s'apparente à celui proposé par Roane en 1985 dans la « technique des forces équilibrées » (57). Roane décrit un mouvement qui consiste à alterner un mouvement de rotation d'un quart de tour dans le sens horaire pour engager la lime en acier manuelle dans le canal, suivi immédiatement d'un mouvement de trois quarts de tour dans le sens inverse permettant à l'instrument de couper la dentine dans laquelle il était engagé . Ainsi, dans ce mouvement l'effet de coupe est réalisé dans le deuxième temps. Roane démontre que pour rester centré dans un canal, l'instrument doit en permanence être animé d'un mouvement de rotation.

## II.3.3.2 Mouvement de réciprocité :

### II.3.3.2.1 Description du mouvement :

La réciprocité est un mouvement inspiré du concept des forces équilibrées développé par Roane en 1985 (57).

La réciprocité en endodontie consiste en des mouvements horaires et antihoraires alternés. Ce concept utilise des mouvements asymétriques dont les angles de rotations sont différents, contrairement aux premiers systèmes développés comme l'EndoExpress® (Dexter) ou le Giromatic® (Micro-Mega). Ce nouveau concept associe une rotation antihoraire de 150° et une rotation horaire de 30°, faisant ainsi un tour complet en trois cycles.

Les instruments utilisant ce mouvement de réciprocité (Reciproc®, VDW et WaveOne®, Denstply), présentent un pas dirigé vers la gauche. Par conséquent, ces instruments coupent en progressant dans la dentine dans le sens antihoraire et se désengagent de la dentine dans le sens horaire (56).

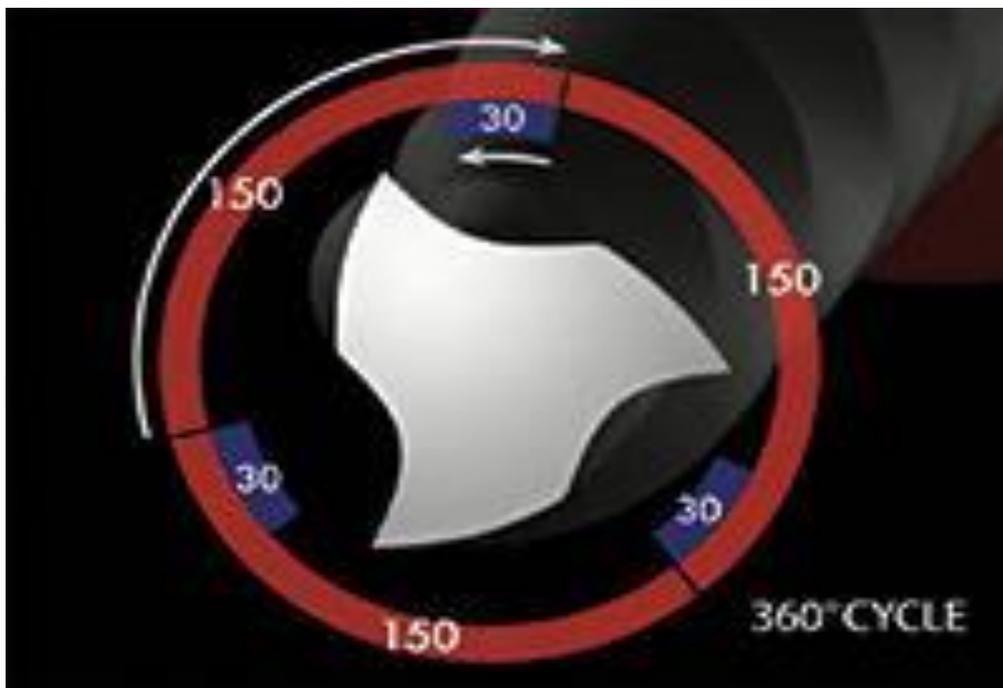


Figure 10 : Mouvement de réciprocité sur une lime WaveOne®, utilisant des angles différents dans le sens travaillant (150°) et dans le sens de dégagement (30°) (42)

## REVUE DE LA LITURATURE

En 2008, G. Yared poursuit les recherches sur ce mouvement permettant la préparation canalaire à l'aide d'un seul instrument en Nickel-Titane (56). Le mouvement alternatif transversal asymétrique (MATA) associe d'abord une rotation dans le sens horaire, sens de coupe (engagement de la lime), suivie immédiatement d'un mouvement de désengagement de la lime dans le sens antihoraire à une vitesse de 400 tours par minute. Si ce mouvement ressemble à celui des forces équilibrées de Roane, il est en fait opposé. L'instrument utilisé pour ses recherches est le Finishing file 2 (F2) du système ProTaper<sup>®</sup> Universal (Dentsply Maillefer) avec le moteur ATR<sup>®</sup> (Technika) qui était le seul à ce moment là à proposer un tel mouvement. L'instrument est animé d'un mouvement d'amplitude variable: 144° dans le sens horaire et 72° dans le sens antihoraire. Ainsi, 5 cycles sont nécessaires pour la réalisation d'une rotation de 360°. Quand l'instrument est en rotation horaire, il se visse dans le canal alors que quand l'instrument est en rotation antihoraire, il se dévisse dans le canal. Le résultat final est un effet de vissage et de progression dans le canal. En conséquence, les instruments doivent être utilisés dans le canal avec un mouvement de picotage et une pression apicale très délicate jusqu'à ce qu'une résistance soit rencontrée. Ensuite, l'instrument est sorti du canal, nettoyé à l'aide d'une gaze afin d'enlever les débris et réemployé de la même manière. Cette étape est répétée jusqu'à ce que F2 atteigne la longueur de travail. Les principaux objectifs sont ainsi de réduire le nombre d'instruments utilisés lors de la préparation et par conséquent le coût opératoire, de diminuer la fatigue instrumentale et donc le risque de fracture. Les angles de rotation horaire et antihoraire sont déterminés en fonction de la résistance en flexion de l'instrument. Leurs valeurs sont calculées de façon à ne pas atteindre la limite d'élasticité de l'instrument (58). Ce mouvement, à l'aide d'un seul instrument, permet un meilleur nettoyage du système canalaire que la séquence complète du ProTaper (59).

Le mouvement de réciprocité induit significativement une meilleure résistance à la fatigue cyclique (60-62). De plus, il permet de réduire le stress par torsion sur l'instrument, en réduisant le blocage de la pointe, qui est important avec le mouvement continu (63).

En rotation continue, la réalisation d'une rotation complète de 360° produit en un même point une alternance de compression tension. Des microcracks apparaissent ainsi et fragilisent l'instrument à chaque rotation (64). L'expansion de ces microcracks est à l'origine de la fracture par fatigue cyclique (65). Alors que dans le mouvement de réciprocité la rotation de 360° a lieu au bout de plusieurs cycles. Ainsi l'apparition des

## REVUE DE LA LITURATURE

microcracks est réduite. La durée de vie des instruments, utilisant le mouvement de réciprocité, est donc prolongée.

En 2011, deux nouveaux systèmes à instrumentation unique exploitant le mouvement de réciprocité voient le jour: le Wave One™ (Dentsply Maillefer) et le Reciproc® (Dentsply VDW). Ce sont deux systèmes à usage unique en M-Wire® Nickel-Titane. Grâce à leur pas inversé à gauche (sens d'hélice à gauche), contrairement à tous les autres, ces instruments coupent en sens antihoraire et ils se désengagent en sens horaire. Leur section et leur efficacité de coupe permettent d'utiliser de petits angles de rotation qui ne dépassent pas les limites d'élasticité de l'instrument.



Figure 11: Mouvement Alternatif Transversal Asymétrique (<http://endomatters.dental/rotary-vs-reciprocation-how-do-i-choose/>)

Le concept de réciprocité a connu de nombreuses évolutions avec, l'apparition de ces deux systèmes majeurs : le système Wave One™ (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) et le système Reciproc® (VDM, Munich, Germany). Il s'agit de limes à usage unique, avec un moteur spécifique qui fournit le mouvement de réciprocité. Les deux instruments

présentent des propriétés similaires hormis la section de coupe et la conicité. En effet, ces deux systèmes présentent des propriétés communes :

- Ils sont fabriqués à partir d'un alliage spécifique appelé M-Wire Nickel-Titanium. Il s'agit d'un fil en Ni-Ti conventionnel mis sous tension, qui subit des cycles de variation thermique lui conférant des propriétés majorées de flexibilité et de résistance à la fatigue cyclique (53).
- Une pointe non travaillante, qui respecte l'anatomie et guide l'instrument dans sa progression en apicale.
- Les deux instruments à usage unique, ont un mandrin muni d'une bague en caoutchouc, qui se déforme à la chaleur lors de leur stérilisation et empêche une réutilisation.

En 2015 deux formes optimisées du Wave One ® et du Reciproc® appelées respectivement Wave One GOLD ® (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) et Reciproc Blue ® (VDM, Munich, Germany) viennent remplacer les précédents systèmes.

Les instruments Wave One GOLD ® bénéficient d'un traitement thermique spécifique appelé « Gold treatment » et présentent une modification de section, ce qui permettraient d'améliorer de façon significative les propriétés mécaniques de la lime (flexibilité, torsion, fatigue cyclique), de réduire les effets de vissage ainsi que le temps opératoire (58).

Le système Reciproc Blue® présente également une innovation en terme de traitement thermique, le « Blue treatment » (65). Ce traitement thermique augmenterait la flexibilité et la résistance à la fatigue cyclique de la lime diminuant ainsi les risques de fracture instrumentale. Les protocoles d'utilisation de ces deux nouveaux systèmes restent identiques à ceux des anciens systèmes.

### **II.4 Le principe de l'instrument unique ou Mono instrument :**

Depuis quelques années, les premiers mono-instruments de préparation ont été développés par les fabricants. Ils permettent une mise en forme du canal rapide en respectant les principes mécaniques de la préparation tels qu'édictés par Schilder.

Yared en 2008 est le premier à proposer une nouvelle méthode de préparation canalaire qui consiste en l'utilisation d'un unique instrument de mise en forme canalaire et à usage unique (56).

Il a en effet constaté que l'instrumentation en alliage de Ni-Ti offre de nombreux avantages et vient supplanter progressivement l'endodontie exclusivement manuelle. En contre partie il met en évidence le coût des nouveaux instruments qui est particulièrement élevé par rapport à une séquence manuelle. Il envisage alors le concept de la mono instrumentation et s'appuie sur deux études : l'une de Schneider et coll. de 2007 qui met en évidence la présence de prions au sein de la pulpe dentaire humaine ; et l'autre de Sonntag et Peters de 2007 également qui souligne le fait qu'en dépit d'un nettoyage minutieux des limes en Ni-Ti, il reste de nombreux débris organiques à la surface des instruments après usage (66).

Les objectifs de cette approche sont donc multiples : (67)

- La réduction du temps de travail.
- La réduction du risque de fracture instrumentale et la suppression du risque de contamination croisée.
- La réduction du budget alloué à l'instrumentation.

Un seul instrument permet la mise en forme complète du canal permettant ainsi une simplification du protocole avec une meilleure ergonomie.

Le temps de préparation reste identique voire diminué tout en permettant l'optimisation du temps d'irrigation, essentielle au succès du traitement endocanalaire.

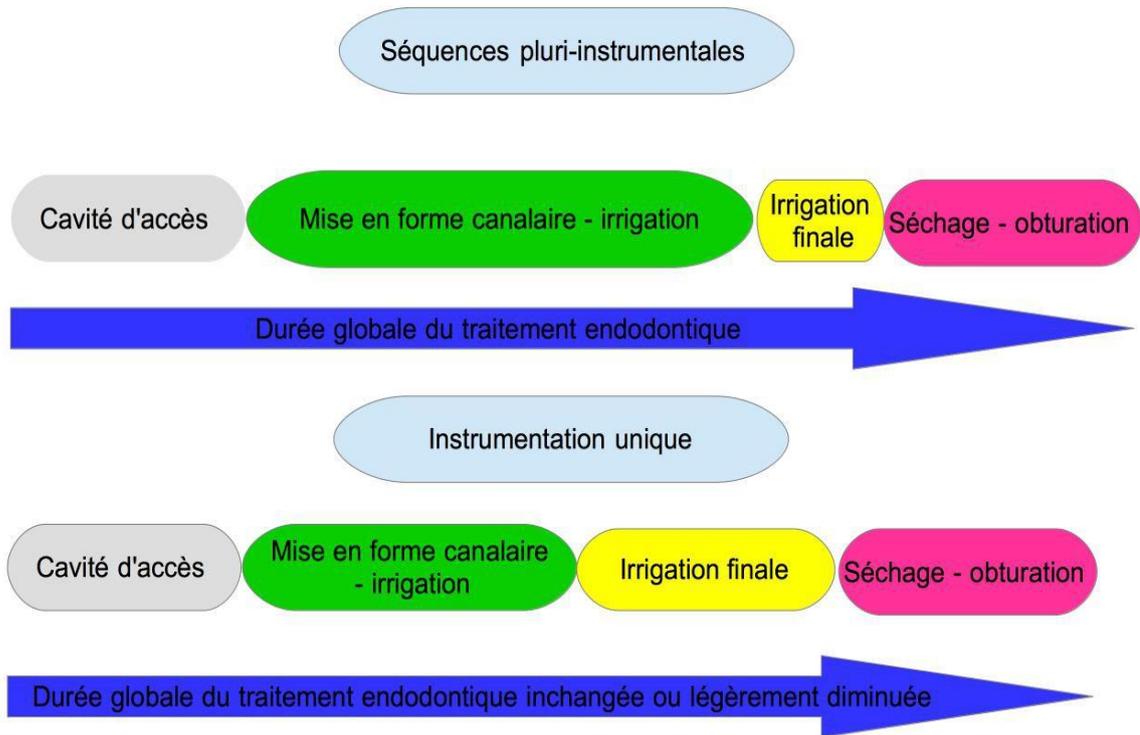


Figure 12: Avantages de l'instrument unique (Document F Bukiet) (68)

## II.4.1 Intérêts de l'usage unique :

Certaines études démontrent une insuffisance de nettoyage lors de la stérilisation des instruments endodontiques malgré l'utilisation de techniques rigoureuses (trempage, ultrasons et passage à l'autoclave). En effet les irrégularités de surface des instruments ainsi que les microfissures apparues lors de la préparation, créent des niches qui permettent aux débris organiques de s'y loger favorisant ainsi, les contaminations croisées.



Figure 13 : Lime avec débris de  $\text{Ca(OH)}_2$  après 5 min de bain aux ultrasons (69)

De plus l'utilisation répétée des instruments, l'action de l'hypochlorite sur l'alliage, associée à la stérilisation à l'autoclave entraîne des modifications de leur état de surface ce qui augmente le risque de fracture et diminue leur capacité de coupe.

Cependant, certains auteurs tendent à penser que l'hypochlorite n'altérerait pas les instruments Ni-Ti s'il n'est pas utilisé de manière abusive. Les effets de corrosion et d'altération de l'état de surface lors des procédures de nettoyage sont détectés lorsque l'instrument est laissé en immersion toute la nuit, soit 18h, dans de l'hypochlorite.

Afin de contourner ces différents problèmes, des fabricants ont opté pour la fabrication d'instruments à usage unique. Ils sont vendus aux praticiens sous blisters stériles et présentent, pour certains, des bagues de sécurité qui se dilatent à l'autoclave, empêchant leur réutilisation après stérilisation.

Les deux types de mono-instruments actuellement largement utilisés par leur dynamique d'instrumentation on retrouve :

- En rotation continue : One Shape<sup>®</sup> (Micro Méga).
- En réciprocité : le Reciproc<sup>®</sup> (Dentsply-VDW).

## II.4.2 Principes de la mise en forme mono-instrumentale :

Que la mise en forme canalaire mono-instrumentale soit réalisée à l'aide d'un instrument unique en rotation continue ou à mouvement réciproque, le praticien doit respecter un protocole stricte :

Après la prise d'une radiographie rétro alvéolaire pré opératoire orthocentrée et si nécessaire d'une seconde avec un axe décalé, le praticien réalise une cavité d'accès endodontique sous champ opératoire étanche qui a pour objectif la mise en évidence des entrées canalaires et la future suppression des contraintes coronaires. Cette partie du traitement canalaire est identique à tous les systèmes de mise en forme canalaire.

Il est ensuite nécessaire de réaliser une exploration canalaire dite passive à l'aide d'une lime 8/100<sup>e</sup> de mm ou 10/100<sup>e</sup> de mm. L'étape suivante est la réalisation d'un « glide path », c'est à dire l'utilisation d'instruments de cathétérisme rotatifs afin de parvenir au pré élargissement et à la détermination de la longueur de travail. Cette étape peut aussi être réalisée à l'aide des limes manuelles. La longueur de travail est estimée à l'aide de la radiographie pré opératoire et d'un localisateur d'apex et doit être validée à l'aide d'une radiographie lime en place.

Intervient ensuite la mise en forme canalaire a proprement parler à l'aide de l'instrument unique choisi et selon le protocole et les recommandations du fabricant. Si l'instrument ne progresse pas jusqu'à l'apex, il est déconseillé de forcer, il faut alors récapituler à l'aide d'une séquence des limes manuelles.

