

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE SAAD DAHLEB – BLIDA**

**FACULTE DE MEDECINE  
DEPARTEMENT DE MÉDECINE DENTAIRE**



**Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du  
DIPLOME DE DOCTEUR EN MEDECINE DENTAIRE**

**INTITULÉ :**

**Les instruments endodontiques**

**Présenté et soutenu le :**

**25 Aout 2020**

**Par:**

- Laissaoui Rachid
- Cheurfi Djamel
- Azzi Noureddine
- Lakehal Mohamed
- Arous Kheireddine
- Abbad Ali Anis
- Bougrinat Ahmed Chaouki

**Promoteur : Dr A. Zaidi**

**Jury composé de:**

**Présidente :**

**Dr H.Charif**

**Examinatrice :**

**Dr S.Bouakkaz**

# Remerciements

**A Notre Président de Jury**

**Docteur H.CHARIF**

*Maître-assistante en Odontologie Conservatrice et Endodontie*

**Faculté de médecine département de médecine et chirurgie dentaire université de Blida1**

*Nous vous remercions de l'honneur que vous nous faites, en acceptant de présider le jury de notre mémoire.*

*Nous tenons particulièrement à vous remercier pour tout ce que vous nous avez appris pendant la formation universitaire et pour vos conseils avisés.*

*Puissiez-vous, Madame, trouver dans ce travail le témoignage de notre reconnaissance et l'assurance de notre gratitude et de notre respect.*

**Au Docteur S.BOUAKKAZ membre du jury et examinatrice de notre mémoire**

**Maître-assistante en Odontologie Conservatrice et Endodontie**

**Faculté de médecine département de médecine et chirurgie dentaire université de Blida1**

*Nous vous remercions de nous faire l'honneur d'accepter de juger notre travail, nous vous en sommes très reconnaissants.*

*La qualité de vos enseignements théoriques, vos précieux conseils durant nos années d'études, la proximité et la sympathie qui vous caractérise ainsi que votre gentillesse et votre humanité nous auront marqué.*

*Veillez trouver ici le témoignage de notre respect et de notre profonde estime.*

**A notre Encadreur de mémoire**

**Docteur A.ZAIDI**

**Maître-assistante en Odontologie Conservatrice et Endodontie**

**Faculté de médecine département de médecine et chirurgie dentaire université de Blida1**

*Nous vous remercions de l'honneur que vous nous avez fait en acceptant la direction de notre mémoire, de votre rigueur et votre temps, vos bons conseils et vos encouragements ainsi que la patience dont vous avez fait preuve avec nous et la précision des corrections apportées tout au long de la rédaction de ce mémoire.*

*Ce travail est l'occasion de vous remercier pour la qualité et la précision de vos enseignements cliniques et théoriques.*

*Veillez trouver ici l'expression de notre reconnaissance, de toute notre estime, et de notre profond respect.*

# Dédicaces

**Laissaoui Rachid**

***A Ma Très Chère Mère***

*Source inépuisable de tendresse, de patience et de sacrifice. Tes prières et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours tout au long de ma vie. Quoique je puisse dire et écrire, je ne pourrais exprimer ma grande affection et ma profonde reconnaissance. J'espère ne jamais te décevoir, ni trahir ta confiance et tes sacrifices. Puisse Dieu tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et Bonheur.*

***A Mon Très Chère 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 m'a guidé 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 longue et heureuse.*

***A Mes Deux Petites Sœurs***

*Des sœurs comme on ne peut trouver nulle part ailleurs, Puisse Allah vous protéger, garder et renforcer notre fraternité. Je vous souhaite tout le bonheur du monde*

***A Djamel***

*Tes comme un frère pour moi on a vécu tellement de choses, Aujourd'hui je souhaitais te remercier; tu es un ami merveilleux.*

**Bougrinat Ahmed Chaouki**

*Je remercie en premier lieu Dieu tout puissant de m'avoir accordé la puissance  
et la volonté pour achever ce travail.*

***A Ma Très Chère Mère***

*Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier comme il se  
doit.*

*Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés  
a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.*

***A Mon Très Cher Père***

*Tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager.*

*Que ce travail traduise ma gratitude et mon affection.*

***A Mes Très Chers Frères et Sœurs Imad Eddine, Manel, Chaker, Intissar,  
Hana et Abdelmouhaimen***

*Puisse Dieu vous donner santé, bonheur, courage et surtout réussite*

***A Mon Très Cher Binôme Azzi Nouredine,***

*Il m'a toujours soutenu et supporté dans mes moments de détresse et d'angoisse.*

*Il m'a donné la force, l'énergie et le courage d'aller jusqu'au bout. Ces six ans  
furent une leçon de vie pour nous tous et ont renforcé nos liens,  
indubitablement. Je te remercie du fond du cœur.*

*Mes remerciements vont également à Mes collègues et à tous ceux et celles qui  
ont contribué de près ou de loin, par leurs conseils, leurs suggestions et par  
leurs encouragements, à la réalisation de ce travail.*

## ***Arous Kheireddine***

*Je remercie Allah le tout puissant de m'avoir donné la santé et la force et la patiente afin de réaliser ce travail.*

### ***A Ma Très Chère Mère***

*Je dédie ce modeste travail premièrement à la lumière de mes jours, la force de mes efforts ma vie et mon bonheur maman que j'adore. je dis merci pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.*

### ***A Mon Très Cher Père***

*A mon exemple éternel, mon soutien moral, Celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que dieu le tout puissant le garde. À toi mon très cher père*

### ***A Mes Sœurs***

*À mes sœurs, Fatima, Hanene, Imene et Widad, je Dédie ce travail dont le grand plaisir leur revient en premier lieu pour leurs conseils leurs aides et encouragements.*

*À mon adorable nièce Hiba*

*À toute ma famille.*

*Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé et qui ont toujours été à mes côtés, mes aimables amis Baya, Abdelhak, Hamza, Ali, Louiza, Mohamed, Yasmine.*

**Azzi Nouredine**

*Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail  
À ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais  
jamais à leur exprimer mon amour sincère.*

***A Ma Très Chère Mère***

*A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais  
dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour  
me rendre heureuse: mon adorable mère SAIDA*

***A Mon Très Cher Père***

*A l'homme, mon précieux offre du dieu, qui doit ma vie, ma  
réussite et tout mon respect: mon cher père ABDENACER*

***A Mes Sœurs***

*A mes chères sœurs SALSABIL, TAKOUA et NAMAREK, qui n'ont  
pas cessée de me conseiller, encourager et soutenir tout au  
long de mes études. Que Dieu les protège et leurs offre la  
chance et le bonheur.*

*Sans oublier mon binôme AHMED CHAOUKI pour son soutien moral, sa  
patience et sa compréhension tout au long de ces années*

***Cheurfi Djamel***

***A Mes Parents***

*Pour vos sacrifices et votre soutien inconditionnel tout au long du chemin parcouru, pour être toujours là dans les moments qui comptent pour moi. C'est grâce à vous si j'en suis là aujourd'hui. Merci pour tout. Mon amour pour vous est sans faille.*

***A Rachid***

*Mon ami de toujours... A tous ces bons moments passés ensemble. Je te souhaite de belles années à venir.*

***A Mes Chers Confrères et Amis***

*Merci ! Merci pour nos francs moments de rigolade (parfois studieux...), nos innombrables « boustifailles », votre soutien. Toutes ces années m'auraient parue bien longues sans vous ! Je vous souhaite que de bonheur et de succès*

**Lakehal Mohamed**

*Tout d'abord j'exprime mes profonds remerciements à Madame docteur Zaidi Amel pour l'aide compétente qu'elle nous a apportée, pour sa patience et son encouragement.*

**A Mes Parents**

*En témoignage d'amour et d'affection, je dédie ce travail avec une grande fierté à mes parents qui ont été d'un dévouement exemplaire et d'un réconfort inestimable.*

**A Mes Frères et Ma Fille**

*A mes frères, et toute ma famille en reconnaissance de leur encouragement.*

**A Mes Amis**

*A tous mes amis pour leur sympathie, leur humeur et leur solidarité envers moi.  
Veuillez, tous, accepter mes hautes salutations et considérations.  
Que Dieu puisse vous protéger.*

## ***Abbad Ali anis***

*Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers.*

### ***A Ma Chère Mère***

*Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.*

*Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.*

*Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices. Puisse Dieu, le très haut vous accorder santé, bonheur et longue vie*

### ***A La Mémoire De Mon Père***

*Ce travail est dédié à mon père, décédé trop tôt, qui m'a toujours poussé et motivé dans mes études.*

*Que nous soyons semblables ou différents cela importe peu, car ce qui nous unit, c'est ce qu'il m'a appris et qui restera pour moi un héritage précieux toute ma vie.*

*J'espère que du monde qui est sien maintenant, il apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance de la part d'un fils qui a toujours prié pour le salut de son âme, qu'il repose en paix sous la protection d'Allah.*

### ***A Mes Amis***

*A tous mes amis pour leur sympathie, leur humeur et leur solidarité envers moi.*

*Veillez, tous, accepter mes hautes salutations et considérations.*

*Que Dieu puisse vous protéger.*

### ***A Mes Chers Confrères***

*Merci ! Merci pour nos francs moments de rigolade (parfois studieux...), nos innombrables « boustifailles », votre soutien. Toutes ces années m'auraient paru bien longues sans vous ! Je vous souhaite que de bonheur et de succès.*

# *Sommaire*

## **Chapitre 1 : Introduction..... 23**

1.1. Introduction :	23
1.2. Historique :	24
1.3. Le traitement endodontique :	25
1.3.1. Définition d'un TE :	25
1.3.2. Objectifs d'un TE:	25
1.3.2.1. Les objectifs mécaniques :	25
1.3.2.2. Les objectifs biologique :	25

## **Chapitre 2 : Les instruments de réalisation de la cavité d'accès**

### **endodontique ..... 26**

2.1. Définition :	26
2.2. Objectifs :	26
2.3. Instrumentation :	27
2.3.1. Les instruments rotatifs:	27
2.3.1.1. Les fraises endodontiques :	27
2.3.1.1.1. Fraise boule diamantée :	27
2.3.1.1.2. Fraise boule en carbure de tungstène :	28
2.3.1.1.3. Fraise trans-métal cylindrique :	28
2.3.1.1.4. La fraise ZekryaEndo ® :	29
2.3.1.1.5. La fraise de batt :	30
2.3.1.2. Les forets:	30
2.3.1.2.1. Foret de X-Gate :	30
2.3.1.2.2. Foret Largo :	31
2.3.1.3. Endoflare :	31
2.3.2. Gamme sonore:	32
2.3.3. Les instruments ultrasonores:	35
2.3.3.1. Les inserts cylindro-coniques :	36
2.3.3.2. Les inserts boules:	37
2.3.4.3. Endo Success (Satelec) :	38
2.3.4.4. Star-X (DentsplyMaillefer) :	38

## **Chapitre 3 : Les instruments de mise en forme canalaires..... 39**

3.1. Les techniques de préparation: .....	39
3.1.1. La préparation sérielle: .....	39
3.1.2. Le step-back: .....	39
3.1.3. La séquence opératoire 2/3 – 1/3:.....	40
3.1.4. Anticurvature filing technique:.....	40
3.1.5. Step-down: .....	41
3.1.6. L’ampliation séquentielle assistée: .....	41
3.1.7. Le concept des forces équilibrées:.....	42
3.1.8. La technique de l’appui pariétal: .....	43
3.1.9. Le crown-down ou technique corono-apicale en rotation continue: .....	44
3.3. Caractéristiques instrumentales : .....	45
3.3.1. Les normes iso:.....	45
3.3.2. La conicité: .....	45
3.3.3. L’hélicoïde: .....	46
3.3.4. Le pas et l’angle d’hélice: .....	47
3.3.5. Angle de coupe ou angle d’attaque:.....	48
3.3.6. Angle de pointe:.....	48
3.3.7. Autres caractéristiques des instruments: .....	49
3.4. Instruments en acier : .....	50
3.4.1. Instruments manuels en acier: .....	50
3.4.1.1. Le tire-nerf : .....	50
3.4.1.2. Les limes (ou lime K “Kerr“) :.....	50
3.4.1.3. Broches : .....	51
3.4.1.4. Racleur (lime H “Hedström“) : .....	52
3.4.1.5. Indication des limes en acier manuels : .....	53
3.4.2. Les instruments mécanisés en acier:.....	53
3.4.2.1. Les forêts de Gates-Glidden : .....	54
3.4.2.2. Instruments montés sur le contre-angle Giromatic® (Micro-Mega®) : .....	54
3.4.2.3. L’Endo-Express® :.....	55
3.4.3. Avantages des instruments en acier inoxydable:.....	55
3.4.4. Inconvénients des instruments en acier inoxydable: .....	55
3.4.5. De l’acier inoxydable au nickel-titane: .....	56

3.5. Instruments en Nickel-Titane :	57
3.5.1. Propriétés mécaniques:	57
3.5.1.1. La super-élasticité	57
3.5.1.2. La mémoire de forme :	58
3.5.1.3. La flexibilité.....	58
3.5.1.4. L'efficacité de coupe .....	58
3.5.1.5. La résistance à la déformation par torsion :	59
3.5.1.6. La résistance à la fracture:	59
3.5.2. Traitement de surface.....	60
3.5.2.1. L'électro polissage :	61
3.5.2.2. Le traitement thermique.....	62
3.5.3. Les instruments Nickel-Titane Manuels:	63
3.5.3.1. Les lime K Ni-Ti:	63
3.5.3.2. Les limes NiTi manuelles issues d'un système de rotation continue :	64
3.5.4. Les instruments Nickel-Titane mécanisés (rotation continues):	64
3.5.4.1. Instrumentation séquentielle :	65
3.5.4.1.1. Instruments de pré-élargissement :	65
3.5.4.1.1.1. PATHFILES :	66
3.5.4.1.1.2. Limes G-FILES :	66
3.5.4.1.1.3. Les ScoutRace :	67
3.5.4.1.2. Instruments de mise en forme canalaire séquentielle :	68
3.5.4.1.2.1. Le système ProFile (Dentsply-Maillefer):	68
3.5.4.1.2.2. Le système HERO 642 (MicroMega):	68
3.5.4.1.2.3. Le système FlexMaster" (Dentsply- VDC) :	69
3.5.4.1.2.4. Le Système HeroShaper (MicroMêga) :	69
3.5.4.1.2.5. Le système RaCE (FK6) :	70
3.5.4.1.2.6. Le système Twisted File (SybronEndo) :	71
3.5.4.1.2.7. Le système AlphaKite (Komet):	71
3.5.4.1.2.8. Le système Revo S (MicroMêga) :	72
3.5.4.1.2.9. Le système MTwo (dentsply VDW) :	72
3.5.4.1.2.10. Le système ProTaper universal (Dentsply-maillefer) :	73
3.5.4.1.2.11. Le système HyFlex (Coltene):	74
3.5.4.1.2.12. TF Adaptive (SybronEndo) :	74
3.5.4.1.2.13. Le système ProTaperNext (Dentsply-maillefer) :	75