Bien sûr, l'irrigation à l'aide d'hypochlorite de sodium à 2,5% au moins est de règle après le passage de chaque instrument endodontique, qu'il soit manuel ou mécanisé et cela depuis la réalisation de la cavité d'accès endodontique jusqu'à la fin de la mise en forme canalaire. Le temps gagné lors de la mise en forme canalaire à l'aide d'instruments uniques doit être mis à profit pour l'irrigation, qui doit durer au minimum 20 minutes. En fin de préparation, il est conseillé de réaliser une dernière séquence d'irrigation avec un chélateur de calcium puis de terminer avec un rinçage à l'hypochlorite de sodium.

Enfin, l'opérateur sèche les canaux à l'aide de pointes de papiers stériles et procède à l'obturation canalaire tri dimensionnelle étanche selon la technique de son choix (9).

# REVUE DE LA LITURATURE

Ce protocole est schématisé par la figure 14.

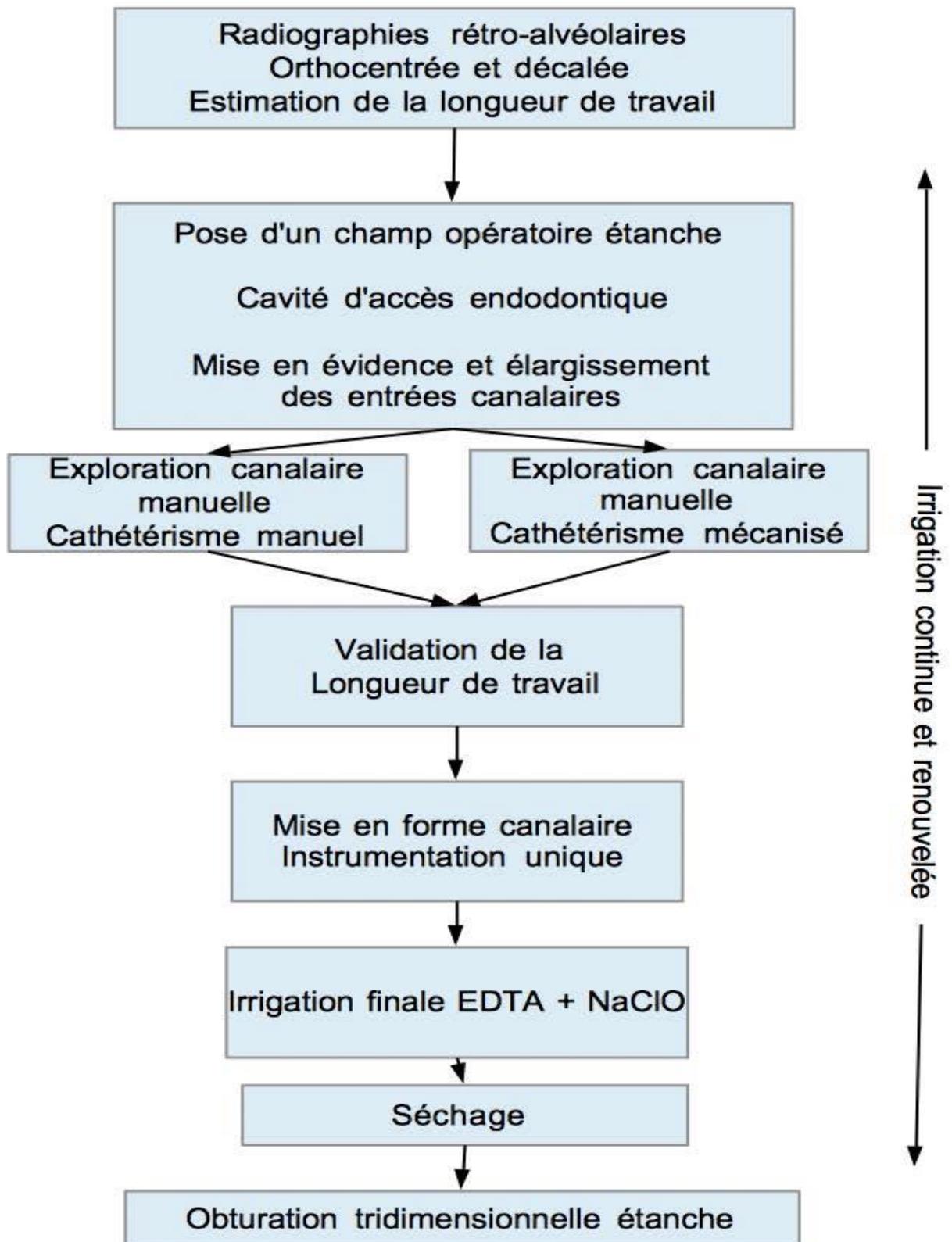


Figure 14 : Protocole de mise en forme mono-instrumentale (68)

### **II.4.3 Règles d'utilisation des instruments uniques rotatifs de mise en forme canalaire :**

Afin de mener à bien un traitement endodontique, l'utilisation d'instruments uniques de mise en forme canalaire, à mouvement réciproque ou continu, requiert des connaissances et un respect de règles communes afin de minorer le risque de fractures instrumentales, la création de faux canaux ou de butées par exemple.

Tout d'abord il est nécessaire de vérifier chaque instrument avant son utilisation : un instrument endodontique ne doit pas paraître déformé. L'opérateur doit prendre le soin de nettoyer les spires des instruments canaux entre chaque passage à l'aide d'une compresse stérile imbibée d'hypochlorite de sodium. Il est nécessaire de respecter les protocoles des fabricants de chaque instrument concernant les paramètres d'utilisation (vitesse de rotation, torque).

La réalisation de la cavité d'accès doit être suffisamment large pour permettre l'accès à tous les canaux sans augmenter les contraintes instrumentales ; une mauvaise ouverture des entrées canales est souvent en cause dans la fracture instrumentale (54).

### **II.4.4 Présentation des deux systèmes étudiés :**

#### **II.4.4.1 En rotation continue : Le One Shape® New Generation:**

##### **II.4.4.1.1 Caractéristiques :**

Cet instrument unique et à usage unique de préparation canalaire a été mis au point par la société MICRO-MEGA® en 2015, et succède au One Shape® .Cet instrument est caractérisé par un pas allongé et variable ainsi qu'un angle d'hélice également variable. Il est vendu en blister stérile (46).

##### **II.4.4.1.2 Profil de l'instrument :**

Le One Shape® New Generation dispose d'une section variable dissymétrique tout au long de la lame. La section de l'instrument varie d'une forme de triple hélice à 3 arêtes de coupe dans la partie apicale à une section en forme de « S » à 2 arêtes de coupe dans la partie coronaire. Ce passage se fait avec une zone de transition et cette variabilité de section sur les trois zones de la partie active permet au One Shape® New Generation de travailler dans

## REVUE DE LA LITURATURE

le canal comme trois instruments successifs (Burkleinet coll., 2013). L'instrument dispose également de trois repères de profondeur sur la lime (19, 20 et 22 mm) (46).

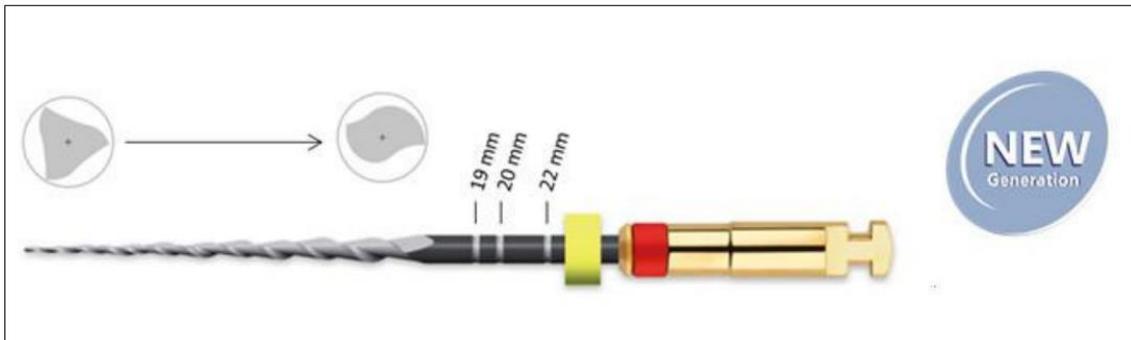


Figure 15 : One Shape® New Generation (MICRO-MEGA®, 2015) (68)

### II.4.4.1.3 Paramètres géométriques :

La conicité constante du One Shape® New Génération est de 6% et il présente un diamètre de pointe de  $25/100^e$  de mm. Il existe en 3 longueurs : 21, 25 et 29 mm. Si nécessaire, il est possible selon les cas de finir la mise en forme canalaire avec l'instrument canalaire One Shape® Apical 1 d'un diamètre de pointe de  $30/100^e$  de mm ou encore l'instrument One Shape® Apical 2 avec un diamètre de pointe de  $37/100^e$  de mm, tout deux disponibles en 3 longueurs (46).

### II.4.4.1.4 Protocole d'utilisation (MICRO-MEGA®):

1. Réalisation du radiologique préopératoire, de la cavité d'accès après l'opérateur à l'aide de l'endoflare® (MICRO-MEGA®) procède à l'ouverture des entrées canales. C'est un instrument de 15 mm de long, de conicité 12 % avec un diamètre de pointe de  $25/100^e$ . Cet instrument ne doit pas travailler sur plus des deux ou trois premiers millimètres du canal.
2. Le cathétérisme peut ensuite être réalisé à l'aide des limes manuelles en acier inoxydable (K N° 10 et K N° 15), ou bien avec des instruments rotatifs de cathétérisme en Ni-Ti comme le One G® ou encore le couple d'instruments G1® et G2® d'autre part, à la longueur de travail estimée.

## REVUE DE LA LITURATURE

- ❖ L'instrument One G® est un instrument unique de cathétérisme en Ni-Ti à pointe non travaillante qui existe en 3 longueurs : 21, 25 et 29 mm avec une conicité de 3% et un diamètre de pointe de 14/100e. Il présente une section asymétrique innovante dont les 3 arrêtes de coupe sont situées sur 3 rayons différents par rapport à l'axe canalaire permettant une meilleure élimination des débris et une action de pré-élargissement canalaire.
- ❖ Les instruments G1 et G2 sont des instruments rotatifs de cathétérisme initial à pointe non travaillante. Ils ont un diamètre de pointe respectivement de 12/100e et 17/100e et une conicité de 3%. Leur section de coupe est la même que l'instrument One G®.

Il est conseillé de les utiliser avec une vitesse de rotation comprise entre 250 et 400 tours par minute pour un torque de 1,2 NCm.

3. Après validation de la longueur de travail, le praticien peut réaliser la mise en forme canalaire à l'aide de l'instrument unique One Shape® par des mouvements de va et vient vertical en trois étapes :
  - Mise en forme jusqu'aux 2/3 de la LT.
  - Après une séquence d'irrigation canalaire, mise en forme jusqu'à LT-3 mm.
  - Après une nouvelle irrigation, mise en forme jusqu'à la LT.

La vitesse de rotation recommandée est de 350 à 450 tours par minute, en rotation continue avec un couple maximal de 2,5 NCm.

4. Il est alors possible soit d'utiliser les instruments de finition apicale si la mise en forme canalaire le nécessite ou alors de procéder à l'obturation canalaire selon la méthode choisie (55).

Il est essentiel de renouveler l'irrigation canalaire entre chaque passage d'instrument, après avoir vérifié la perméabilité canalaire à l'aide d'une lime manuelle en acier inoxydable (K N° 10 ou K N° 15).

# REVUE DE LA LITURATURE

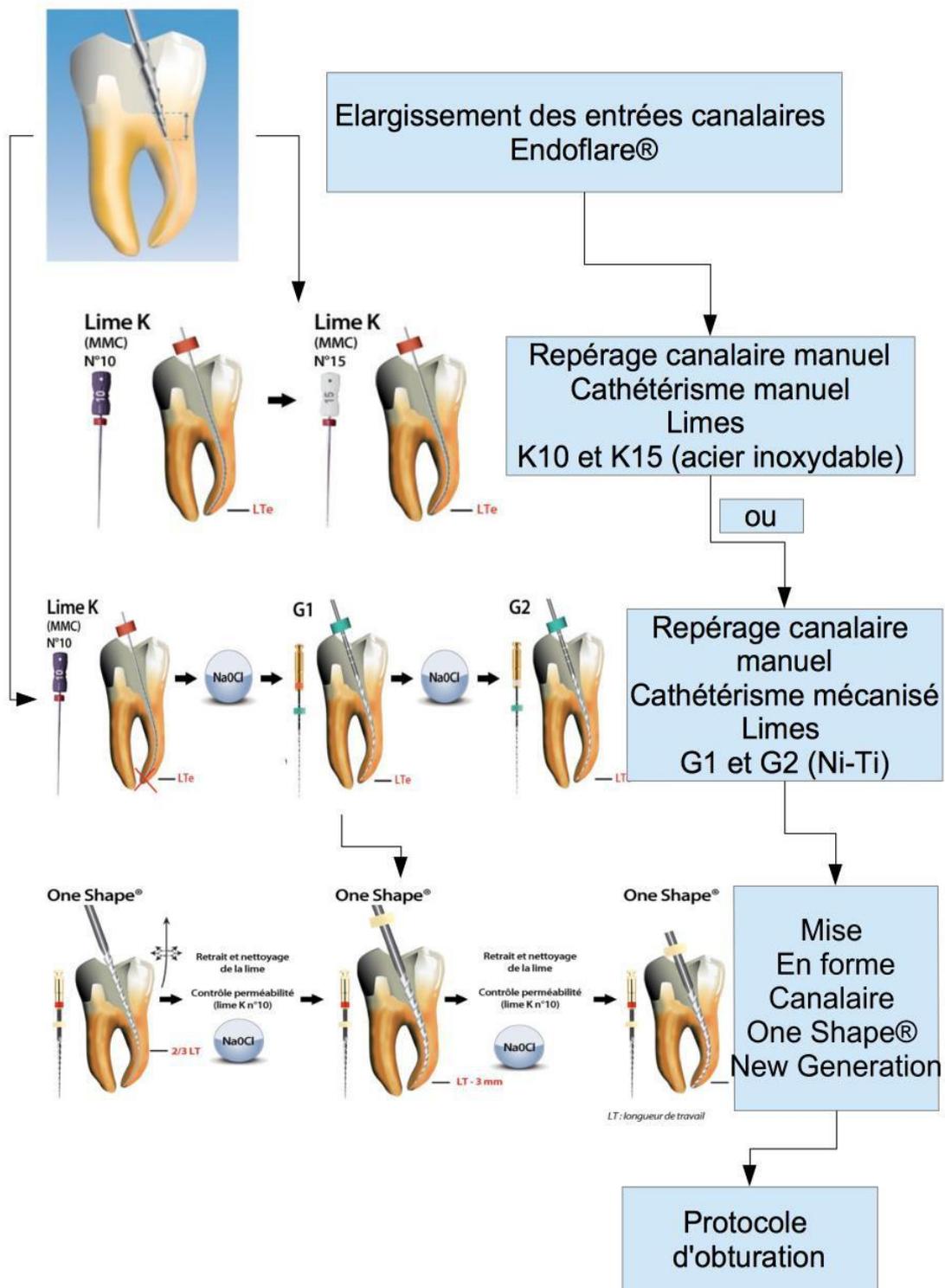


Figure 16: Schéma récapitulatif de protocole de réalisation d'un traitement endodontique à l'aide du One Shape® New Generation (D'après la notice d'utilisation de MICRO-MEGA®) (68)

### II.4.4.2 En réciprocité : Le Reciproc (Dentsply-VDW) :

#### II.4.4.2.1 Caractéristiques :

Le Réciproc® est un instrument unique de mise en forme canalaire, fabriqué en Ni-Ti M-Wire®. Cet alliage de part son traitement thermique est plus résistant à la fatigue cyclique que le Ni-Ti classique. Il est vendu en blister stérile, il est utilisé avec un mouvement de réciprocité. Le mandrin comporte des bagues d'identification de couleurs qui sont déformables à la chaleur, ce qui empêche leur réinsertion dans un contre angle après stérilisation garant d'un usage unique (9).

#### II.4.4.2.2 Profil de l'instrument :

Cet instrument présente un pas à gauche, c'est à dire une hélice inversée par rapport aux instruments traditionnels, et coupe donc en sens anti horaire. Il présente un angle d'hélice et un pas d'hélice variables, afin d'augmenter la flexibilité et permettre une meilleure évacuation des débris. La section de l'instrument est asymétrique et présente 2 arêtes coupantes. Sa pointe est non active (9).



**Figure 17: Section asymétrique du Reciproc® avec deux angles de coupe, observée en microscopie électronique à balayage (Dentsply-VDW®) (68)**

## II.4.4.2.3 Paramètres géométriques :

Le Reciproc® présente une conicité variable inversée, c'est à dire que la conicité maximale est située sur les trois derniers millimètres de l'instrument et diminue coronairement. Ainsi, la conicité apicale est majorée, tout en conservant une flexibilité globale satisfaisante par rapport à des instruments de conicité constante. De plus, cela permet d'éviter d'éliminer trop de dentine coronairement et donc de limiter la fragilisation des structures dentaires résiduelles. La conicité sur les trois derniers millimètres est différente selon le diamètre de pointe de l'instrument choisit. Pour le Réciproc® 1, d'un diamètre de pointe de 25/100<sup>e</sup> de mm la conicité est de 8%, elle est de 6% pour le Réciproc® 2 (diamètre de pointe de 40/100<sup>e</sup>) et de 5% pour le Reciproc® 3 (diamètre de pointe de 50/100<sup>e</sup> de mm).