3.5.4.2. Mono instrument en rotation continue, le one shape et le F360 :	77
3.5.4.2.1. Le concept One Shape [MicroMéga] :	77
3.5.4.2.2. Le concept F360° (Komet) :	78
3.5.4.2.3. Le F6 Skytaper (Komet) :	79
3.5.4.2.4. Le XP-endo Shaper :	80
3.5.4.2.5. Contre angles et moteurs de rotation continue :	80
3.5.4.2.5.1. Les contre angles réducteurs montés directement au fauteuil :	81
3.5.4.2.5.2. Les blocs moteurs indépendants :	81
3.5.4.2.5.3. Les moteurs/contre angle sans fil :	81
3.5.4.3. Trunatomy dernière avancée instrumentale :	81
3.5.5. Instrument de la réciprocité:	82
3.5.5.1. Le moteur :	82
3.5.5.2. Système Reciproc° :	83
3.5.5.2.1. Le Reciproc R25 :	83
3.5.5.2.2. L'instrument R40 ® :	83
3.5.5.2.3. L'instrument RSO :	83
3.5.5.2.4. Réciproque® bleu :	84
3.5.5.3. Système WAVE One:	84
3.5.5.3.1. Le Wave one primaire :	84
3.5.5.3.2. Le Wave One fin :	84
3.5.5.3.3. Le Wave One large :	84
3.5.5.4. Mouvement Alternatif Transversal Asymétrique (MATA) :	85
3.5.5.4.1. MATA et courbures canalaires sévères :	86
3.5.5.4.2. MATA et canaux larges :	86
3.5.5.5. Mouvement hybride : Twisted File Adaptive :	87
3.5.6. Instruments de nettoyage:	88
3.5.6.1. XP-Endo Finisher :	88
3.5.6.2. SelfAdjusting File :	89

## **Chapitre 4 : Les Instruments d'obturation canalair e : ..... 91**

4.1. Généralités sur l'obturation canalair e : .....	91
4.1.1. Définition de l'obturation canalair e: .....	91
4.1.2. Principes généraux de l'obturation canalair e: .....	91
4.2. Instrumentation utilisée pour l'obturation canalair e : .....	92
4.2.1. Instruments utilisés pour la technique monocône: .....	92
4.2.1.1. Le Bourre-Pâte:.....	92
4.2.2. Instruments utilisés dans la technique de compactage latérale à froid: .....	93
4.2.2.1. Les Fouloirs Latéraux (Spreaders): .....	93
4.2.2.1.1. Choix du fouloir endodontique pour la condensation latérale :.....	94
4.2.2.1.1.1. Choix de l'instrument en fonction des caractéristiques de la partie active : .....	94
4.2.2.1.1.2. Choix de l'instrument en fonction de la conicité .....	96
4.2.3. Instrument utilisés dans la technique du compactage verticale de Schilder : .....	96
4.2.3.1. Les Réchauffeurs (Heat Carriers) et Pluggers de Schilder .....	96
4.2.4. Instruments utilisés dans la technique compactage thermomécanique :.....	97
4.2.4.1. L'instrument de Mac Spadden : le Gutta Condensor® : .....	97
4.2.4.2. Le RevoCondensor® .....	99
4.2.4.3. Système Microseal® : .....	100
4.2.4.4. Système J.S.Quick-Fill: .....	101
4.2.5. Les Systèmes avec Tuteurs: .....	102
4.2.5.1. Le Système Thermafill : .....	102
4.2.5.2. Le Système Soft Core® : .....	104
4.2.5.3. Le Système Simplifill® : .....	105
4.2.5.4. Le Système Herofill® : .....	106
4.2.6. Les Systèmes par vague de chaleur : .....	107
4.2.6.1. Le Système B® de Buchanan : .....	107
4.2.6.2. Le Système de Touch'nHeat® : .....	108
4.2.7. Les Systèmes par Injection : .....	109
4.2.7.1. Injection de gutta-percha chaude : .....	109
4.2.7.1.1. Le Système Obtura II® : .....	109
4.2.7.1.2. Le Système Ultrafill 3D® : .....	110
4.2.7.2. Injection de matériaux d'obturation a froid : .....	111

4.2.7.2.1. Système GuttaFlow® :.....	111
--------------------------------------	-----

## **Chapitre 5 : Les instruments utilisés dans le retraitement endodontique :**

.....	<b>113</b>
5.1. Définition :.....	113
5.2. Matériels nécessaire selon la technique de désobturation :.....	113
5.2.1. La désobturation manuelle: .....	113
5.2.2. La désobturation a l'aide d'instruments soniques et ultrasoniques : .....	114
5.2.2.1. Repérage des entrées canalaires :.....	114
5.2.2.2. Dépose des ancrages intracanalaires : .....	114
5.2.2.3. Retrait des fragments d'instrument fracturés :.....	115
5.2.3. La désobturation mécanisés .....	117
5.2.3.1. Instruments endodontiques Ni-Ti en rotation continue :.....	117
5.2.3.1.1. ProTaperUniversal rotary retreatment : .....	117
5.2.3.1.2. EdgeFile XR : .....	118
5.2.3.1.3. Endo Restart : .....	119
5.2.3.1.4. R-endo :.....	119
5.2.4. La Désobturation a l'aide de dispositifs mécaniques : .....	121
5.2.4.1. L'extracteur de gonon :.....	121
5.2.4.2. La trousse de Masserann :.....	122
5.2.4.3. L'IRS : Instrument Removal System : .....	125
5.2.4.3 Post Removal System® (PRS®).....	126
5.2.4.4. Meitrac system : (Meisinger, États-Unis).....	126
5.2.4.5. Le Roydentextractor (Roydent Dental Product, États-Unis) : .....	128
5.2.4.6. Cancellier Kit® : .....	128
5.2.4.7. Endo Extractor System® .....	129
5.2.4.8. EndoRescue®.....	129
5.2.4.9. Terauchi fileretrieval kit : .....	130
5.2.5. D'autres techniques de désobturation :.....	131
5.2.5.1. Endocowboy technique :.....	131
5.2.5.2. Dissolution électrochimique d'un fragment: .....	132
5.2.5.3 la technique préconisée par Suter :.....	133
5.2.5.4. LASERS: .....	133

## **Chapitre 6 : Les fractures instrumentales :..... 134**

6.1. Définition :.....	134
6.2. Types de fractures instrumentales :.....	134
6.2.1. Rupture ductile: .....	135
6.2.2. Rupture fragile: .....	135
6.3. Mécanismes de ruptures : .....	137
6.3.1. Rupture par fatigue cyclique: .....	137
6.3.2. Rupture par torsion: .....	138
6.4. Étiologie des fractures instrumentales :.....	140
6.4.1. Anatomie pulpo-radulaire: .....	140
6.4.1.1. Contraintes coronaires .....	140
6.4.1.2. Calcification canalaire : .....	141
6.4.1.3. Courbure canalaire : .....	141
6.4.2. Les fractures instrumentales liées aux caractéristiques des instruments: .....	142
6.4.2.1. Diamètre et conicité instrumentale:.....	142
6.4.2.2. Section transversale: .....	143
6.4.2.3 alliages des instruments :.....	144
6.4.2.3.1. SuperElasticWire™ : .....	144
6.4.2.3.2. M-Wire™: .....	144
6.4.2.3.3. Blue Technology™:.....	145
6.4.2.3.4. R-Phase Technology™ .....	145
6.4.2.3.5. Controlled Memory™(CM) : .....	146
6.4.2.4. Traitements de surface :.....	147
6.4.2.4.1. L'électropolissage :.....	147
6.4.2.4.2. Les traitements thermiques :.....	149
6.4.2.4.3. Les profils instrumentaux :.....	149
6.4.3. Corrosion et solutions d'irrigation:.....	150
6.4.4. Cycles de stérilisation: .....	152
6.4.5. Mouvement de rotation continue/Mouvement de réciprocité .....	152
6.5. Présentation des protocoles des tests de résistance mécaniques des instruments: .....	153
6.5.1. Test de résistance à la fatigue cyclique (RFC):.....	153
6.5.2. Test de résistance à la flexion: .....	155
6.5.3. Test de résistance à la torsion (RTor) : .....	155

6.6. Manipulation des instruments et expérience du praticien: .....	156
6.6.1. Instrumentation :.....	156
6.6.2. L'expérience du praticien:.....	157
<b>Conclusion :</b> .....	158
<b>Liste des abréviations :</b> .....	I
<b>Liste des figures :</b> .....	II
<b>Liste des tableaux :</b> .....	VII
<b>Bibliographie et Webographie :</b> .....	IX
<b>Annexes :</b> .....	XX
Analyse de la recherche bibliographique .....	XX
<b>Résumé :</b> .....	XXVI

# Chapitre 1 : Introduction

## 1.1. Introduction :

Un instrument est un objet fabriqué permettant d'accomplir une opération et d'atteindre un objectif.

Les instruments sont utilisés dans divers domaines notamment en endodontie où leur importance est capitale afin de réaliser un acte souvent perçue comme complexe, fastidieux et délicat par les praticiens.

Le traitement endodontique repose sur une instrumentation diverse et variée qui accompagne le praticien du début à la fin de l'acte.

La plus grande révolution de l'endodontie a été l'apparition des instruments en Nickel-Titane possédant des propriétés très intéressantes ainsi que celle de l'instrumentation mécanisée.

Les instruments endodontiques conventionnels usinés en acier inoxydable ont limité les efforts en endodontie, mais grâce à la super-élasticité et à la résistance des alliages en Ni-Ti, une nouvelle instrumentation performante a vu le jour.

L'instrumentation mécanisée représente, indiscutablement une évolution importante en endodontie. Elle a été conçue selon les données biologiques et mécaniques de l'endodonte, elle apporte les solutions aux problèmes du faible débridement et du transport de l'espace canalaire inhérents aux dessins des instruments conventionnels.

Le Ni-Ti semble améliorer le confort et la sécurité pour l'opérateur. Son utilisation maîtrisée et correcte nécessite un apprentissage pour éviter la complication majeure que représente la fracture instrumentale.

Ainsi l'endodontie moderne repose sur une nouvelle instrumentation endodontique basée sur des concepts novateurs.

A travers ce travail, nous parlerons de l'évolution des instruments endodontiques, nous détaillerons également tout les instruments utilisés au cours des étapes du traitement endodontique.

## **1.2. Historique :**

L'histoire de l'endodontie commence réellement au XVII<sup>e</sup> siècle. Pierre Fauchard fût le premier à décrire en 1746 l'extirpation du tissu pulpaire dans son livre intitulé « Le chirurgien-dentiste ou traité des dents ». (1)

A la fin du 18<sup>ème</sup> siècle et au début du 19<sup>ème</sup>, les soins endodontiques étaient grossiers. Le traitement de la dent se faisait par cautérisation de la pulpe soit au fer rouge à l'aide de tiges métalliques ou de stylets de platine chauffés à la flamme, soit par des caustiques (ammoniaque liquide, chlorure de zinc, acide sulfurique, nitrique et chlorhydrique) placés sur une boulette de coton, la cavité étant fermée à la cire durant quelques minutes, avant que l'opération ne soit répétée.(2)

Edwin Maynard en 1838 créa le premier instrument endodontique en utilisant un ressort provenant d'une montre, depuis, son développement n'est que perpétuel.

Les premières limes et les fraises manuelles de Gates apparaissent suivies des forets de Gates en 1875. De nombreuses études permettront la réalisation d'instruments toujours plus adaptés à l'anatomie canalaire pour permettre un nettoyage biomécanique et une mise en forme canalaire.

En 1928, les premiers bourre-pâte de H.Lentulo apparaissent.

Les objectifs de la préparation canalaire ont été énoncés par Schilder au début des années 1970 (3); Ils consistent en: l'élimination la plus parfaite possible du tissu organique pulpaire et des agents pathogènes, au respect de la trajectoire canalaire, de la position et du diamètre du foramen apical ainsi qu'à l'obtention d'une conicité régulière de la partie coronaire à la partie apicale. L'objectif étant d'obtenir un parfait nettoyage et une obturation tridimensionnelle contrôlée, durable et étanche.

L'ensemble des instruments développés jusqu'à aujourd'hui, tant en termes de géométrie, de mouvement de travail que d'alliage métallique, ont été élaborés pour satisfaire ces objectifs. Avec l'évolution des formes et des sections des instruments endodontiques les concepts de préparation canalaire se sont multipliés.

### **1.3. Le traitement endodontique :**

#### **1.3.1. Définition d'un TE :**

Le traitement endodontique a pour objectif de traiter les maladies de la pulpe et du péri-apex et ainsi de transformer une dent pathologique en une entité saine, asymptomatique et fonctionnelle sur l'arcade. (4)

Schilder définit le traitement endodontique comme «la préparation, la désinfection et l'obturation ! Dans les 3 dimensions du système canalaire». (3)

#### **1.3.2. Objectifs d'un TE:**

Schilder a dicté les objectifs du traitement endodontique, restant la référence et inchangés depuis 1974. (5)

Les objectifs de mise en forme dictés par Schilder sont (3) :

##### **1.3.2.1. Les objectifs mécaniques :**

- Une conicité continue sur toute la longueur du canal, sans déviation de sa trajectoire originelle dans les deux tiers apicaux. Son évasement doit être régulier dans tous les plans de l'espace en se calquant sur son anatomie initiale.
- Une mise en forme suffisante à la jonction entre le 1/3 apical et le 1/3 moyen permettant l'obtention d'une conicité apicale adéquate facilitant le renouvellement des bains d'irrigation au niveau apical.
- Le maintien du foramen apical le plus étroit possible avec la création d'un stop apical situé environ à 0,5mm de l'apex physiologique.
- Le maintien du foramen apical dans sa position initiale, sans déchirure ni déplacement.
- Un parage permettant l'élimination de tout le tissu pulpaire vivant, nécrosé ou potentiellement nécrosé.
- Le péri-apex ne doit pas avoir subi d'irritation toxique (propulsion de débris nécrotique), mécanique (sur-instrumentation) ou chimique (irrigants).

##### **1.3.2.2. Les objectifs biologique :**

- Limiter l'instrumentation au canal radulaire.
- Ne pas forcer les débris nécrotique au-delà du foramen apical.
- Retirez tous les débris tissulaire du système canalaire.
- Crée suffisamment d'espace pendant l'élargissement du canal pour permettre une médication intracanalair.

## **Chapitre 2 : Les instruments de réalisation de la cavité d'accès endodontique**

### **2.1. Définition :**

La réalisation de la cavité d'accès constitue la première phase du traitement endodontique. C'est une étape essentielle, le succès du traitement endodontique est en effet étroitement dépendant de la qualité de cette voie d'accès. La cavité d'accès déterminera le nombre de trajectoires canalaire à traiter, puis conditionnera le passage des instruments dans les canaux afin d'assurer leur nettoyage, leur éventuelle désinfection et leur mise en forme avant obturation. (6)

### **2.2. Objectifs :**

Une cavité d'accès correctement réalisée devra :

- \* Eliminer complètement le plafond de la chambre pulpaire.
- \* Eliminer tout le contenu de la chambre pulpaire, pulpe vivante ou nécrosée.
- \* Permettre de visualiser toutes les entrées canalaire.
- \* Permettre l'accès direct au tiers apical des instruments endodontiques sans interférence avec les parois coronaires. L'un des principaux objectifs est de faciliter le nettoyage et la mise en forme du système canalaire.
- \* Constituer un réservoir étanche pour la solution d'irrigation.
- \* Procurer une assise convenable au ciment temporaire.