Le Reciproc® existe en trois longueurs d'instruments, 21, 25 et 31 mm et trois diamètres de pointe, 25/100<sup>e</sup> de mm, 40/100<sup>e</sup> de mm et 50/100<sup>e</sup> de mm (9).

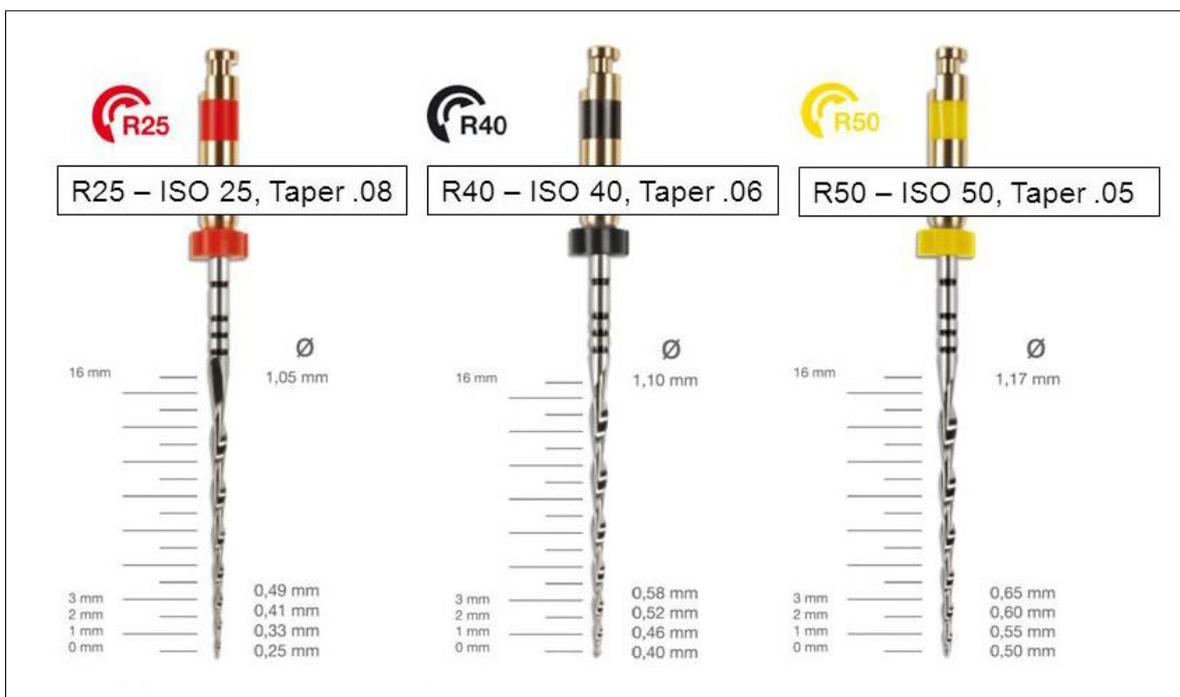


Figure 18 : Photographie représentant les trois conicités d'instruments Reciproc® disponibles (Dental Tribune, 2013) (42)

### II.4.4.2.4 Protocole d'utilisation (Dentsply-VDW®, 2011) :

Suivant les recommandations du fabricant la présélection de l'instrument le plus adapté est en fonction de la radiographie préopératoire .

- ✓ Si le canal est partiellement ou complètement invisible le canal est considéré comme étroit. Il faut utiliser le R25.
  - ✓ S'il est complètement visible sur la radiographie, le choix s'effectuera en fonction de la résistance rencontrée à l'exploration manuelle :
    - Insérer une lime K 30 passivement dans le canal. Si elle atteint passivement la longueur de travail déterminée radiologiquement, le canal est considéré comme large : Utilisation de l'instrument R50.
    - Si la lime K 30 n'atteint pas passivement la longueur de travail, insérer passivement des instruments manuels de diamètre décroissant jusqu'à atteindre la longueur de travail.
    - Si une lime K 25 n'atteint pas passivement, le canal sera préparé à l'aide du R40.
    - Si une lime K 20 n'atteint pas passivement la longueur de travail, le R25 sera privilégié.
1. Réalisation du bilan radiologique préopératoire, de la cavité d'accès et sélection de l'instrument Reciproc® le plus adapté.
  2. Cathétérisme avec des limes manuelles ou mécanisées de faible diamètre jusqu'à la longueur de travail estimée. Si le praticien sent une butée, il s'arrête à cette longueur.
  3. La mise en forme canalaire consistera alors à passer le Reciproc® R1, jusqu'à la longueur obtenue avec le passage des limes précédentes. La vitesse de rotation de l'instrument Reciproc® est de 300 tours par minute. L'instrument imbibé d' EDTA est introduit dans le canal en réciprocité et animé d'un mouvement de picking en va-et-vient qui le fait progresser en direction apicale. Après deux ou trois passages de l'instrument, ou si un blocage apparaît, l'instrument est retiré, nettoyé à l'aide d'une compresse stérile imbibée d'hypochlorite de sodium et le canal est irrigué avec cette même solution. L'instrument est alors remis dans le canal, plus apicalement et sans pression jusqu'à atteindre la longueur obtenue avec la lime K d'exploration canalaire.

## REVUE DE LA LITURATURE

4. Repasser les limes manuels afin d'effectuer un repérage et un pré élargissement du tiers apical. Cette étape permet également d'évaluer des courbures apicales non visibles à la radiographie rétro alvéolaire, et de valider la longueur de travail à l'aide d'une radiographie rétro alvéolaire per opératoire ( radio lime K 15 en place ).
5. Le canal est ensuite mis en forme à l'aide du Reciproc® R1 jusqu'a l'apex, en l'utilisant comme décrit précédemment. Le praticien doit jauger le diamètre apical. Si une préparation en 25/100e de mm est suffisante, la mise en forme canalaire est achevée. Si la situation clinique le nécessite, il peut utiliser les instruments Reciproc® de conicité et de diamètre de pointe plus importants (Reciproc® R2 et R3).

Toutefois, si la radiographie préopératoire montre un canal très large, alors le même protocole peut être réalisé avec un Reciproc® R2 ou Reciproc® R3 d'emblée.

L'opérateur doit prendre garde à réaliser entre chaque instrument une récapitulation à l'aide de limes manuelles en acier inoxydable, et de travailler sous irrigation continue et renouvelée à l'hypochlorite de sodium (9).

Enfin, intervient l'étape de l'obturation canalaire. Bien sûr, ce protocole est généraliste et chaque cas doit être appréhendé par le praticien et adapté en fonction de sa difficulté. La figure 19 schématise et résume ce protocole.

# REVUE DE LA LITURATURE

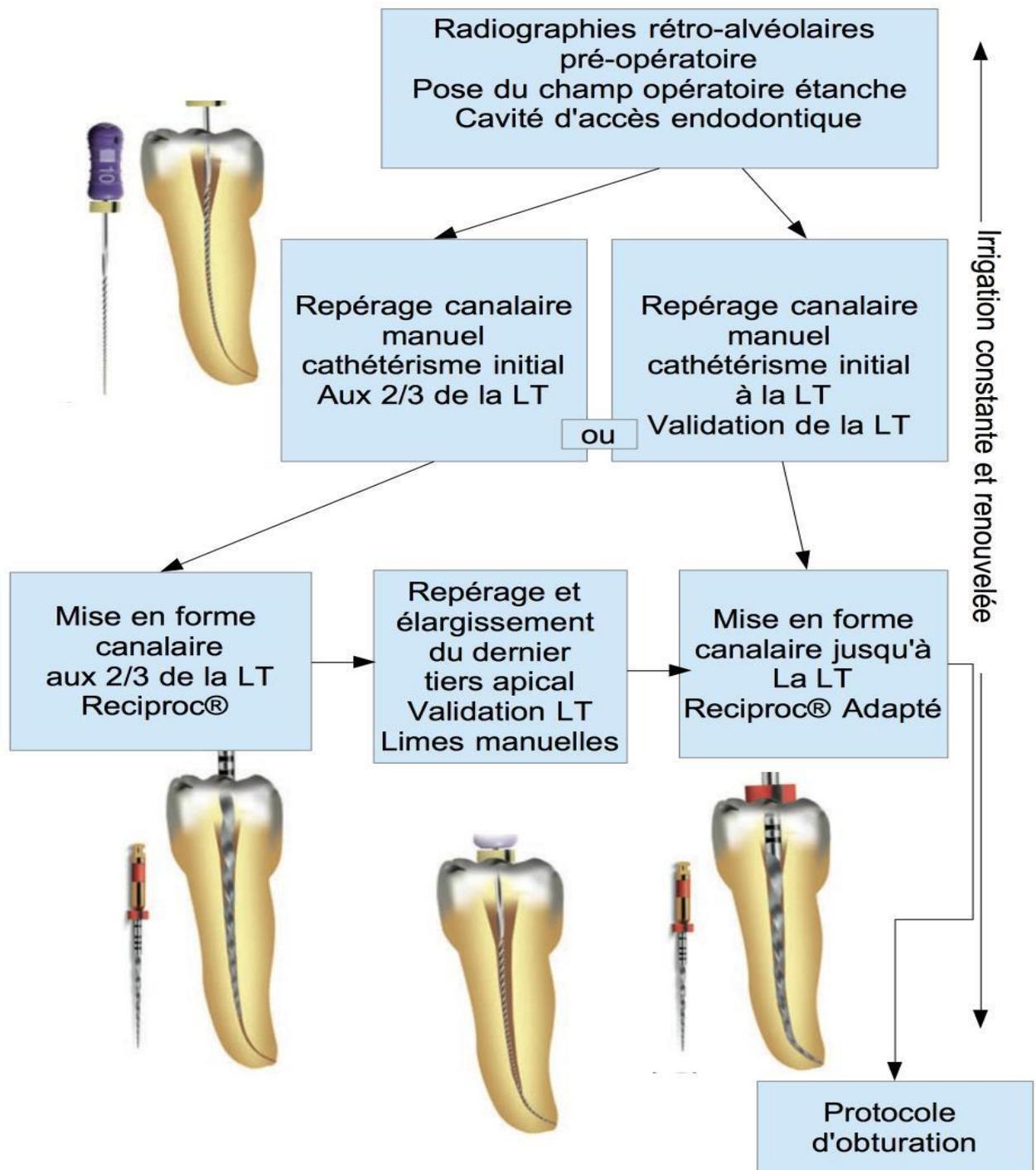


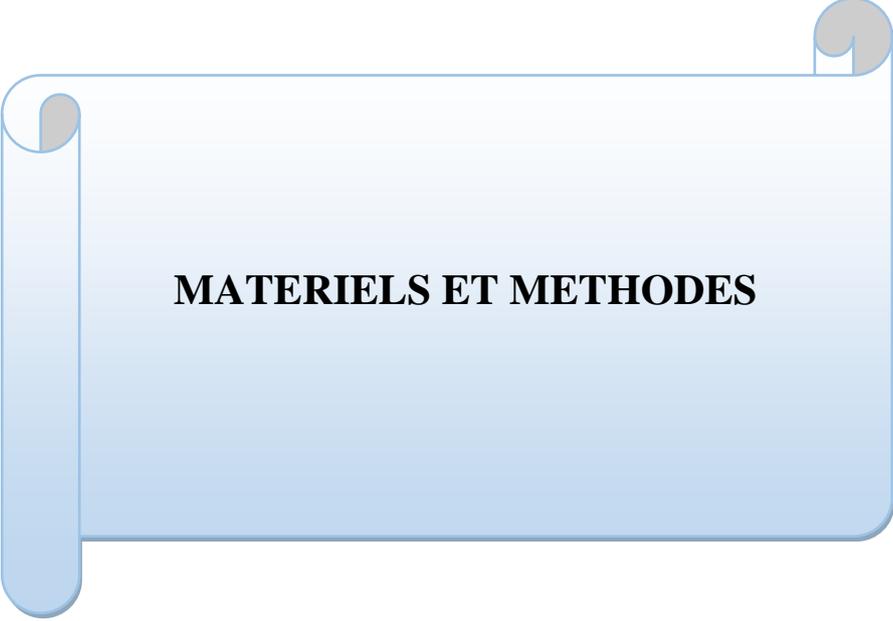
Figure 19: Schéma récapitulatif du protocole d'utilisation du système Reciproc® (D'après Dentsply-VDW) (68)

## II.5 Problématique :

L'usage du mouvement alternatif asymétrique transversal a été introduit ces dernières années pour pallier aux reproches imputés à la rotation continue essentiellement liés au problème de l'engainement et du vissage des instruments dans le canal.

De même, le risque de la fatigue cyclique des instruments Nickel-Titane semblerait diminué avec les techniques mono instrumentales, et le problème inhérent aux contaminations croisées est nul puisque ces instruments sont à usage unique.

Les recherches scientifiques qui ont été menées jusqu'à ce jour abondent toutes dans le sens de l'utilisation des techniques mono instrumentales à usage unique, cependant de part la conception et la dynamique qui leur sont imprimées, ces instruments ont-ils une réelle efficacité de coupe ? Permettent-ils le respect de la trajectoire canalaire ? Et enfin sont-ils moins chronophages que les autres techniques pluri séquentielles ?



**MATERIELS ET METHODES**

## III CHAPITRE 2 : MATERIELS ET METHODES

### La mise en forme canalaire mono instrumentale à l'aide de deux systèmes de dynamique différente : Étude comparative *ex vivo* sur canaux courbes.

#### III.1 Objectifs :

- **Objectif principal :**

Dans notre étude, nous nous fixons comme objectif principal d'étudier la quantité d'extrusion des débris dentinaires (smear layer) en *ex vivo* ; après avoir instrumentalisé des canaux courbes.

- **Objectifs secondaires :**

- Analyser la capacité des deux systèmes étudiés à maintenir la trajectoire canalaire.
- Étudier le temps réel imparti à chaque système.
- Evaluer la fréquence des accidents de parcours.

#### III.2 Type d'étude :

Il s'agit d'une étude analytique expérimentale en *ex vivo* avec comparaison entre deux dynamiques mono instrumentales : en Rotation Continue et en mouvement alternatif asymétrique transversal.

#### III.3 Lieu d'étude et durée d'étude :

L'étude s'est déroulée au niveau du service d'Odontologie Conservatrice Endodontie (OCE) CHU Tlemcen. Durant la période de décembre 2020 à septembre 2021.

## III.4 Matériels et Méthodes:

### III.4.1 Matériels :

- Plateau de travail (Miroir, Sonde, Précelle, excavateur).
- Des clichés rétro-alvéolaires.
- Turbine.
- Les fraises ( boule, cylindrique, flamme ).
- Compresses stériles.
- Cotons salivaires
- Champ opératoire stérile.
- Seringue d'irrigation.
- Hypochlorite de sodium à 2,5%.
- EDTA.
- Les limes K pour cathétérisme et préparation manuelle.
- Endomètre.
- La lime Reciproc® R1.
- La lime One Shape®.
- Moteur d'endodontie Endo Radar.
- Balance électronique de précision 0.001 gramme ( NEWACALOX ) .
- Des tubes de prélèvement de laboratoire.
- La cire.
- Source de chaleur.

## III.4.2 Méthodologie :

### III.4.2.1 Echantillonnage :

#### III.4.2.1.1 Selection de l'échantillon :

Dans un premier temps, nous avons sélectionné 40 premières molaires mandibulaires humaines infectées qui présentaient à la radiographie pré extractionnelle une zone de raréfaction osseuse péri radiculaire appartenant à la catégorie IV de Baume. Les dents ont été collectées à partir des dents extraites provenant de service de pathologie et chirurgie bucco dentaire CHU Tlemcen et de différents cabinets dentaires. Après débridement de la surface de la racine, les dents sont nettoyées avec du savon et désinfectées à l'hypochlorite de sodium à 2,5%. Elles sont ensuite stockées dans le sérum physiologique.

La couronne et la racine distale de chaque dent a été sectionné par un disque métallique diamanté sous spray air-eau au niveau de la jonction amélo-cémentaire pour obtenir uniquement 40 racines mésiales.

#### III.4.2.1.2 Calcul de rayon de courbure :

Les racines mésiales obtenues ont subi la mesure du rayon de courbure et de l'angle de courbure selon la méthode suivante :

- Un cliché radiographique conventionnelle de face et de profil pour chaque canal a été effectué à l'aide d'un appareil de radiographie numérique KODAK.
- Les clichés radiographiques obtenues ont été scanné et les rayons de courbure ont été mesuré en utilisant le logiciel Adobe Photoshop CS3®.