L'accès total au système endodontique ne doit jamais être compromis par une volonté irrationnelle de conservation de certaines structures coronaires. A l'inverse, une mutilation inconsidérée de la dent, susceptible de compromettre le pronostic de conservation, doit être évitée. L'élimination des zones d'interférence coronaire doit être sélective. Tout en recherchant un accès direct aux canaux, il faut s'attacher à conserver les zones de résistance pour des raisons mécaniques et préserver l'esthétique lorsque cela s'avère réalisable. (6)

## 2.3. Instrumentation :

### 2.3.1. Les instruments rotatifs:

#### 2.3.1.1. Les fraises endodontiques :

##### 2.3.1.1.1. Fraise boule diamantée :

Ces fraises abrasent plutôt qu'elles ne coupent ou éclatent les structures dentaires et sont donc efficaces sur une plage de vitesse de rotation plus importante. Elles sont également moins susceptibles de se casser ou de s'ébrécher ou encore de fracturer les dents. Elles sont les plus efficaces lorsqu'elles sont utilisées sur des matériaux durs comme l'émail ou la porcelaine, même si des diamants fins sont excellents pour tailler la dentine avec une finition nette. Initialement, les fraises diamantées étaient recouvertes de particules de gros diamètre et étaient considérées comme grossières, laissant une rugosité de surface importante de l'ordre de 50 µm.

Les fraises diamantées vont couper efficacement quelle que soit la vitesse de rotation, et, très logiquement, le facteur de désagrément sera moindre avec le grain le plus fin si des vitesses faibles sont employées.

Les fraises boules diamantées sont utilisées pour l'ouverture de la cavité d'accès (fig.1).

Chaque fraise est fabriquée selon une technologie des plus récentes. Chacune est microscopiquement contrôlée, donnant des fraises de qualité constante.

La méthode spéciale d'électro déposition assure une répartition uniforme des cristaux de diamant sur la fraise.

Le mélange des grains de diamant naturel offre la possibilité d'une meilleure réduction dans les préparations dentaires.

Le mandrin est en acier de qualité supérieure, calibré pour un maximum de précision et un minimum de vibration

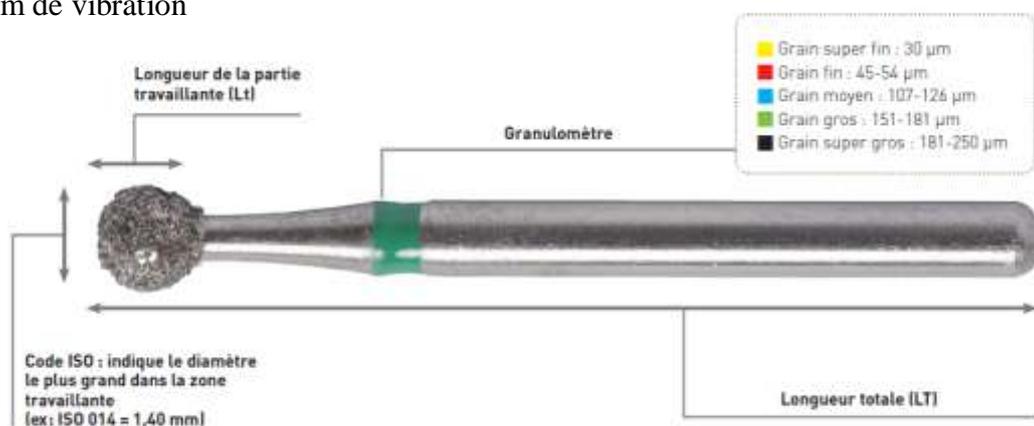


Figure 1 : Fraise boule diamantée

### 2.3.1.1.2. Fraise boule en carbure de tungstène :

Fraise boule en carbure de tungstène permet de dégager la vision du champ opératoire (fig.2). En réalité, les capacités réelles de taille ne sont obtenues qu'à des vitesses de 100000 tours par minute et sont idéales à des vitesses voisines de 300000 tours par minute. Au cours des dernières années, l'une des modifications essentielles concernant ces fraises a été l'augmentation du nombre de bords tranchants et la variation des angles de coupe, les fraises habituelles présentent six bords tranchants et un angle de coupe négatif afin d'améliorer la taille.

Ces fraises coupent le métal et la dentine avec facilité, mais induisent des micro-fêlures dans l'émail, fragilisant les parois des cavités. Toutefois, une fraise en carbure de tungstène avec 12 bords tranchants ou davantage pourra être très efficace pour le polissage des bords d'émail et des surfaces dentinaires.



Figure 2 : Fraise boule en carbure de tungstène

### 2.3.1.1.3. Fraise trans-métal cylindrique :

Particulièrement recommandée pour découper et percer des couronnes et bridges d'or, nickel Chrome et autres alliages non précieux.

La partie travaillante axiale doit être appliquée sur la surface à découper en exerçant une pression modérée.

Un mouvement alternatif de haut en bas augmente l'efficacité de la fraise.

La vitesse d'utilisation recommandée : entre 120'000 et 180'000 1/min.

C'est des fraises hélicoïdales à taille transversale extra fines assurant une bonne évacuation des débris (pas d'encrassement) et permettent d'éviter l'échauffement.

La Trans-métal est également disponible en forme conique à bout rond (E 0580) et poire (E 0154) (fig.3). (7)

La Transmetal est également disponible en forme conique à bout rond (E 0580) et poire (E 0154)



Figure 3 : Fraise trans-métal cylindrique

#### 2.3.1.1.4. La fraise ZekryaEndo ® :

ZekryaEndo ® en carbure de tungstène à pointe mousse. Elle permet un appui sur le plancher pulpaire des dents pluri-radiculées sans risquer de le perforer (fig.4).

Les fraises Zekrya Endo ont été conçues pour empêcher les perforations lors des procédures d'accès endodontique et pour expulser les débris plus efficacement que les autres fraises endodontiques du marché.

La plupart des fraises d'accès endodontiques sont à pointe de sécurité, pour éviter les perforations accidentelles lors de la coupe.

La différence avec la plupart des fraises endodontiques compétitives est qu'elles ont un bord distinct et tranchant entre l'ampoule à pointe sûre et l'extrémité de la partie de coupe principale de la fraise.

Avec la fraise endo Z, les pointes de sécurité sont en forme de dôme, ce qui permet une transition en douceur de la partie de coupe de la fraise à l'extrémité sûre de la fraise. Il n'y a tout simplement pas de lèvre pointue pour provoquer

une perforation (fig.5).

Les fraises EndoZekrya sont dotées de 6 flûtes, conçues avec une hélice ou une spirale unique pour faciliter l'élimination des débris pendant l'utilisation. Cette fonction garantit une coupe plus efficace et une meilleure visibilité. C'est un instrument rotatif à grande vitesse.



Figure 4 : Pointe de sécurité fraise Endo Z

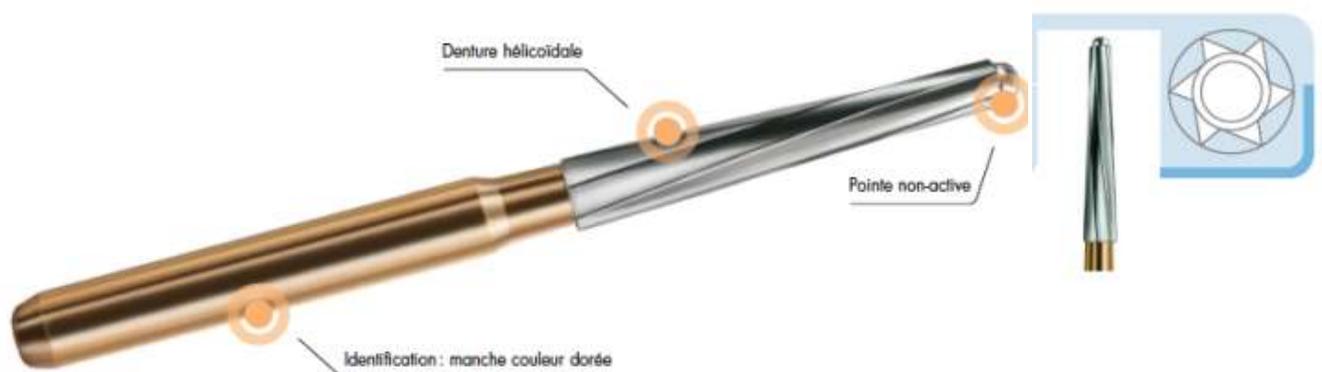


Figure 5 : Fraise Zekrya Endo ®

#### **2.3.1.1.5. La fraise de batt :**

La fraise de Batt Conique D0041 de Maillefer (fig.6) est fabriquée en acier de carbone. Sa pointe inactive n'est pas tranchante, car elle est recommandée pour la préparation de la chambre pulpaire. (8)

#### **Caractéristiques**

- Composites en acier carbone
- Forme conique
- Pointe inactive non coupante
- Préparer la chambre pulpaire
- Fraise de faible vitesse



**Figure 6 : La fraise de Batt Conique D0041 de Maillefer**

#### **2.3.1.2. Les forets:**

Ces instruments permettent un marquage des orifices coronaires en pointant l'entrée canalaire et en effectuant un mouvement de brossage au retrait contre la paroi.

##### **2.3.1.2.1. Foret de X-Gate :**

Les forets de Gates (fig.7) sont de forme elliptique. Ils ont une section en triple U avec des méplats radiaux et une pointe mousse. Ils existent en 15 mm et 19 mm de longueur, les plus courts bénéficiant d'un accès facilité aux dents postérieures. Ils existent en six diamètres différents, numérotés de 1 à 6 de 0,5 mm à 1,5 mm de diamètre. La vitesse de rotation préconisée pour ces forets est de 600 t/min à 800t/min (9). Les instruments Gates sont des élargisseurs qui s'utilisent pour l'évasement et le redressement de la partie coronaire des canaux afin de permettre un meilleur accès aux instruments de mise en forme canalaire. Leur utilisation se limite impérativement à la portion droite des canaux.

Le risque de perforation est important s'ils sont utilisés dans une courbure canalaire ou en action de coupe latérale. Ils sont de forme elliptique et ont une pointe mousse de guidage. Leurs arêtes sont coupantes.



**Figure 7 : Forets de Gates**

### 2.3.1.2.2. Foret Largo :

Les forets Largo® (fig.8) présentent des parois coupantes parallèles. Ils sont disponibles sur le marché avec ou sans pointe mousse ils restent plus rigides et plus agressifs que les forets précédents. Ils existent également en six diamètres différents, numérotés de 1 à 6 de 0,7 mm à 1,7 mm de diamètre. La vitesse de rotation préconisée pour ces forets est de 1 000 t/min à 1 200 t/min. (9)

Le foret largo est excellent pour agrandir la partie cervicale du canal, préparer l'entrée du canal et retirer la gutta-percha pour l'espace postérieur. Encochés pour une identification facile de la taille, ils peuvent être utilisés dans n'importe quelle pièce à main à angle droit. Disponible en longueurs standard (32 mm) et courtes (28 mm).

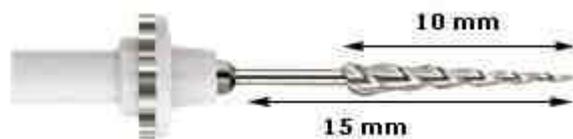


**Figure 8 : Foret Largo®**

### 2.3.1.3. Endoflare :

Le EndoFlare est un instrument NiTi en traitement thermique T•Wire dont le but est de supprimer les contraintes corono-radiculaires. Cette première étape importante assure un accès direct aux canaux, élimine les contraintes du tiers coronaire sur l'instrument de mise en forme qui suit et ainsi limite le risque de fracture précoce. (10)

L'EndoFlare permet d'élargir, de relocaliser les entrées canalaire pour diminuer les contraintes pour les instruments à venir et faciliter leur insertion. Il a une conicité fixe de 12%, un diamètre à la pointe de 25/100e de millimètre. Il a une longueur totale de 15 mm avec 10 mm de partie travaillante (fig.9)



**Figure 9 : Illustration de l'EndoFlare d'après la société Micro-Mega.**

Les instruments de 6% sont repérables par un stop noir. Les diamètres proposés sont de 20/100° (code couleur ISO jaune), 25/100e (rouge) et 30/100e (bleu). La longueur de partie active est de 16mm. La longueur totale des instruments est disponible en 21 ou 25mm.

Les instruments de 4% (à utiliser jusqu'à la LT) sont repérables par un stop gris. Les diamètres sont de 20/100e (jaune), 25/100e (rouge), 30/100e (bleu), 35/100e (vert), 40/100e (noir) et 45/100° (blanc). La longueur de partie active est réduite à 12 mm. Cela permettrait selon le fabricant d'accentuer la flexibilité pour favoriser le passage des courbures, d'améliorer le respect de l'anatomie canalaire et d'éviter la création de butées. De plus, par la réduction des surfaces de contacts entre l'instrument et les parois canalaires, les contraintes seraient diminuées. La longueur totale des instruments est disponible en 21 ,25 ou 29 mm.

L'Endoflare utilisé au début de traitement, pour faciliter l'accès aux entrées canalaires. La Pénétration est limitée à la portion coronaire et doit être de l'ordre de 3 mm Maximum en dessous du plancher pulpaire. L'évasement coronaire obtenu Facilite l'insertion des instruments de préparation grâce à une ouverture plus simple et à la suppression des contraintes corono-radicales. Il simplifie ainsi Le travail des instruments de cathétérisme et d'élargissement.

En fin de séquence, pour faciliter l'obturation en permettant le passage de Fouloirs dans la technique de condensation verticale à chaud. L'Endoflare ne se substitue pas aux instruments de préparation canalaire Mais simplifie et optimise leur action (fig.10).



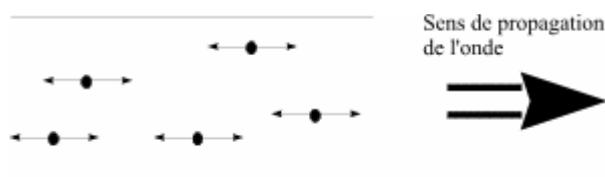
**Figure 10 : Endoflare**

### 2.3.2. Gamme sonore:

L'onde sonore est produite par la vibration mécanique d'un support fluide ou solide, propagée sous forme d'ondes longitudinales, grâce à l'élasticité du milieu environnant.

Dans un milieu compressible, le plus souvent dans l'air, le son se propage sous forme d'une variation de pression créée par la source sonore. Seule la compression se déplace et non les molécules d'air, qui ne font que vibrer très faiblement autour de leur position d'équilibre.

L'onde sonore est une onde dite de compression. (11)



**Figure 11 : Propagation de l'onde sonore (Van Der Weijden, 2007)**

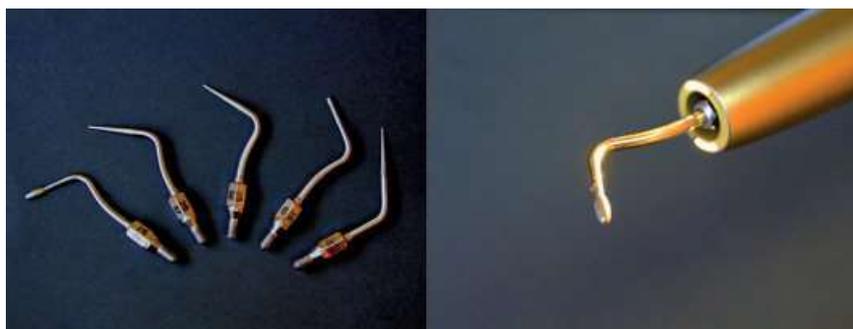
La fréquence d'un son est exprimée en hertz (Hz). Une fréquence faible correspond à un son grave et inversement, une fréquence élevée à un son aigu. Tout être vivant doté d'une ouïe ne peut percevoir qu'une partie du spectre sonore. Les physiologistes s'accordent à dire que l'oreille humaine moyenne ne perçoit que les sons de fréquences comprises entre 20 et 20000 Hz. En dessous de cet intervalle, les sons sont qualifiés d'infrasons et au delà d'ultrasons puis d'hyper sons au-dessus de 1GHz. (12)

Infrasons	Sons	Ultrasons	Mégasons	Hypersons
1Hz→	20Hz→	20KHz→	1MHz→	100MHz...