## MATERIELS ET METHODES

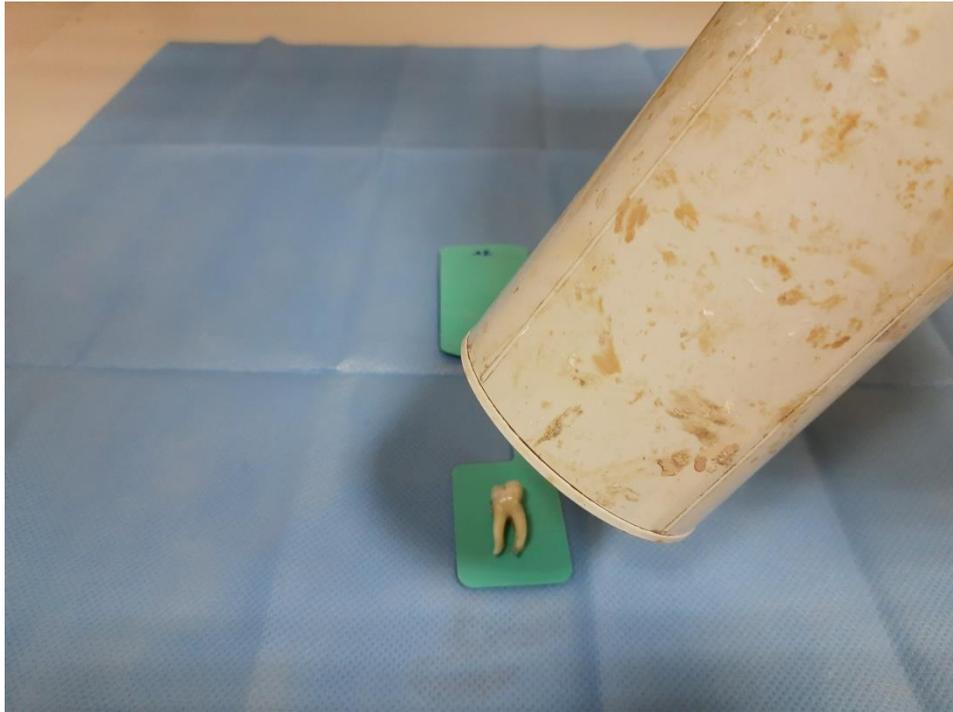


Figure 20 : Prise d'un radio rétro alvéolaire par incidence mésiale

Source : service OC/E CHU Tlemcen

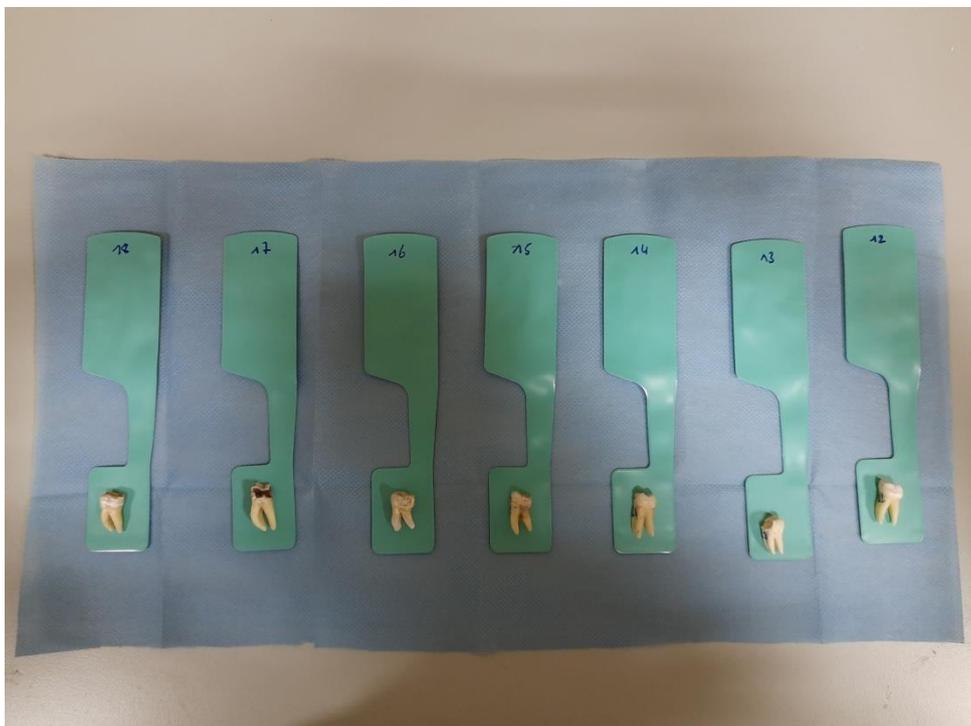


Figure 21 : La numérotation des clichés radiologiques rétro alvéolaire

Source : service OC/E CHU Tlemcen

# MATERIELS ET METHODES

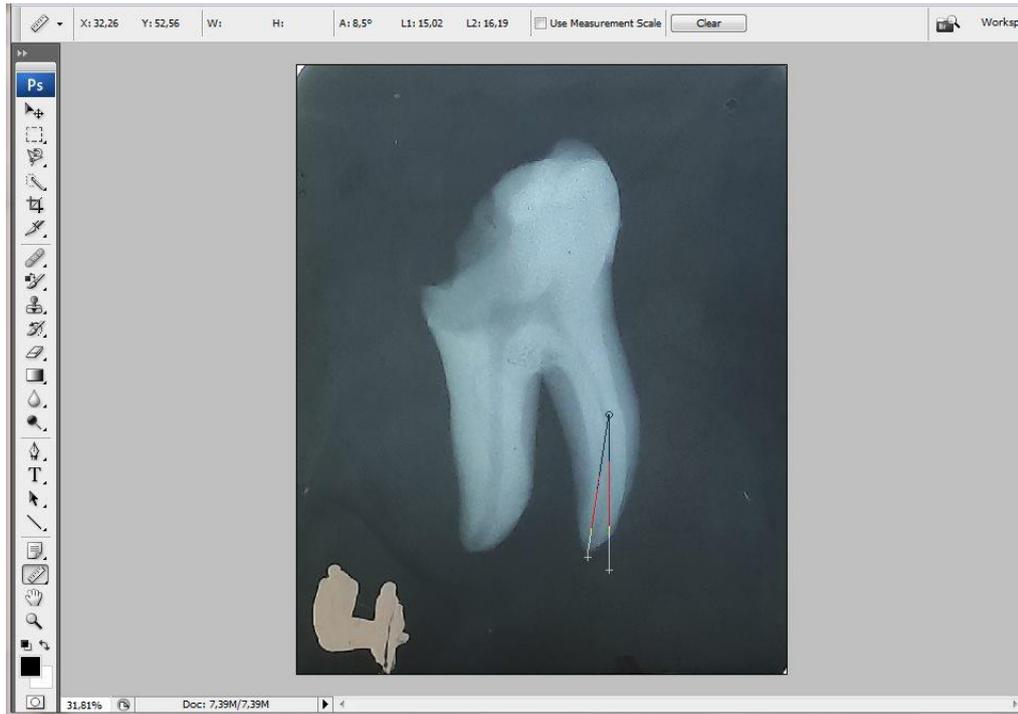


Figure 22: Mesure des rayons de courbure sur les clichés radiologiques en utilisant le logiciel Adobe Photoshop CS3® ( document personnel )



Figure 23: La numérotation des dents

Source : service OC/E CHU Tlemcen

# MATERIELS ET METHODES

Tableau 1: Angle de courbure des racines mésiales

Racines mésiales	Angle de courbure
1	22
2	23.5
3	21.7
4	8.5
5	21
6	17.2
7	20.9
8	15
9	31.4
10	26.4
11	10.3
12	30
13	28.9
14	18.1
15	20.8
16	28.8
17	15.2
18	27.6
19	21.2
20	14.2
21	18
22	16.6
23	18
24	14
25	21.4
26	17.7
27	21
28	23
29	37.4
30	10
31	19
32	25
33	18.5
34	21
35	24
36	20
37	16
38	11
39	17
40	15

## MATERIELS ET METHODES

A partir de tableau des angles de courbure des racines mésiales, on a trouvé que le degré moyen de courbure des canaux était de  $20,158 \pm 6,157$  avec un minimum de 8,5 et un maximum de 37,4. On résume ce caractère dans le tableau suivant :

**Tableau 2: Angle de courbure moyenne des canaux**

<b>Paramètres</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>	<b>Ecart-type</b>
<b>Angle de courbure</b>	20,158	8,5	37,4	6,157

### III.4.2.1.3 Critères d'inclusion :

- Racines des molaires mandibulaires permanentes extraites matures.
- Racines des molaires mandibulaires sans fracture.
- Racines des molaires mandibulaires n'ont pas subi des thérapeutiques endodontiques.
- Absence de calcification canalaire.
- Canaux mésiaux courbes entre  $15^\circ$  et  $25^\circ$ .

### III.4.2.1.4 Critères de non inclusion :

- Canaux lingo-mésiales.
- Canaux calcifiés.
- Canaux obturés.
- Canaux dont le rayon de courbure inférieur à  $15^\circ$  ou supérieur à  $25^\circ$ .

### III.4.2.1.5 Critères de jugement :

- 1- Quantité de débris extrudés.
- 2- Temps de mise en forme finale.
- 3- Accidents de parcours.

## MATERIELS ET METHODES

### III.4.2.2 Préparation des dents :

Trente (30) racines mésiales mandibulaires permanentes extraites matures ont été retenues dans notre étude correspondant à 60 canaux mésiaux et qui répondaient aux critères d'inclusion. Sur chaque racine les deux canaux ont été préparés.

Les racines mésiales sont numérotées de 1 à 30, ils ont été mis dans les tubes d'échantillon (tube de prélèvement de laboratoire vide) et numérotés. Ils ont ensuite été répartis de façon aléatoire en trois groupes égaux chaque groupe contient dix racines correspondant à 20 canaux :

- Le premier groupe **REC** est mis en forme par le Reciproc® R25.
- Le deuxième groupe **OS** est mis en forme par la lime One Shape®.
- Le troisième groupe témoin **T** est mis en forme manuellement à l'aide d'une séquence des limes K.

Ensuite, des cavités d'accès ont été réalisées sur chaque échantillon à l'aide d'une fraise boule montée sur turbine, sous irrigation à l'hypochlorite de sodium de 2.5% et l'EDTA à 17%.

Puis, le cathétérisme est réalisé à l'aide des limes manuels en acier inoxydable de la lime K N° 08 à la lime K N° 15 pour tous les échantillons.

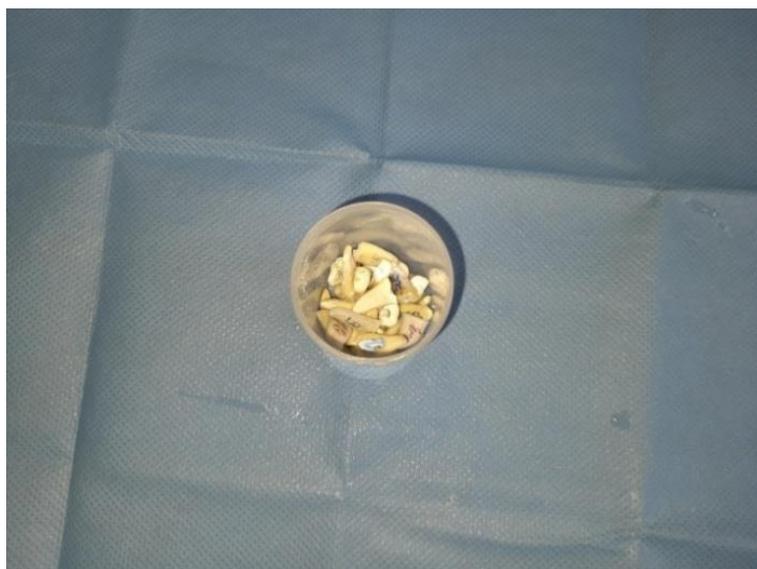


Figure 24: Les racines mésiales après la séparation

Source : service OC/E CHU Tlemcen



Figure 25: Fixation d'échantillon d'étude les tubes de prélèvement de laboratoire

Source : service OC/E CHU Tlemcen

### III.4.2.3 Irrigation pour les trois groupes :

#### ❖ L'hypochlorite de sodium :

L'hypochlorite de sodium est utilisé en endodontie depuis près de 90 ans, il a été introduit comme solution d'irrigation en 1919.

C'est la solution de choix en endodontie. Elle a une excellente activité antibactérienne à large spectre.

L'hypochlorite de sodium NaOCl était antiseptique à des concentrations variant de 0,5% à 5,25%. Seul l'hypochlorite de sodium a véritablement une action protéolytique et va permettre de dissoudre le tissu pulpaire. Il a une action dissolvante sur les tissus nécrosés et un pouvoir antiseptique largement démontré. Cependant, à lui seul, il n'a pas de pouvoir sur le contenu minéral et doit être complété par un déminéralisant. La quantité minimale d'irrigant est de 1 à 2 ml après chaque instrument (46).

Nous avons utilisé une solution à 2,5% dans le cadre de notre étude.

# MATERIELS ET METHODES

## ❖ Acide Ethylène Diamine Tétra Acétique : EDTA

L'EDTA est une solution d'irrigation utilisée pour ses propriétés chélatantes permettant l'élimination des boues dentinaires.

Les boues dentinaires ou « smear-layer » étant soluble dans les solutions acides, l'EDTA semble être une solution adéquate.

L'EDTA est utilisé à une concentration optimale de 17% en fin de préparation, lors du rinçage final.

Les auteurs préconisent une irrigation à l'hypochlorite de sodium lors de la préparation complétée d'une irrigation à l'EDTA et Hypochlorite en fin de préparation pour s'assurer de l'élimination complète de la smear-layer (46).

### III.4.2.4 Mise en forme canalaire :

La mise en forme canalaire de tous les échantillons a été réalisé par le même opérateur qui maîtrise la technique de l'utilisation de ces systèmes et qui est notre encadreur de thèse **D<sup>r</sup>.GUENDOZ. D.**

Les canaux sont ensuite mis en forme selon les protocoles suivant :

- **Préparation à l'aide du Reciproc® R25 :**
  - o Irrigation d'hypochlorite de sodium à 2,5% à l'entré canalaire.
  - o Passage de lime de cathétérisme (lime K N°15, précourbée).
  - o Phase 1 (3mouvements) l'instrument Reciproc® R25 est imbibé d'EDTA et introduit dans le canal animé de légers mouvements de picotage en va-et-vient vertical.
  - o Nettoyage de l'instrument avec compresse stérile imbibée d'hypochlorite de sodium.
  - o Irrigation canalaire d'hypochlorite de sodium à 2,5%.
  - o Vérification de perméabilité canalaire avec lime K N° 15.
  - o Phase 2 (3 mouvements) l'instrument Reciproc® R25 est imbibé d'EDTA et remis dans le canal plus apicalement et sans pression jusqu'à atteindre la longueur obtenue avec la lime K d'exploration canalaire.
  - o Nettoyage de l'instrument avec compresse stérile imbibée d'hypochlorite de sodium.

## MATERIELS ET METHODES

- o Renouveler l'irrigation canalaire d'hypochlorite de sodium à 2,5%.
- o Repasser la lime K N° 15 manuelle afin d'effectuer un repérage et un pré-élargissement du tiers apical.
- o Phase 3 (3 mouvements) le canal est ensuite mis en forme à l'aide du Reciproc® R1 imbibé d'EDTA jusqu'à l'apex.
- o Irrigation canalaire d'EDTA.
- o Perméabilité canalaire.
- o Irrigation canalaire d'hypochlorite de sodium à 2,5%.
- o Séchage.
  - **Préparation à l'aide du One Shape :**
- o Irrigation d'hypochlorite de sodium à 2,5% à l'entrée canalaire.
- o Passage de lime de cathétérisme (lime K N° 15, précurbée).
- o Phase 1 (3mouvements) l'instrument One Shape est imbibé d'EDTA et introduit dans le canal par des mouvements de va et vient vertical pour faire la mise en forme de 2/3 de LT.
- o Nettoyage de l'instrument avec compresse stérile imbibée d'hypochlorite de sodium.
- o Irrigation canalaire d'hypochlorite de sodium à 2,5%.
- o Vérification de perméabilité canalaire avec lime K N° 15.
- o Phase 2 (3 mouvements) l'instrument One Shape est imbibé d'EDTA et remis dans le canal plus apicalement et sans pression jusqu'à mise en forme de LT-3 mm.
- o Nettoyage de l'instrument avec compresse stérile imbibée d'hypochlorite de sodium.
- o Renouveler l'irrigation canalaire d'hypochlorite de sodium à 2,5%.
- o Repasser la lime K N° 15 manuelle.
- o Phase 3 (3 mouvements) le canal est ensuite mis en forme jusqu'à LT à l'aide d'instrument One Shape imbibé d'EDTA.
- o Irrigation canalaire d'EDTA.

## MATERIELS ET METHODES

- o Perméabilité canalaire.
- o Irrigation canalaire d'hypochlorite de sodium à 2,5%.
- o Séchage.



**Figure 26: Plateau technique du travail**

**Source : service OC/E CHU Tlemcen**

## MATERIELS ET METHODES

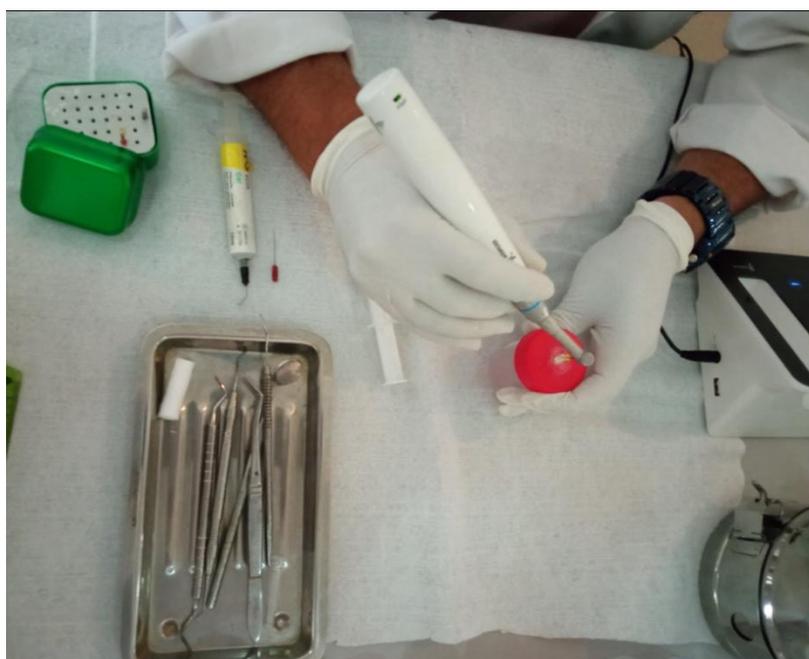


Figure 27: Préparation des canaux à l'aide des instruments mécanisés

Source : service OC/E CHU Tlemcen

### ➤ Méthode manuelle : Technique sérielle

1. Radiographie préopératoire.
2. Cavité d'accès endodontique.
3. Cathétérisme et détermination de la longueur du travail sous irrigation à l'hypochlorite de sodium à 2.5 % entre chaque passage d'instrument.
4. La sequence de base est la suivante avec irrigation renouvelée entre chaque passage instrumental :

Broche : N° 15      20      25 (à LT)      30 (LT -1)      35 (LT -2)  
                         ↓      ↓      ↓      ↓      ↓  
Lime K ou H : N° 15      20      25 (à LT)      30 (LT -1)      35 (LT -2)  
                         ↓      ↓      ↓      ↓      ↓

La lime K N°25 constituant la lime apicale maîtresse (LAM) ou lime apicale de référence (LAR) de WEINE: c'est le minimum de diamètre à atteindre à la LT .