**Tableau 1 : Les fréquences sonores (Gagnot, 2008)**

Les fréquences audibles sont généralement trop basses en énergie pour provoquer certaines réactions chimiques telles que la cavitation ou les micro-courants acoustiques qui nous intéressent particulièrement en odontologie. (12)

L'action abrasive des inserts est plus contrôlée qu'avec des Instruments rotatifs et permet d'obtenir des parois lisses. La pièce à main SONICflex® (Kavo) se branche sur le raccord turbine du fauteuil à l'aide d'un adaptateur spécifique. Ce branchement au fauteuil permet le passage d'air comprimé qui entraîne la vibration des inserts diamants. Un spray modulable est aussi facilement ajouté à l'action sonore selon les Réglages du fauteuil. La gamme possède cinq inserts différents dont trois ont une forme particulièrement adaptée à L'amélioration de la cavité d'accès (fig.12). (13)



**Figure 12 : SONICflex® (KaVo). B. Insert monté sur Pièce à main sonique**

KaVo SONICflex endo permet :

Mise en forme de la cavité pulpaire en vue de la préparation corono radiculaire.

Préparation des entrées des canaux radiculaires.

Recherche des canaux.

Elimination des matières molles lors de l'étape de contrôle.

Préparation coronaire descendante (step-down).

Mise en place des inserts SONICflex endo :

L'extrémité de travail à utiliser est vissée sur la pièce à main SONICflex avec la clé dynamométrique fournie jusqu'à ce qu'un clic se fasse ressentir.

**L'insert de travail est alors sécurisé dans la pièce à main.**

Si la pièce à main SONICflex reste dans l'unité de soins avec l'insert en place, il est recommandé de laisser l'outil de vissage fourni fixé afin d'éviter tout risque de blessure. (14)

#### Aperçu des inserts KaVo SONICflex - Endodontie -

##### Insert SONICflex endo n° 66

Traitement : Mise en œuvre de la cavité d'accès, élimination d'excédents

Forme : bouton, **grand** ; diamantation D 46



N° de commande : adapté à SONICflex 2000 N / L, 2003 / L  
adapté à SONICflex 2008 / L, 2008 S / LS

1.000.5825

1.006.1992

##### Insert SONICflex endo n° 67

Traitement : Extension de grands canaux

Forme : konisch **125°**, Diamantierung D 46



N° de commande : adapté à SONICflex 2000 N / L, 2003 / L  
adapté à SONICflex 2008 / L, 2008 S / LS



1.000.5822

1.006.1994

##### Insert SONICflex endo n° 68

Traitement : Extension de grands canaux

Forme : cônica **112°**, diamantation D 46



N° de commande : adapté à SONICflex 2000 N / L, 2003 / L  
adapté à SONICflex 2008 / L, 2008 S / LS

1.000.5823

1.006.1996

Figure 13 : Aperçu des inserts KaVo SONICflex n° 66-67-68

### Insert SONICflex endo n° 69

Traitement : Élimination de résidus de remplissage du canal radiculaire  
Forme : bouton, **petit**, diamantation D 46



N° de commande : adapté à SONICflex 2000 N / L, 2003 / L  
adapté à SONICflex 2008 / L, 2008 S / LS



1.000.5827  
1.006.1998

### Insert SONICflex endo n° 70

Traitement : pour canaux particulièrement longs et larges  
Forme : cône **117°**, diamantation D 25  
la partie avant n'est pas diamantée



N° de commande : adapté à SONICflex 2000 N / L, 2003 / L  
adapté à SONICflex 2008 / L, 2008 S / LS



1.000.5821  
1.006.2000

### Insert SONICflex Endo clean n° 96

\*disponible à partir du 16 mai

Traitement : pour le rinçage du canal radiculaire, l'élimination des débris et de la boue dentinaire (smear layer) et potentialisation de l'action de la solution de rinçage antibactérienne.  
Forme : angles de 105° et de 75°



N° de commande : adapté à  
SONICflex 2008 / L, 2008 S / LS

SONICflex Endo clean set A	1.007.1142
Insert SONICflex Endo clean A	1.008.5164
adapté à SONICflex 2000 N / L et 2003 / L	
Insert SONICflex Endo clean	1.008.5163
SONICflex Endo clean set	1.006.2045

Aiguilles Endo clean pour SONICflex 2000 N / L, 2003 et 2008	
SONICflex Endo clean 015 blanc	1.006.2042
SONICflex Endo clean 020 jaune	1.006.2043
SONICflex Endo clean 025 rouge	1.006.2044



Figure 14 : Aperçu des inserts KaVo SONICflex n° 69-70-96

### 2.3.3. Les instruments ultrasonores:

Les ultrasons sont des ondes mécaniques sinusoïdales qui se propagent dans la même direction que la vibration et dont la fréquence est supérieure à 20KHz. L'onde ultrasonore est une variation de pression qui se propage dans un milieu élastique. Sa propagation nécessite d'être dans un milieu matériel, à la différence de l'onde électromagnétique qui peut se propager dans le vide. Le milieu de propagation de l'onde ultrasonore est soumis à une succession de surpressions et de dépressions. Les particules constitutives du milieu sont alors animées d'un mouvement de va-et-vient dans l'axe de déplacement des ultrasons. Leurs fréquences élevées ne leur permettent pas d'être entendus par l'oreille humaine. Les fréquences ultrasoniques utilisées dans les cabinets dentaires sont comprises entre 20 et 40

KHz pour les traitements parodontaux, prothétiques, ou encore endodontiques et jusqu'à 100 KHz pour les bacs de nettoyage des instruments souillés. (12)

Lors de la préparation de la cavité d'accès endodontique à l'aide d'une fraise Zekrya en carbure de tungstène, des surplombs dentinaires peuvent persister, empêchant alors la découverte de tous les canaux. L'utilisation d'une instrumentation ultrasonore facilite la destruction de ces ponts dentinaires et permet l'ouverture des canaux calcifiés. Elle facilite la pénétration sans contrainte des instruments de préparation canalaire en élargissant les entrées des canaux. L'élimination de ces structures dentinaires est réalisable grâce à des inserts diamantés. Les inserts à ultrasons ne présentent pas de rotation de leur partie travaillante 57 contrairement aux fraises, permettant ainsi un contrôle de l'élimination des tissus beaucoup plus simple et précise. (15)

Le travail s'effectue par de petites pressions latérales permettant d'avoir un geste contrôlé afin d'éviter une perforation lors d'un geste iatrogène. (12)

Lors de la recherche des canaux, il faut se rappeler que la dentine secondaire est blanchâtre ou opaque, tandis que le plancher pulpaire est sombre et plus gris en apparence. Afin de trouver et ouvrir les canaux radiculaires, l'utilisation de différents inserts à des fréquences variables sera nécessaire. Si la puissance des ultrasons est trop forte, l'action de coupe sera trop agressive augmentant le risque de perforation et de création de formes aberrantes de la chambre pulpaire. (15)

Ce geste est systématiquement réalisé sous aide optique et sans irrigation afin d'avoir un champ de vision optimal. L'aménagement de la cavité d'accès se fait avec des micro-inserts abrasifs. Actuellement deux formes d'inserts sont proposées : cylindro-coniques ou boule.