## MATERIELS ET METHODES

### III.4.2.5 Evaluation de l'extrusion des débris :

Nous avons utilisé un protocole de pesée des débris inspiré de celui proposé par Myers GL et Montgomery S (1991).

Nous avons utilisé une balance électronique de précision au 0.001 de gramme (NEWACALOX).

Les échantillons sont pesés dans un premier temps (P1) avant la mise en forme canalaire.

Après la préparation des canaux, les échantillons sont à nouveau pesés (P2).

En calculant la différence entre le poids d'échantillon avant mise en forme canalaire (P1) et son poids après mise en forme canalaire (P2), on obtient la quantité de débris extrudés (PEF) :

$$P2-P1= PEF$$



Figure 28: La pesée des échantillons

Source : service OC/E CHU Tlemcen

### **III.4.2.6 Evaluation du temps de mise en forme :**

Le temps de mise en forme canalaire de chaque échantillon a été enregistré à l'aide d'un chronomètre sur portable. Seule le temps d'instrumentation est incriminé, c'est-à-dire lorsque l'instrument rentre dans le canal. Le temps d'irrigation et de nettoyage des spires des instruments ne sont pas inclus.

### **III.4.2.7 Le recueil des données :**

Le collecte des données a été réalisé dans un tableau Excel.

### **III.4.2.8 Analyse statistique :**

L'analyse statistique est réalisée à l'aide du logiciel Microsoft Office Excel.

# MATERIELS ET METHODES

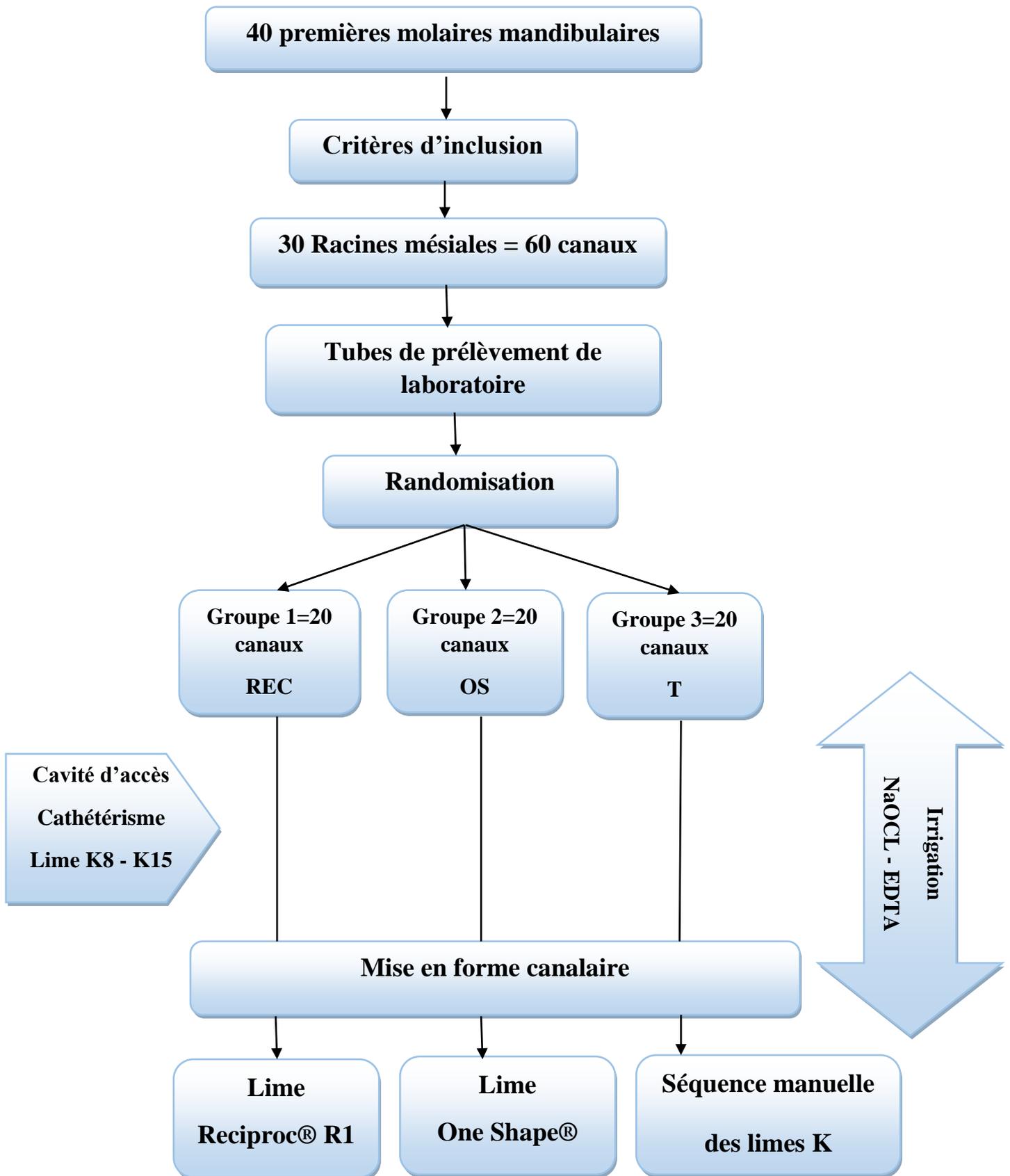
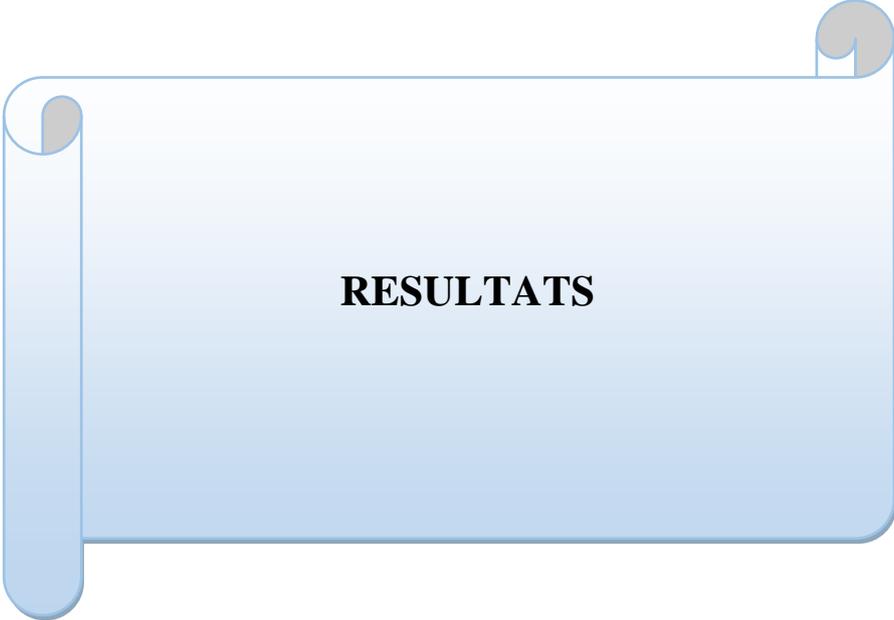


Figure 29: Diagramme de l'étude ( document personnel )



**RESULTATS**

# RESULTATS

## IV CHAPITRE 3 RESULTATS

### IV.1 Extrusion des débris :

Tableau 3: Les valeurs de pesée dans le groupe REC

Echantillons	P1	P2	PEF
1	11,069	11,12	0,051
2	9,643	9,682	0,039
3	12,158	12,17	0,012
4	10,076	10,089	0,013
5	12,271	12,315	0,044
6	10,647	11,739	1,092
7	10,952	11,386	0,434
8	10,827	10,835	0,008
9	12,139	12,212	0,073
10	10,418	10,5	0,082

Tableau 4: Les valeurs de pesée dans le groupe OS

Echantillons	P1	P2	PEF
11	10,739	10,821	0,082
12	10,533	10,604	0,071
13	12,054	12,105	0,051
14	10,606	10,615	0,009
15	10,836	10,841	0,005
16	10,655	10,686	0,031
17	10,644	10,664	0,02
18	12,017	10,034	0,017
19	10,734	10,778	0,044
20	11,997	11,998	0,001

## RESULTATS

Tableau 5: Les valeurs de pesée dans le groupe T

Echantillons	P1	P2	PEF
21	10,91	10,918	0,008
22	10,425	10,454	0,029
23	10,734	10,755	0,021
24	10,46	10,464	0,004
25	10,019	10,025	0,006
26	10,687	10,7	0,013
27	10,405	10,406	0,001
28	12,163	12,173	0,01
29	10,759	10,788	0,029
30	10,502	10,516	0,014

Tableau 6: La moyenne de poids avant et après la préparation PEF

	REC	OS	T
La moyenne de poids avant et après la préparation PEF	0,185	0,033	0,014
Ecart-Type	0,343	0,028	0,01

Après la mise en forme canalaire de chaque groupe, on a obtenu une quantité plus importante de débris extrudés apicalement dans le groupe Reciproc® (REC) avec une moyenne de  $0,185 \pm 0,343$ .

La moyenne des débris extrudés dans le groupe One Shape® (OS) est de  $0,033 \pm 0,028$ .

Le groupe témoin (T) extrude moins des débris avec une moyenne de  $0,014 \pm 0,01$ .

# RESULTATS

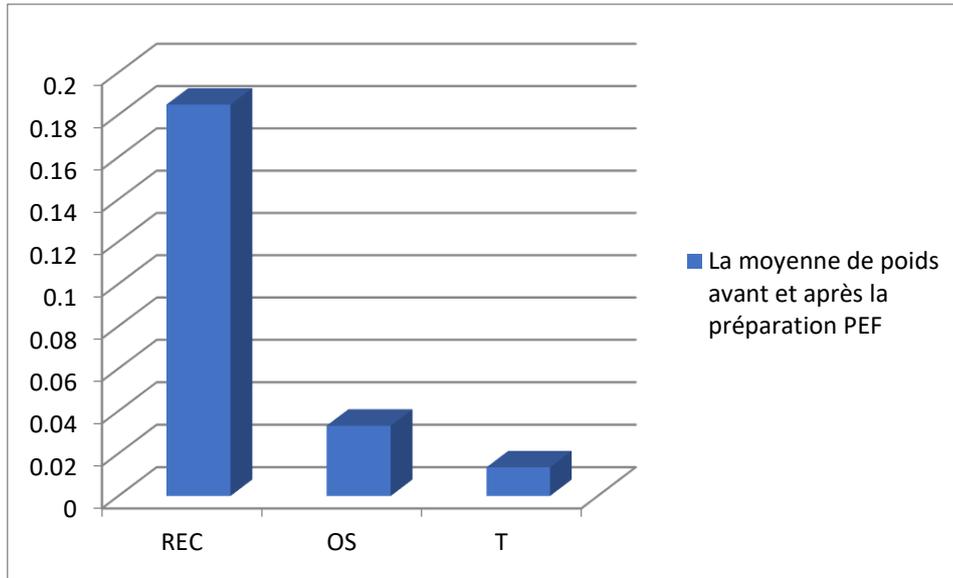


Figure 30: Histogramme représente la moyenne de poids avant et après la préparation PEF

## IV.2 Temps de mise en forme :

Tableau 7: Le temps de mise en forme dans le groupe REC

Echantillons	Temps de mise en forme (s)
1	34,68
2	31,91
3	24,18
4	30,08
5	33,33
6	23,86
7	38,96
8	32,43
9	24,38
10	28,61

# RESULTATS

**Tableau 8: Le temps de mise en forme dans le groupe OS**

<b>Echantillons</b>	<b>Temps de mise en forme (s)</b>
11	28,06
12	33,04
13	25,43
14	21,06
15	18,78
16	13,56
17	19,73
18	30,05
19	23,25
20	21,12

**Tableau 9: Le temps de mise en forme dans le groupe T**

<b>Echantillons</b>	<b>Temps de mise en forme (s)</b>
21	244,73
22	238,45
23	247,4
24	255,85
25	248,43
26	255,76
27	250,02
28	271,83
29	260,15
30	198,78

# RESULTATS

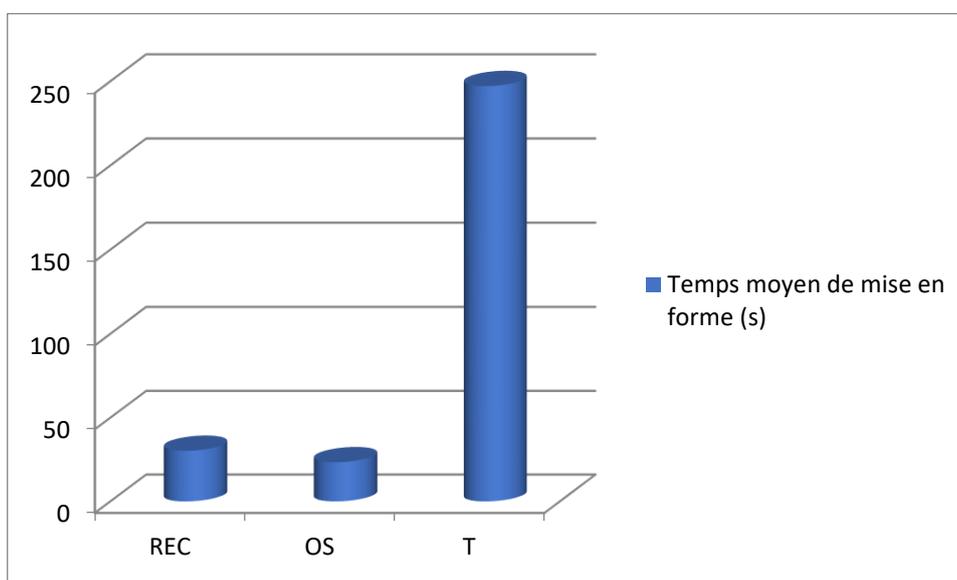
**Tableau 10: Le temps moyen de mise en forme**

	<b>REC</b>	<b>OS</b>	<b>T</b>
<b>Le temps moyen de mise en forme (s)</b>	30,242	23,408	247,14
<b>Ecart-type</b>	5,026	5,825	19,319

L'évaluation de temps de préparation par échantillon a donné un temps de mise en forme plus long dans le groupe témoin (T) avec une moyenne en secondes de  $247,14 \pm 19,319$ .

Le groupe Reciproc® (REC) a une moyenne de temps de mise en forme de  $30,242 \pm 5,026$  secondes.

Le temps moyen de mise en forme dans le groupe One Shape® (OS) est de  $23,408 \pm 5,825$  secondes.



**Figure 31 : Histogramme représente le temps moyen de mise en forme (s)**

## IV.3 Accidents de parcours :

Tableau 11: Les accidents de parcours

	<b>REC</b>	<b>OS</b>	<b>T</b>
<b>La moyenne des accidents de parcours</b>	0	0	0
<b>Ecart-Type</b>	0	0	0

Aucun instrument n'a été fracturé dans les trois groupes ( REC , OS et T ) de même aucun cas de butée ou de perforation n'a été constaté lors de la mise en forme de tous les canaux.



**DISCUSSION**

## V CHAPITRE 4 : DISCUSSION

### V.1 Introduction :

La mise en forme canalaire connaît depuis plusieurs décennies des évolutions marquantes avec notamment l'arrivée des alliages à mémoire de forme en Nickel-Titane dont le comportement particulier rend les instruments plus flexibles que les générations précédentes en acier inoxydable. Aujourd'hui, les évolutions des alliages et du profil des instruments ont permis l'apparition de mono-instruments à usage unique qui permettent d'effectuer le travail d'une séquence entière avec un seul instrument.

Notre étude a permis de faire une comparaison entre deux systèmes mono instrumentales de préparation canalaire dont l'objectif principal est d'étudier la quantité d'extrusion des débris dentinaires (smear layer) en ex vivo ; après avoir instrumentalisé des canaux courbes et l'objectif secondaire est d'analyser la capacité des deux systèmes étudiés à maintenir la trajectoire canalaire et d'étudier le temps réel imparti à chaque système.

### V.2 Discussion du protocole :

Nous avons utilisé un échantillonnage sur des dents extraites dont la valeur est réelle et non pas sur simulateur en résine. Le choix des dents naturelles est celui qui se rapproche le plus de la réalité clinique et permet la comparaison du canal pré et post opératoire selon un groupe très déterminé. Par ailleurs il existe un autre modèle expérimental permet d'étudier la mise en forme canalaire en utilisant des simulateurs en résine (70). Ce dernier présente l'intérêt d'une standardisation du diamètre, de la longueur et de l'angle de courbure du canal. Toutefois, dans cette étude des dents humaines ont été utilisées pour représenter les conditions cliniques. Nous avons choisi des racines mésiales des premières molaires mandibulaires permanentes à deux canaux. Ce choix nous a permis d'étudier les différences anatomiques éventuelles entre les dents traitées. En effet l'anatomie des dents pluriradiculées est beaucoup plus compliquée que celles des dents monoradiculées, les courbures sont plus fréquentes et plus prononcées, les canaux sont souvent moins larges et les calcifications plus fréquentes (71).

# DISCUSSION

Dans notre étude nous avons traité 30 racines mésiales de première molaire mandibulaire qui est équivalent à 60 canaux mais ça reste toujours trop faible. Les résultats sont donc difficilement transposables à grande échelle.

Nous avons utilisé nos moyens personnels: les fraises, le moteur, les limes, la balance électronique, les tubes sauf les clichés radiographiques et la turbine qui sont des moyens du service d'odontologie conservatrice endodontie.

## V.3 Discussion des résultats :

### V.3.1 Extrusion des débris :

De nombreux facteurs peuvent affecter la quantité de débris extrudés à l'apex lors de la mise en forme canalaire tels que :

- les techniques d'instrumentation.
- Le type d'instrument utilisé.
- La séquence opératoire.
- La compétence de l'opérateur.
- La technique et la solution d'irrigation.

L'objectif de cette étude en ex-vivo était d'évaluer et de quantifier l'extrusion apicale des débris lors de la mise en forme canalaire avec deux systèmes mono instrumentale de dynamique différente.

Le choix de notre échantillon est porté sur des canaux mésiaux des molaires mandibulaires qui ont été radiographiées en pré opératoire afin d'être certain qu'elles possédaient deux canaux, sans courbure importante ni calcification.

Dans des études précédentes Myers et Montgomery (72) ont utilisé des incisives latérales et des prémolaires mandibulaires à un canal, Ferraz et al (73) ont utilisé des incisives centrales et latérales maxillaires et mandibulaires avec un seul canal et Reddy et Hicks (74) ont utilisé des prémolaires mandibulaires à un canal.

Nous avons dans cette étude, suivi le protocole donné par Myers et Montgomery (1991) en utilisé des tubes tubes de prélèvement de laboratoire en plastique (72).

Le principal problème de ce protocole est que les conditions cliniques réelles comme la présence des tissus péri-apicaux ne peuvent être que difficilement imitées. La pression du

## DISCUSSION

ligament desmosontal qui représente une barrière naturelle à l'extrusion des débris ne peut pas être simulée.

Dans certaines études, une couche de vernis a été appliquée sur toute la partie externe de la racine de la dent avant de réaliser le traitement (75). Cette couche permettrait d'éviter la fuite de solution d'irrigation ou de débris par d'éventuels canaux latéraux et/ou accessoires et non plus seulement par l'apex. Dans notre étude nous n'avons pas appliqué cette couche de vernis. Il nous a semblé que si des débris sont extrudés par ces voies, nous devrions aussi les prendre en compte.

Une étude réalisée par Mittal et coll. (2015) sur 42 prémolaires mandibulaires extraites a analysé la quantité de débris extrudés avec différents systèmes de mise en forme canalaire. Les dents ont été séparées en quatre groupes : trois groupes de 12 dents infectées à l'aide de souches d'*Enterococcus faecalis* et un groupe témoin de six dents non infectées. Un des groupes inoculés a été traité endodontiquement à l'aide de limes manuelles, un autre à l'aide du système Protaper® (système pluri-instrumental) et le dernier à l'aide de l'instrument unique One Shape®, toujours selon les recommandations des différents fabricants. Les résultats de colonies bactériennes extrudées par millilitre ont ensuite été analysés. Les auteurs ont montré que le fait d'avoir recours à une mise en forme canalaire de manière manuelle provoquait une extrusion apicale de débris et de bactéries plus importante que l'utilisation de limes mécanisées. De même, l'utilisation de la séquence pluri instrumentale Protaper® extrudait quantitativement plus de débris et de bactéries à l'apex que la mise en forme canalaire à l'aide de l'instrument unique One Shape® (76).

Une autre étude, réalisée par Burklein et coll. (2013) a montré que le Reciproc® provoquait plus d'extrusion de débris apicaux que le F360®, le One Shape® et le Mtwo® (séquence pluri instrumentale). Cette étude doit être complétée par des études cliniques, mais ce résultat proviendrait du fait que le Reciproc® utilise un mouvement alternatif, et non du fait que ce soit un instrument unique (77).

Ustun et coll. (2014) ont pour leur part réalisé une étude en traitant endodontiquement 45 dents (prémolaires mandibulaires) à l'aide des instruments endodontiques ProTaper®, Wave One® Gold et Twisted File®. Les débris apicaux qui en résultaient ont été pesés et incubés à 70°C pendant cinq jours. Les auteurs ont conclu que toutes les techniques de mise en forme canalaire provoquaient une extrusion de débris apicaux, mais que parmi ces instruments, l'extrusion est significativement moindre pour le Wave One® Gold que pour

## DISCUSSION

le ProTaper® Next et le Twisted File®. Ici, les instruments de réciprocité provoquaient moins d'extrusion de débris apicaux que les séquences pluri instrumentales, résultats en corrélation avec l'étude de Mittal et coll. (2015) Le choix de la solution d'irrigation peut modifier la quantité de débris extrudés évaluée (78).

L'utilisation de solution utilisée habituellement lors du traitement endodontique, comme l'hypochlorite de sodium (NaOCl), semble plus logique et reflète au mieux les conditions cliniques.

L'utilisation de l'hypochlorite de sodium peut entraîner des erreurs de mesure du à la possibilité de cristallisation de la solution d'hypochlorite (Tanalp et Gungor, 2014) (79).

Par ailleurs le poids des débris extrudés peut être modifié à cause de l'hydratation due à l'humidité de l'air ambiant. C'est pourquoi de nombreux auteurs utilisent le processus de lyophilisation (Tanalp et al 2006) (80).

L'élimination de la boue dentinaire se fait au moyen d'agent chélatants déminéralisant appliqués après la mise en forme .Le plus utilisé à ce jour est l'EDTA en solution (7% à 17% pour un temps d'action moyen d'une minute), mais celui-ci peut être substitué par de l'acide citrique à 10%. Une fois les parois canalaire débarrassées de cet enduit pariétal, un agent antiseptique (NaOCL ou chlorexidine) pourra alors être utilisé en rinçage final en association avec des moyens d'agitation avant de procéder à l'obturation canalaire.

Notre étude a montré que le One Shape® qui est un instrument unique utilisé en rotation continue provoque une extrusion de débris de l'apex moins importante que le Reciproc® qui est un instrument unique utilisé en réciprocité, sans pour autant être statistiquement significatifs. Ces résultats sont en accord avec ceux d'autres études.

Notre étude ne permet pas de préciser si la dynamique instrumentale ou le design de la lime qui limite l'extrusion des débris lors de la préparation mécanisée. Cependant plusieurs études munies par Burklein et Schafer (2012) (81) ont montré que l'utilisation d'une séquence instrumentale entraînait moins d'extrusion de débris que l'utilisation d'un instrument unique réciproque. Leur étude comparait les instruments Reciproc (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, SUISSE) et Wave-one (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, SUISSE).

Une seconde étude permet que c'est probablement la cinématique de la réciprocité qui favorise plus d'extrusion de débris apicaux que le design particulier de la lime de One

## DISCUSSION

Shape® utilisé en rotation continue permet de limiter encore plus d'extrusion, Burklein et Schafer (2012) (81).

De nombreuses études soulignent que cette dynamique de réciprocité augmente en plus la formation et l'accumulation des débris de smear layer (82, 83)

**En conclusion, selon notre étude et la littérature le One Shape® limite l'extrusion des débris apicale tout en assurant la même qualité de nettoyage que le Reciproc®.**

**Le mouvement de réciprocité semble projeter autant voir plus de débris en péri-apex que la rotation continue à cause de son effet piston par son mouvement de picotage.**

### V.3.2 Temps de mise en forme :

Le temps enregistré inclus la phase d'instrumentation uniquement mais le temps nécessaire pour changer les instruments sur le moteur, pour le nettoyage des spires des instruments et pour l'irrigation ne sont pas inclus.

Dans la littérature scientifique, le temps de préparation est mesuré en prenant en compte le temps actif d'instrumentation, le temps de changement d'instrumentation, le nettoyage des spires de l'instrument et l'irrigation.

Il faut garder à l'esprit que l'instrumentation réalise la mise en forme et que l'irrigation nettoie et désinfecte le canal. Ainsi, le temps gagné lors de la mise en forme doit être mis au profit d'une irrigation abondante et régulière. Le temps de préparation dépend de la technique opératoire, du nombre d'instruments utilisés, de l'anatomie canalaire et de l'expérience d'opérateur.

La rapidité d'exécution de l'acte endodontique, du point de vue de la réduction du nombre d'instruments, est un critère non négligeable puisque cela permet au praticien d'accorder un temps supplémentaire à l'irrigation et donc d'arriver à un meilleur débridement chimique du système canalaire. Le temps de préparation dépend entre autres de la technique, du nombre d'instruments utilisés, de l'expérience de l'opérateur (Hülsmann et al., 2005) (84).

Saleh et al. (2015) observent qu'One Shape® (58,4 s) et Reciproc® (64,2 s) préparent significativement plus rapidement les canaux en forme de « S » que Wave One ® (72,4 s) et F4® (72,7 s). Ils concluent que tous les systèmes sont capables de préparer les canaux relativement vite (85).

## DISCUSSION

Le consensus actuel sur le temps d'irrigation est que celui-ci dure au moins 20 minutes pour éliminer un maximum de bactéries. Bukiet F. met en avant l'optimisation de la qualité du traitement endodontique avec un temps d'irrigation plus important avec les nouveaux systèmes mono instrumentaux (figure n°31).

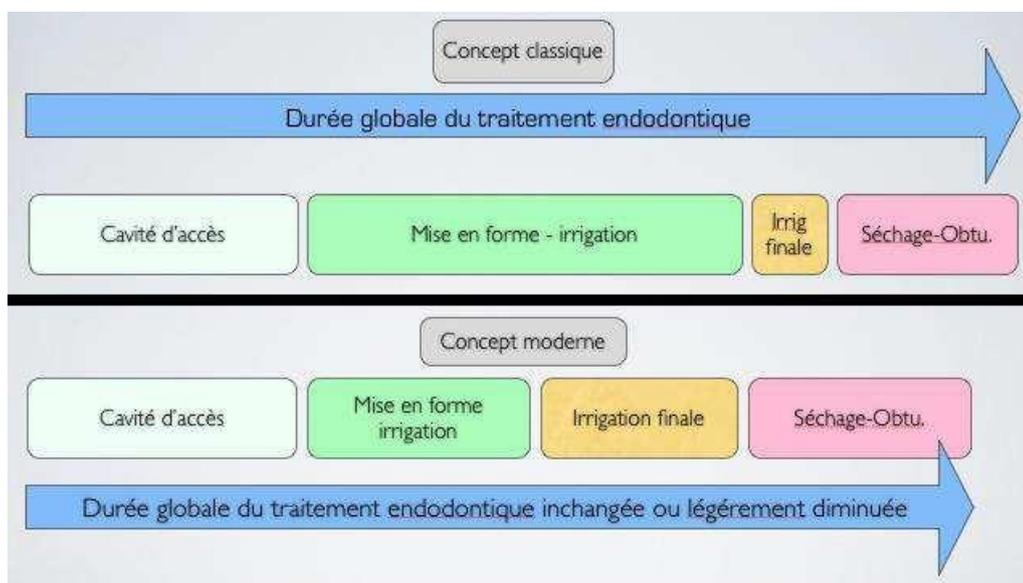


Figure 32 : Concept moderne, caractérisé par les systèmes à instrument unique, permet d'optimiser le temps d'irrigation finale et ainsi la qualité du traitement endodontique (document Dr Bukiet F. MCU-PH, Marseille).

De plus, l'étude de Dagna (2012) a montré que l'utilisation d'instruments uniques (en rotation continue, ou en mouvement de réciprocity), dans le cadre d'un respect du temps dédié à l'irrigation canalaire, permet une désinfection canalaire aussi efficace qu'avec des séquences pluri-instrumentales. Ainsi, si les protocoles sont respectés, l'utilisation de limes uniques permettent une mise en forme aussi efficace et plus rapide qu'avec des instruments conventionnels ; ce temps doit être rendu à l'irrigation canalaire et ne doit pas être en deçà de 20 minutes (86).

Bürklein et al. (2013, 2014a, 2014b) dans leur première étude, ont observé que F4® (140 s) est significativement plus rapide que Mtwo® (199 s) en réduisant de 30 % le temps de préparation canalaire. Cependant, il est moins rapide que Reciproc® (75,5 s) et One Shape® (80,7 s) qui réduisent respectivement ce temps de 62 % et 59 %. Dans leur seconde étude, ils ont constaté de manière significative que F4® était plus rapide que les autres systèmes dans l'ordre suivant : F4® (69,5s), One Shape® (89,6 s), Wave One® (106 s), Reciproc® (121,7 s), HyFlex™ CM (186 s). Dans leur dernière étude, ils ont remarqué

## DISCUSSION

que la préparation canalaire avec les trois instruments uniques Reciproc® (45,1 s), One Shape® (43,2 s), F4® (42,9 s) est significativement plus rapide qu'avec la séquence pluri instrumentale Mtwo® (109,3 s) et qu'il n'existe aucune différence significative entre les trois instruments uniques (87).

Rubio et al. (2015) constatent que F4® est le plus rapide (27 s) (seul instrument unique) et HyFlex™ le plus lent (60 s) (88).

Ehsani et al. (2016) s'aperçoivent que la préparation avec ProTaper® Universal est moins rapide (88,6 s) et que les systèmes Reciproc® (42,9 s), One Shape® (39,7 s) et F4® (32,7 s) requièrent significativement moins de temps (89).

En ce qui concerne la rapidité d'exécution de la mise en forme canalaire, il apparaît évident que les instruments à usage unique, que ce soit en rotation continue ou en réciprocité, sont plus rapides que les séquences pluri instrumentales (Bürklein et al., 2013, 2014a, 2014b, 2017 ; Rubio et al., 2015 ; Ehsani et al., 2016).

Les résultats chronométrés sont néanmoins disparates, par conséquent la différence de rapidité d'exécution est difficile à établir entre les instruments uniques en rotation continue et en réciprocité. Cependant, le temps d'exécution moindre par l'utilisation d'un instrument à usage unique permet d'accorder une importance primordiale à l'irrigation.

**En conclusion, il apparaît que la préparation canalaire est plus rapide avec l'utilisation d'instrumentation unique que se soit en rotation continue ou en réciprocité par rapport à une séquence d'instruments.**

**Cependant, l'utilisation de la réciprocité ne semble pas plus rapide que la rotation continue lors de la préparation canalaire à un seul instrument.**

### V.3.3 Accidents de parcours :

Le principal inconvénient des instruments en Ni-Ti est le risque élevé de fracture intra canalaire durant la mise en forme, ce qui est particulièrement vrai dans les courbures sévères. Lorsque les contraintes sont trop fortes ou trop répétées, l'instrument risque de se fracturer, selon deux modes:

- Fracture en torsion, lorsque la pointe de l'instrument se bloque mais que la partie supérieure continue de tourner, la limite élastique est atteinte.

## DISCUSSION

- Fracture par fatigue cyclique, par alternance de compression / tension qui propagent des micro-fractures à chaque cycle jusqu'à rupture instrumentale.

Les recherches se concentrent sur différents paramètres pour améliorer la résistance des instruments à la fracture pour mettre en évidence s'il existe ou non des différences de résistance entre les systèmes proposés :

- Type d'alliage utilisé et traitement thermomécanique.
- Modification de l'état de surface.
- Conception de l'instrument par usinage ou torsion.
- Design de l'instrument.
- Dynamique d'utilisation.

Pirani et coll. (2014) ont réalisé des mises en forme canalaire sur dents extraites à l'aide des instruments uniques Wave One® Gold et Reciproc®, en utilisant trois fois chaque instrument (conventionnellement à un usage unique pour une molaire). Ils ont comparé leurs états de surface à l'aide de logiciels informatiques avant et après utilisation.

Aucun des instruments utilisés ne montrait de dés spiralisation, distorsion ou fracture.

Toutefois, ces instruments étant à usage unique, il n'est pas recommandé de les utiliser plusieurs fois (90).

De plus, Rubio et al. (2019) observent une résistance accrue à la fatigue pour les instruments ayant été conçus par traitement thermique et pour les instruments utilisés en réciprocité par rapport à ceux utilisés en rotation continue. Les températures de transition des alliages Ni-Ti ajustées par traitement thermique affectent la résistance à la fatigue. Le mouvement de rotation alternée contribue à diminuer le nombre de cycles de tension / compression par rapport au mouvement de rotation continue (91).

Pirani et coll. (2014) ont dans leur étude, comparé l'état de surface d'un instrument unique (F360®) à ceux de séquences pluri instrumentales (iRaCe®, ProTaper Next® et HyFlex®) après mise en forme canalaire de 29 canaux in vivo par le même opérateur et selon un même protocole. Aucune différence significative n'a été mise en évidence et tous ces instruments présentaient la même sécurité d'utilisation si toutes les précautions étaient prises et les recommandations des fabricants respectées (90).

## DISCUSSION

L'utilisation de l'alliage Ni-Ti M-Wire pour certains instruments uniques couplée à un mouvement réciproque réduit le stress subit par les instruments endo-canalaire, et donc réduit la fatigue cyclique liée à la répétition des cycles de tension / compression. La résultante est une diminution du risque de fracture par fatigue cyclique de ces instruments uniques.

Dans leurs études Plotino et coll. (2015) ont analysé la résistance à la fatigue cyclique de deux instruments : Wave One® Gold et Reciproc®. Ces instruments ont été utilisés dans des blocs en résine jusqu'à leur rupture. Afin de limiter les paramètres qui interviennent dans les résultats de cette étude ces deux instruments ont été sélectionnés selon le même diamètre (25/100 e de mm) et le même alliage (Ni-Ti M-Wire). La conicité du Reciproc® utilisé pour cette étude est de 8%, celle du Wave One® Gold de 7%. Ainsi, nous pouvons dire que si l'utilisation des instruments uniques Reciproc® et Wave One® Gold respecte les recommandations, ces instruments connaissent très peu de déformations et de fractures instrumentales et sont donc sûrs, sans différence significative entre ces deux instruments (92).

Saleh et coll. (2014) ont étudié la préparation de canaux en « S » sur des blocs en résine à l'aide d'instruments uniques One Shape®, Wave One® Gold, F360® et Reciproc®, dans les mêmes conditions expérimentales. Aucune fracture instrumentale n'a été mise en évidence. Chaque système semble alors sûr à utiliser, du moment que l'on respecte le protocole du fabricant (85).

Enfin, Saber et coll. (2014) ont analysé la préparation endodontique de soixante quatre molaires mandibulaires à l'aide d'instruments uniques Wave One® Gold, Reciproc® et One Shape®. Il s'est avéré qu'après traitements endodontiques, seuls les instruments One Shape® ont montrés des déformations après la préparation de quatre canaux et qu'aucun instrument ne s'était fracturé. Le mouvement de réciprocity et l'alliage M-Wire rendraient alors les instruments Wave One® et Reciproc® plus résistants que le One Shape® (93).

**En conclusion, il apparait que le mouvement de réciprocity confère aux instruments une meilleure résistance à la fracture grâce au mouvement de désengagement qui réduit les forces de compression. De plus l'alliage M-WIRE dont sont composés les instruments de réciprocity et de rotation continue apporte un réel avantage grâce au flexibilité.**



**CONCLUSION ET PERSPECTIVES**

## VI CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le traitement endodontique a pour objectif de traiter les pathologies irréversibles de la pulpe dentaire (pulpites et nécroses) pouvant éventuellement entraîner des pathologies périapicales. Ainsi, s'il est conduit selon les règles strictes d'asepsie et de méthodologie, le traitement endodontique permettra la transformation d'une dent pathologique en une dent fonctionnelle, asymptomatique.

La mise en forme canalaire est une des étapes importante du traitement endodontique, permettant entre autres, d'éliminer le contenu canalaire et d'assainir le réseau canalaire sans contaminer l'espace périapical.

Le but principal de notre étude a été d'évaluer les risques d'extrusion de débris endocanalaire dans le periapex lorsque les canaux étaient mis en forme avec différentes dynamiques instrumentales ; et secondairement d'évaluer qualitativement la mise en forme endodontique et d'apprécier la qualité de la désinfection canalaire en quantifiant les débris canalaire et la Smear layer.

L'utilisation des instruments uniques, que ce soit en rotation continue ou en réciprocité, simplifie le protocole opératoire et permet une meilleure ergonomie en évitant les changements d'instruments sur le contre angle.

Les préparations canalaires réalisées avec un instrument unique sont équivalentes à celles réalisées avec une séquence d'instruments. Ainsi, l'utilisation d'un seul instrument n'altère pas la qualité de la préparation et donc la qualité de l'obturation par la suite. Ces instruments étant à usage unique, tout risque d'infection croisée est donc évité.

De plus, le mouvement de réciprocité permet une nette diminution du risque de fracture instrumentale lors du traitement endodontique grâce au mouvement de désengagement qui réduit de façon importante les forces sur l'instrument. Cette résistance à la fracture est également due à l'alliage M-WIRE qui présente une meilleure flexibilité que l'alliage Ni-Ti conventionnel. Cependant, le taux de fracture dépend également de l'opérateur et de sa façon de manier l'instrument. En effet, tout instrument ne doit jamais être statique dans un canal mais doit toujours avoir un mouvement de brossage ou de picotage.

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La littérature a montré de nombreux avantages accordés à l'instrumentation unique comme de meilleures propriétés de centrage des instruments uniques lors de leur utilisation en réciprocity (Wave One® et Reciproc®), ou encore de nombreux avantages ergonomiques. Par ailleurs, si la durée nécessaire à la mise en forme canalaire est réduite, le praticien peut alors se concentrer sur l'irrigation canalaire. Les études montrent aussi que le développement de certains alliages (Ni-Ti Gold, Ni-Ti M-Wire par exemple) a permis à l'instrumentation unique d'obtenir de meilleures propriétés, notamment une meilleure résistance à la fatigue cyclique (Burkleinet coll., 2013 ; Shen et coll., 2011 ; Gao et coll., 2012).

Concernant l'extrusion de débris apicaux, l'avantage est aux instruments uniques en rotation continue, suivi des instruments uniques en réciprocity et enfin des séquences pluri instrumentales, (Burkleinet coll., 2015 ; Mittal et coll., 2015 ; Ustunet coll., 2014 ; Turkeret coll., 2015).

Nous pouvons ainsi conclure que l'instrumentation unique est une réelle simplification de l'étape de mise en forme canalaire, car elle évite la multiplication du nombre d'instruments à utiliser. De plus, ces instruments étant à usage unique, cela simplifie la gestion du stock au cabinet dentaire, et évite leur stérilisation.

Il est essentiel que chaque praticien appréhende chaque cas avec l'instrumentation avec laquelle il obtient les meilleurs résultats, mais également avec laquelle il est le plus habitué à travailler, la clef de la réussite se situant dans le respect des protocoles de chaque fabricant.

Les systèmes à instrument unique, qui ont récemment complété le panel d'instruments endodontiques, séduisent forcément par leur concept, promettant un protocole plus simple, sûr et rapide lors des traitements endodontiques.

Nous avons dans cette étude comparé in vitro l'aptitude à préparer les canaux de deux systèmes mono instrumentales à usage unique, un du fabricant Micro Mega® le One Shape et l'autre du fabricant VDW Dentsply, aux design apicaux différents.

L'utilisation d'une lime unique de mise en forme canalaire, utilisée selon un mouvement de réciprocity présente quelques avantages. Le désengagement constant de l'instrument des

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

parois dentinaires permet d'éviter de trop fortes contraintes en torsion, diminuant ainsi le risque de fracture.

L'anatomie canalaire est bien respectée par les instruments de réciprocité notamment grâce à l'alliage M-WIRE qui présente une grande flexibilité.

Tout instrument endodontique manuel ou mécanique, qu'il soit associé à un mouvement de rotation continue ou de réciprocité, expulse des débris dans le péri apex. Il n'y a pas de différence significative entre les deux types de système de rotation. L'expulsion de débris dans le péri apex reste néanmoins pluri factorielle.

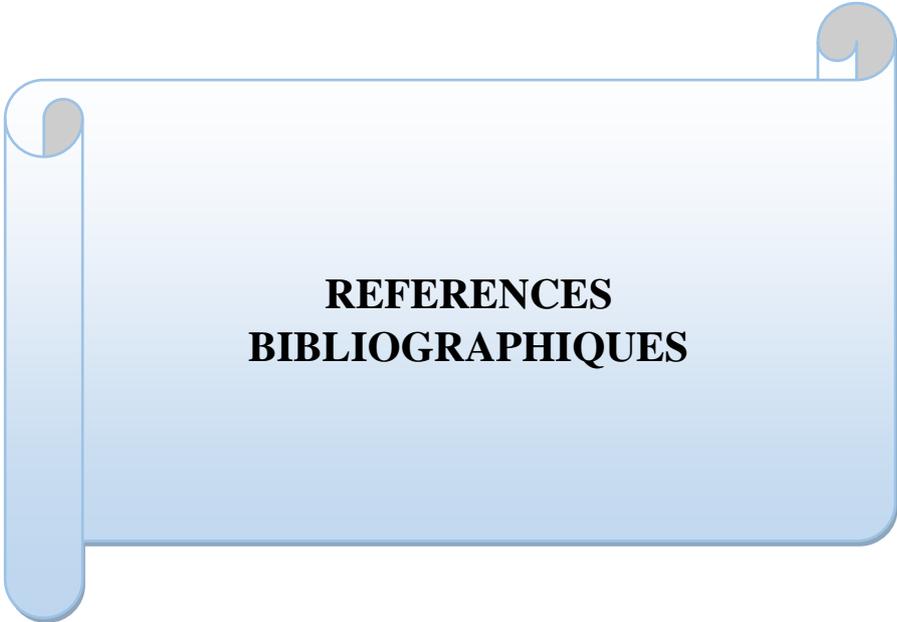
De plus, la simplification du protocole opératoire par l'utilisation d'une seule lime permet également de dégager le temps nécessaire à l'application de techniques d'irrigation efficace pour la désinfection canalaire.

Ainsi, ces systèmes de mise en forme canalaire semblent donc répondre correctement aux principes mécaniques et biologiques nécessaires au succès thérapeutique des traitements endodontiques.

Cependant, malgré le gain économique imputable à l'absence de stérilisation et à l'instrumentation unique, ces instruments à usage unique présentent un coût d'utilisation au quotidien très important. Le coût initial de la séquence instrumentale ou de l'instrument unique sera donc un critère économique important pour leur choix par le chirurgien dentiste. De ce fait, il serait intéressant de réaliser une étude plus générale sur l'utilisation de ces instruments en incluant un échantillon large de cabinets dentaires, ceci afin d'observer si ces coûts d'achat et d'utilisation impactent le choix de la séquence ou de l'instrument unique et constituent un critère important quant à l'utilisation de tels instruments.

Cette étude ouvre des perspectives d'analyses intéressantes en endodontie :

- Au niveau industriel pour valider in vitro le respect de l'anatomie canalaire par les instruments de mise en forme avant leur lancement sur le marché.
- Au niveau pédagogique pour expliquer les effets de l'instrumentation mécanisée sur le réseau endodontique complexe.



**REFERENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**

### VII REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. González Sánchez J, Duran-Sindreu F, De Noe S, Mercadé M, Roig M. Centring ability and apical transportation after overinstrumentation with ProTaper Universal and ProFile Vortex instruments. *International endodontic journal*. 2012;45(6):542-51.
2. Yared G. Canal preparation using only one Ni-Ti rotary instrument: preliminary observations. *International endodontic journal*. 2008;41(4):339-44.
3. Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am*. 1974;18:269-96.
4. Al-Hadlaq SM, AlJarbou FA, AlThumairy RI. Evaluation of cyclic flexural fatigue of M-wire nickel-titanium rotary instruments. *Journal of endodontics*. 2010;36(2):305-7.
5. Torabinejad M, Walton RE, Fouad A, Lévy G, SCOTT J. *Endodontie: principes et pratique*: Elsevier Health Sciences; 2016.
6. Imura N, Otani S, Campos M, Jardim Jr E, Zuolo M. Bacterial penetration through temporary restorative materials in root-canal-treated teeth in vitro. *International Endodontic Journal*. 1997;30(6):381-5.
7. Malueg LA, Wilcox LR, Johnson W. Examination of external apical root resorption with scanning electron microscopy. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 1996;82(1):89-93.
8. Bon M. *Mise en forme canalaire: rotation continue versus réciprocity* 2016.
9. Simon S, Pierre Machtou WP. *Endodontie - Editions CdP: Initiatives Sante*; 2015.
10. DUMMER PM, McGINN JH, REES DG. The position and topography of the apical canal constriction and apical foramen. *International Endodontic Journal*. 1984;17(4):192-8.
11. SYKARAS SN. Endodontic treatment of teeth with variations of the root canals. *International Endodontic Journal*. 1971;5(2):28-31.
12. Gutierrez JH, Aguayo P. Apical foraminal openings in human teeth. Number and location. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*. 1995;79(6):769-77.
13. Lamouche V. Les différentes formes des limites apicales de la préparation endodontique (revue de littérature et discussion) 2014.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

14. SIMON S. L'endodontie de A à Z Traitement et retraitement. CDP ed. Mémento, editor. France 2018.
15. Ferhat M, Saber F, Sadaoui T. Traitement endodontique: Perspectives, échecs et succès. 2016.
16. Chow TW. Mechanical effectiveness of root canal irrigation. *Journal of endodontics*. 1983;9(11):475-9.
17. Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y. Irrigation in endodontics. *Dental Clinics*. 2010;54(2):291-312.
18. Rollison S, Barnett F, Stevens RH. Efficacy of bacterial removal from instrumented root canals in vitro related to instrumentation technique and size. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2002;94(3):366-71.
19. Card SJ, Sigurdsson A, Ørstavik D, Trope M. The effectiveness of increased apical enlargement in reducing intracanal bacteria. *Journal of endodontics*. 2002;28(11):779-83.
20. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *Journal of endodontics*. 2004;30(8):559-67.
21. Pettiette MT, Delano EO, Trope M. Evaluation of success rate of endodontic treatment performed by students with stainless-steel K-files and Nickel-titanium hand files. *Journal of endodontics*. 2001;27(2):124-7.
22. Love R, Jenkinson H. Invasion of dentinal tubules by oral bacteria. *Critical reviews in oral biology & medicine*. 2002;13(2):171-83.
23. Akpata E. Effect of endodontic procedures on the population of viable microorganisms in the infected root canal. *Journal of endodontics*. 1976;2(12):369-73.
24. Peters L, Wesselink P, Buijs J, Van Winkelhoff A. Viable bacteria in root dentinal tubules of teeth with apical periodontitis. *Journal of endodontics*. 2001;27(2):76-81.
25. Waltimo T, Trope M, Haapasalo M, Ørstavik D. Clinical efficacy of treatment procedures in endodontic infection control and one year follow-up of periapical healing. *Journal of endodontics*. 2005;31(12):863-6.
26. Shuping GB, Ørstavik D, Sigurdsson A, Trope M. Reduction of intracanal bacteria using nickel-titanium rotary instrumentation and various medications. *Journal of endodontics*. 2000;26(12):751-5.
27. Siqueira Jr JF, Rôças IN, Santos SR, Lima KC, Magalhães FA, de Uzeda M. Efficacy of instrumentation techniques and irrigation regimens in reducing the bacterial population within root canals. *Journal of endodontics*. 2002;28(3):181-4.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

28. Gernhardt C, Eppendorf K, Kozłowski A, Brandt M. Toxicity of concentrated sodium hypochlorite used as an endodontic irrigant. *International endodontic journal*. 2004;37(4):272-80.
29. Witton R, Henthorn K, Ethunandan M, Harmer S, Brennan P. Neurological complications following extrusion of sodium hypochlorite solution during root canal treatment. *International Endodontic Journal*. 2005;38(11):843-8.
30. Witton R, Brennan P. Severe tissue damage and neurological deficit following extravasation of sodium hypochlorite solution during routine endodontic treatment. *British dental journal*. 2005;198(12):749-50.
31. Hülsmann M, Hahn W. Complications during root canal irrigation—literature review and case reports. *International endodontic journal*. 2000;33(3):186-93.
32. ) RB, Baumann MA, Sueur-Almosni FL, Kielbassa AM. *Atlas de poche d'endodontie*: Flammarion médecine-sciences; 2008.
33. Souza RA. The importance of apical patency and cleaning of the apical foramen on root canal preparation. *Brazilian dental journal*. 2006;17(1):6-9.
34. Paludo L, Souza SL, Só MV, Rosa RA, Vier-Pelisser FV, Duarte MA. An in vivo radiographic evaluation of the accuracy of Apex and iPex electronic Apex locators. *Brazilian dental journal*. 2012;23(1):54-8.
35. Byström A, Sundqvist G. Bacteriologic evaluation of the effect of 0.5 percent sodium hypochlorite in endodontic therapy. *Oral surgery, oral medicine, and oral pathology*. 1983;55(3):307-12.
36. Boisseau J. *Les irrigants en endodontie: données actuelles*: UHP-Université Henri Poincaré; 2010.
37. Haapasalo M, Endal U, Zandi H, Coil J. Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions. *Endodontic Topics*. 2005;10:77-102.
38. Brantley WA, Svec TA, Iijima M, Powers JM, Grentzer TH. Differential scanning calorimetric studies of nickel-titanium rotary endodontic instruments after simulated clinical use. *Journal of endodontics*. 2002;28(11):774-8.
39. Schrader C, Ackermann M, Barbakow F. Step-by-step description of a rotary root canal preparation technique. *International endodontic journal*. 1999;32(4):312-20.
40. Bon G. *Les instruments de rotation continue en endodontie: les spécificités du système RaCe® FKG*: Université de Lorraine; 2013.
41. Arbab-Chirani R, Chevalier V, Arbab Chirani S, Calloch S. *Instrumentation canalaire de préparation*. *Encyclopédie Médico Chirurgicale*. 2010.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

42. Verriest B. Capacités de mise en forme canalaire d'instruments endodontiques: un protocole d'évaluation 2019.
43. Häikel Y, Serfaty R, Wilson P, Speisser J, Allemann C. Mechanical properties of nickel-titanium endodontic instruments and the effect of sodium hypochlorite treatment. *Journal of endodontics*. 1998;24(11):731-5.
44. Pruett JP, Clement DJ, Carnes DL, Jr. Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments. *Journal of endodontics*. 1997;23(2):77-85.
45. Condorelli GG, Bonaccorso A, Smecca E, Schäfer E, Cantatore G, Tripi TR. Improvement of the fatigue resistance of NiTi endodontic files by surface and bulk modifications. *International endodontic journal*. 2010;43(10):866-73.
46. Simon S. L'endodontie de A à Z: traitement et retraitement: Cahiers de prothèses éditions; 2018.
47. Shen Y, Qian W, Abtin H, Gao Y, Haapasalo M. Fatigue testing of controlled memory wire nickel-titanium rotary instruments. *Journal of endodontics*. 2011;37(7):997-1001.
48. Johnson E, Lloyd A, Kuttler S, Namerow K. Comparison between a novel nickel-titanium alloy and 508 nitinol on the cyclic fatigue life of ProFile 25/.04 rotary instruments. *Journal of endodontics*. 2008;34(11):1406-9.
49. Morgan LF, Montgomery S. An evaluation of the crown-down pressureless technique. *Journal of endodontics*. 1984;10(10):491-8.
50. Guivarc'h M, Soler T, Pérez F, Bukiet F. Mise en forme canalaire et irrigation. *Inf Dent*. 2015;32:2-14.
51. Plotino G, Grande NM, Cordaro M, Testarelli L, Gambarini G. A review of cyclic fatigue testing of nickel-titanium rotary instruments. *Journal of endodontics*. 2009;35(11):1469-76.
52. Gao Y, Shotton V, Wilkinson K, Phillips G, Johnson WB. Effects of raw material and rotational speed on the cyclic fatigue of ProFile Vortex rotary instruments. *Journal of endodontics*. 2010;36(7):1205-9.
53. Elnaghy AM, Elsaka SE. Cyclic Fatigue Resistance of One Curve, 2Shape, ProFile Vortex, Vortex Blue, and RaCe Nickel-Titanium Rotary Instruments in Single and Double Curvature Canals. *Journal of endodontics*. 2018;44(11):1725-30.
54. Pertot WJ, Simon S. Le traitement endodontique: Quintessence international; 2003.
55. CLAISSE A, GUIGAND M, MARTIN D, PERTOT W, POMMEL L, SIMON S, et al. préparation canalaire. France2014.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

56. Yared G. Canal preparation using only one Ni-Ti rotary instrument: preliminary observations. 2008.
57. Roane JB, Sabala CL, Duncanson MG, Jr. The "balanced force" concept for instrumentation of curved canals. *Journal of endodontics*. 1985;11(5):203-11.
58. Yared G, Kulkarni GK. An in vitro study of the torsional properties of new and used rotary nickel-titanium files in plastic blocks. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*. 2003;96(4):466-71.
59. De-Deus G, Barino B, Zamolyi RQ, Souza E, Fonseca A, Jr., Fidel S, et al. Suboptimal debridement quality produced by the single-file F2 ProTaper technique in oval-shaped canals. *Journal of endodontics*. 2010;36(11):1897-900.
60. De-Deus G, Moreira EJ, Lopes HP, Elias CN. Extended cyclic fatigue life of F2 ProTaper instruments used in reciprocating movement. *International endodontic journal*. 2010;43(12):1063-8.
61. 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. *Journal of endodontics*. 2010;36(1):157-9.
62. Gavini G, Caldeira C, Akisue E, Candeiro G, Kawakami D. Resistance to Flexural Fatigue of Reciproc R25 Files under Continuous Rotation and Reciprocating Movement. *Journal of endodontics*. 2012;38:684-7.
63. Turpin YL, Chagneau F, Bartier, Cathelineau G, Vulcain JM. Impact of torsional and bending inertia on root canal instruments. *Journal of endodontics*. 2001;27(5):333-6.
64. Yared GM, Bou Dagher FE, Machtou P. Cyclic fatigue of ProFile rotary instruments after clinical use. *International endodontic journal*. 2000;33(3):204-7.
65. Christ HJ. Fundamental mechanisms of fatigue and fracture. *Studies in health technology and informatics*. 2008;133:56-67.
66. Sonntag D, Peters OA. Effect of prion decontamination protocols on nickel-titanium rotary surfaces. *Journal of endodontics*. 2007;33(4):442-6.
67. Bürklein S, Hinschitzka K, Dammaschke T, Schäfer E. Shaping ability and cleaning effectiveness of two single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth: Reciproc and WaveOne versus Mtwo and ProTaper. *International endodontic journal*. 2012;45(5):449-61.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

68. Vatageot M. Instrumentation unique de mise en forme canalaire: données actuelles: Université de Lorraine; 2016.
69. Tran N. Les instruments endodontiques nickel-titane: stérilisation vs usage unique: Université Toulouse III-Paul Sabatier; 2017.
70. Ruiz-Hubard EE, Gutmann JL, Wagner MJ. A quantitative assessment of canal debris forced periapically during root canal instrumentation using two different techniques. *Journal of endodontics*. 1987;13(12):554-8.
71. Guez É. Évaluation de l'extrusion des débris au niveau apical lors de la mise en forme canalaire: instrument unique versus séquence instrumentale.
72. Myers GL, Montgomery S. A comparison of weights of debris extruded apically by conventional filing and Canal Master techniques. *Journal of endodontics*. 1991;17(6):275-9.
73. Ferraz C, Gomes N, Gomes B, Zaia A, Teixeira F, Souza-Filho F. Apical extrusion of debris and irrigants using two hand and three engine-driven instrumentation techniques. *International endodontic journal*. 2001;34(5):354-8.
74. Reddy SA, Hicks ML. Apical extrusion of debris using two hand and two rotary instrumentation techniques. *Journal of endodontics*. 1998;24(3):180-3.
75. Madhusudhana K, Mathew VB, Reddy NM. Apical extrusion of debris and irrigants using hand and three rotary instrumentation systems—An in vitro study. *Contemporary clinical dentistry*. 2010;1(4):234.
76. Mittal R, Singla MG, Garg A, Dhawan A. A comparison of apical bacterial extrusion in manual, ProTaper rotary, and one shape rotary instrumentation techniques. *Journal of endodontics*. 2015;41(12):2040-4.
77. Bürklein S, Schäfer E. Critical evaluation of root canal transportation by instrumentation. *Endodontic Topics*. 2013;29(1):110-24.
78. Üstün Y, Çanakçı B, Dinçer A, Er O, Düzgün S. Evaluation of apically extruded debris associated with several Ni–Ti systems. *International Endodontic Journal*. 2015;48(7):701-4.
79. Tanalp J, Güngör T. Apical extrusion of debris: a literature review of an inherent occurrence during root canal treatment. *International endodontic journal*. 2014;47(3):211-21.
80. Tanalp J, Kaptan F, Sert S, Kayahan B, Bayırlı G. Quantitative evaluation of the amount of apically extruded debris using 3 different rotary instrumentation systems. *Oral*

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology.

2006;101(2):250-7.

81. Bürklein S, Hinschitzka K, Dammaschke T, Schäfer E. Shaping ability and cleaning effectiveness of two single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth:

Reciproc and WaveOne versus Mtwo and ProTaper. *International endodontic journal*.

2012;45(5):449-61.

82. Caviedes-Bucheli J, Castellanos F, Vasquez N, Ulate E, Munoz H. The influence of two reciprocating single-file and two rotary-file systems on the apical extrusion of debris

and its biological relationship with symptomatic apical periodontitis. A systematic review and meta-analysis. *International Endodontic Journal*. 2016;49(3):255-70.

83. Robinson JP, Lumley PJ, Cooper PR, Grover LM, Walmsley AD. Reciprocating root canal technique induces greater debris accumulation than a continuous rotary

technique as assessed by 3-dimensional micro-computed tomography. *Journal of Endodontics*. 2013;39(8):1067-70.

84. Hülsmann M, Peters OA, Dummer PM. Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endodontic topics*. 2005;10(1):30-76.

85. Saleh AM, Gilani PV, Tavanafar S, Schäfer E. Shaping ability of 4 different single-file systems in simulated S-shaped canals. *Journal of endodontics*. 2015;41(4):548-52.

86. Dagna A, Arciola CR, Visai L, Selan L, Colombo M, Bianchi S, et al. Antibacterial efficacy of conventional and single-use Ni-Ti endodontic instruments: an in vitro

microbiological evaluation. *The International journal of artificial organs*. 2012;35(10):826-31.

87. Bürklein S, Benten S, Schäfer E. Quantitative evaluation of apically extruded debris with different single-file systems: Reciproc, F 360 and One Shape versus Mtwo.

*International endodontic journal*. 2014;47(5):405-9.

88. Rubio J, Zarzosa JJ, Pallres A. A comparative study of shaping ability of four rotary systems. *Acta Stomatologica Croatica*. 2015;49(4):285-93.

89. Ehsani M, Farhang R, Harandi A, Tavanafar S, Raouf M, Galledar S. Comparison of apical extrusion of debris by using single-file, full-sequence rotary and reciprocating

systems. *Journal of dentistry (Tehran, Iran)*. 2016;13(6):394.

90. Pirani C, Paolucci A, Ruggeri O, Bossù M, Polimeni A, Gatto MRA, et al. Wear and metallographic analysis of WaveOne and reciproc NiTi instruments before and after

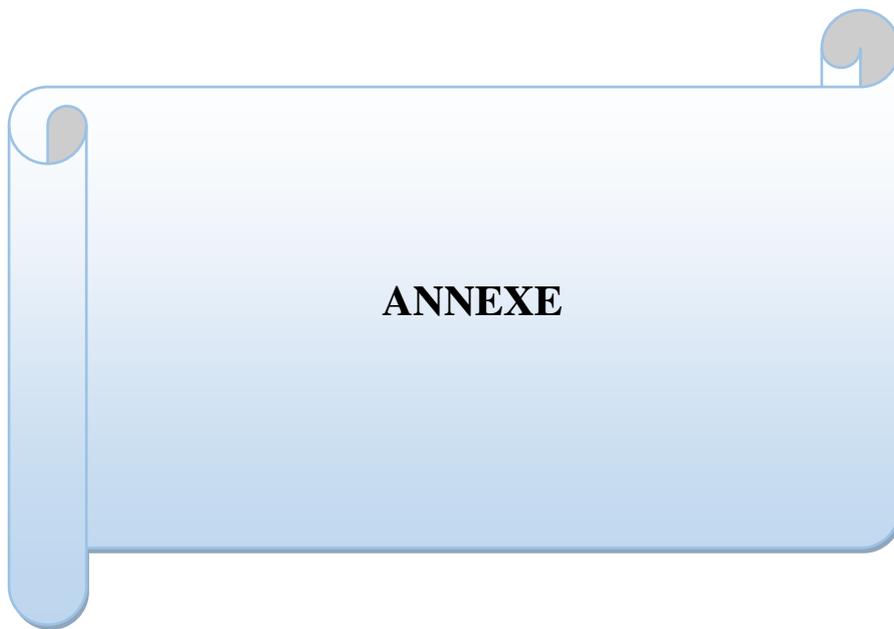
## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

three uses in root canals. Scanning: The Journal of Scanning Microscopies. 2014;36(5):517-25.

91. Rubio J, Zarzosa JI, Pallarés A. A comparative study of cyclic fatigue of 10 different types of endodontic instruments: an in vitro study. Acta stomatologica Croatica. 2019;53(1):28-36.

92. Plotino G, Grande N, Porciani P. Deformation and fracture incidence of Reciproc instruments: a clinical evaluation. International endodontic journal. 2015;48(2):199-205.

93. Saber S, Schäfer E. Incidence of dentinal defects after preparation of severely curved root canals using the Reciproc single-file system with and without prior creation of a glide path. International endodontic journal. 2016;49(11):1057-64.



**ANNEXE**

VIII ANNEXE :

FICHE D'EVALUATION

Racines mésiales N° :

Groupe : R

OS

T

Angle de courbure	
-------------------	--

Extrusion des débris :

P1	P2	PEF

Temps de mise en fome (s)	
---------------------------	--

Accidents de parcours :

Fracture instrumentale	
Perforation	

## Résumé :

**Objectif :** L'objectif de l'étude était d'évaluer la quantité d'extrusion des débris dentinaires en ex vivo, ainsi le temps d'instrumentation, la fréquence d'instruments fracturés, de butées et de perforations, après avoir instrumentalisé des canaux courbes à l'aide de deux mono instruments unique en dynamique différente.

**Méthodologie :** Soixante canaux mésiaux des molaires humaines mandibulaires permanentes extraites étaient préparés avec le Reciproc®, One Shape® et séquence manuelle des limes K selon trois groupes égaux de vingt. La moyenne de poids avant et après la préparation. Le temps moyen de mise en forme par échantillon a été évalué. Le nombre d'instruments fracturés a été aussi recherché. L'analyse statistique a été réalisée avec le logiciel Microsoft Office Excel.

**Résultats :** L'angle de courbure moyen des canaux était de 20,158°. La moyenne de poids avant et après la préparation a de 0,185 avec le Reciproc®, de 0,033 avec le One Shape®, et de 0,014 en manuel. Le calcul de la durée de mise en forme a donné une moyenne en secondes de 30,242 avec le Reciproc® , de 23,408 avec le One Shape® , et de 247,14 en manuel. On ne constate aucune fracture instrumentale, de même aucun cas de butée ou de perforation lors de la mise en forme de tous les canaux.

**Conclusion :** Le One Shape® limite l'extrusion des débris apicale tout en assurant la même qualité de nettoyage que le Reciproc®, un gain de temps et une diminution importante des accidents de parcours avec l'utilisation d'instrumentation unique que se soit en rotation continue ou en réciprocity.

**Mots clés :** Mise en forme, Mono instrumentation, Ex Vivo, Canaux Courbes, Débris Extudés, Reciproc®, One Shape®, Réciprocity, Rotation Continue.

## Abstract:

**Objective:** The objective of the study was to evaluate the amount of extrusion of dentinal debris in ex vivo, as well as the instrumentation time, the frequency of fractured instruments, abutments and perforations, after having instrumentized curved canals at using two single mono instruments with different dynamics.

**Methodology:** Sixty mesial canals of extracted human mandibular molars were prepared with Reciproc®, One Shape® and manual sequence of K files in three equal groups of twenty. The average weight before and after preparation. The average shaping time per sample was evaluated. The number of fractured instruments was also researched. Statistical analysis was performed with Microsoft Office Excel software .

**Results:** The average bend angle of the channels was 20.158 °. The average weight before and after preparation was 0.185 with Reciproc®, 0.033 with One Shape®, and 0.014 for manual. Calculation of the workout time gave an average in seconds of 30.242 with the Reciproc®, 23.408 with the One Shape®, and 247.14 for the manual. No instrumental fracture is observed, nor any case of abutment or perforation during the shaping of all the channels.

**Conclusion:** The One Shape® limits the extrusion of apical debris while ensuring the same quality of cleaning as the Reciproc®, saving time and significantly reducing accidents with the use of unique instrumentation that is in continuous rotation or in reciprocity.

**Keywords:** Shaping, Mono instrumentation, Ex Vivo, Curved Channels, Extended Debris, Reciproc®, One Shape®, Reciprocity, Continuous Rotation .

## المخلص :

**الهدف:** كان الهدف من الدراسة هو تقييم كمية بئق حطام الأسنان في خارج الجسم الحي ، وكذلك وقت تحضير القنوات السنية ، وعدد الأدوات المكسورة ، والتقوب ، بعد تحضير قنوات منحنية بأداتين أحاديتين في ديناميكيات مختلفة.

**المنهجية:** تم تحضير ستين قناة من أضرار الفك السفلي البشرية المخلووعة باستخدام ثلاث أدوات: Reciproc® ، One Shape® ، و التسلسل اليدوي للملفات اللبية K في ثلاث مجموعات متساوية مكونة من عشرين. تم كذلك تقييم متوسط وقت التشكيل لكل عينة، كما تم عد الأدوات المكسورة. تم إنجاز التحليل الإحصائي باستخدام برنامج Microsoft Office Excel .

**النتائج:** متوسط زاوية انحناء القنوات كان 20.158 درجة. كما كان متوسط الوزن قبل وبعد التشكيل 0.185 مع Reciproc® ، 0.033 مع One Shape® ، و 0.014 يدويا. أعطى حساب وقت التمرين متوسطًا بالتواني 30.242 مع Reciproc® ، 23.408 مع One Shape® ، و 247.14 يدويا. لم يلاحظ أي كسر في الأدوات أو تقوب أثناء تشكيل جميع القنوات.

**الخلاصة:** يحد One Shape® من بئق الحطام السني مع ضمان نفس جودة التنظيف مثل Reciproc® . إن استخدام أجهزة أحادية في الدوران المستمر أو المتبادل يوفر الوقت ويقل بشكل كبير من الحوادث.

**الكلمات المفتاحية:** تشكيل، أجهزة أحادية، خارج الجسم الحي، قنوات منحنية، حطام مقنوف، Reciproc® ، One Shape® ، الدوران المتبادل، الدوران المستمر.