#### **2.3.3.1. Les inserts cylindro-coniques :**

Il s'agit d'inserts en forme de sonde droite dont la partie travaillante est recouverte d'un revêtement abrasif en diamant ou en zirconium. La longueur et le diamètre des pointes 58 sont variables. Ces inserts sont utilisés pour l'élimination des surplombs dentinaires, des calcifications ainsi que pour l'élargissement de l'accès canalaire. Ils sont d'abord positionnés, puis la partie travaillante est déplacée selon un mouvement de léger brossage avec une pression latérale aussi faible que possible. Leur utilisation doit se faire sous aide optique, sans irrigation et à puissance moyenne. Ces inserts permettent d'obtenir un champ opératoire dégagé diminuant ainsi la fatigue visuelle de l'opérateur. Lors de leur utilisation, le geste doit être sûr et précis car leurs extrémités travaillantes peuvent entraîner des perforations du plancher pulpaire. (12)



**Figure 15 : Insert abrasif cylindro-conique de Satelec® ET 18 D  
(Acteon® Pierre Rolland®, 2012)**

### **2.3.3.2. Les inserts boules:**

Il s'agit d'inserts cylindro-coniques dont l'extrémité travaillante sphérique est recouverte d'un revêtement abrasif. Ces inserts permettent la recherche de canaux calcifiés et l'exploration du plancher pulpaire. Ils doivent être utilisés sous aide optique sans irrigation. Ils sont directement positionnés sur la zone de travail à puissance moyenne. La partie travaillante est déplacée avec un mouvement de léger brossage sans pression latérale, l'action instrumentale s'exerçant principalement sur la dentine secondaire en 59 respectant le plancher pulpaire d'aspect nacré. Contrairement aux fraises boules même à long col, ces inserts boules permettent d'obtenir un champ de vision dégagé. (12)



**Figure 16 : Insert abrasif boule de Satelec® ET BD (Acteon® Pierre Rolland®, 2012)**

### 2.3.4.3. Endo Success (Satelec) :

Les inserts ETBD et ET18D sont indiqués pour la découverte d'orifices canalaires cachés et pour finir les parois de la cavité en éliminant les surplombs présents. L'insert ET20 permet d'affiner la recherche de canaux supplémentaires au niveau d'un isthme coronaire (racine mésiale de molaire mandibulaire) (fig.17). (13)



**Figure 17 : Endo Success (Satelec)**

### 2.3.4.4. Star-X (DentsplyMaillefer) :

Ces inserts ne sont pas diamantés mais présentent une partie Active micro fraisée. Cette gamme a été spécifiquement créée pour la cavité d'accès et chaque insert présente une indication propre. Leur mise au point est issue de la volonté de rendre plus accessible l'utilisation des ultrasons aux omnipraticiens, sans forcément recourir à des aides optiques tel le Microscope opératoire. Leurs indications sont les suivantes (fig.18) :

- Start-X1® pour la finition des parois.
- Start-X2® pour l'élimination du surplomb dentinaire du MV2.
- Start-X3® pour l'élimination des obstacles coronaires au canal.
- Start-X4® pour l'élimination des ancrages corono-radiculaires.
- Start-X5® pour l'élimination des calcifications adhérentes au Plancher. (13)



**Figure 18 : Gamme Start-X®**

## **Chapitre 3 : Les instruments de mise en forme canalaire**

Les technologies endodontiques ont considérablement évolué ces vingt dernières années avec l'apparition dans le domaine de l'endodontie d'instruments en Nickel-Titane. Ces instruments ont permis de repousser les limites que nous croyons infranchissables d'une mise en forme canalaire mono instrumentale. Cependant quelle que soit la technique et le matériel utilisé, l'anatomie canalaire et les processus conduisant à la réalisation d'un traitement endodontique n'ont pas varié.

Les facteurs anatomiques et la présence bactérienne lors de l'infection endodontique restent les éléments limitant majeurs de la préparation canalaire, il convient donc de respecter les principes qui régissent l'acte thérapeutique de la préparation et de l'obturation canalaire :

- Eliminer les tissus et les agents pathogènes du volume canalaire.
- Respecter les tissus péri-apicaux et dentinaires.
- Permettre le maintien d'une dent fonctionnelle en favorisant la cicatrisation apicale.

### **3.1. Les techniques de préparation:**

#### **3.1.1. La préparation sérielle (Weine 1970):**

Cette technique comporte deux étapes :

- le cathétérisme : il a pour objectifs l'évaluation de la « perméabilité canalaire » la reconnaissance de l'anatomie endodontique et la détermination précise de la longueur de travail à l'aide d'un cliché radiographique rétro-alvéolaire (entre 0,5 et 1 mm de l'extrémité radiographique du canal). Cette étape est réalisée au moyen d'une lime K d'un diamètre inférieur à 20/100 mm, afin de préserver les cellules de cicatrisation du cône de Kuttler. (16)
- l'élargissement canalaire progressif par le passage de couples de limes K et H en alternance et de diamètres croissants.

#### **3.1.2. Le step-back:**

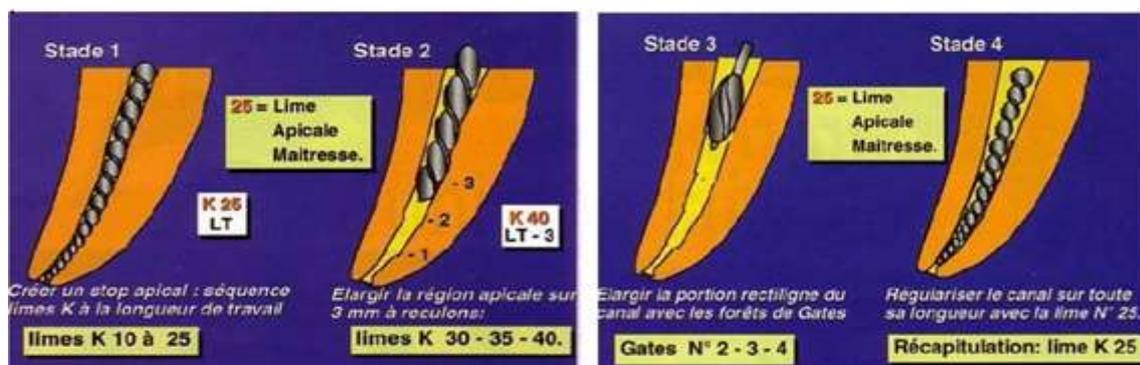
C'est le principe de la « préparation télescopique » décrite par Mullaney qui survient après les étapes suivantes :

- débridement et élargissement des entrées canales au moyen de forets de Gates-Glidden,
- détermination de la longueur de travail à l'aide de limes pré-courbés et de faibles diamètres (moins de 20/100 mm),

- élargissement homothétique du canal avec des couples de limes K / limes H de diamètres croissants, toujours amenées à la longueur de travail, jusqu'au passage de la lime apicale maîtresse (LAM). (17)

Selon Schilder, le step-back, également connu sous le nom de « rétrogradation récapitulation », consiste à repasser au couple lime K / lime H (ou broche) précédent à la moindre difficulté rencontrée à l'insertion d'un nouveau couple d'instruments de diamètre plus important.

On s'assure ainsi de la vacuité du canal en limitant, de ce fait, les risques de fausse route, de création de butée et de fracture instrumentale en cas de contrainte trop importante



**Figure 19: step-back**

### 3.1.3. La séquence opératoire 2/3 – 1/3 (Laurichesse et Santoro, 1971):

Laurichesse propose de standardiser la préparation canalaire manuelle en la divisant en trois parties: la préparation du tiers coronaire, du tiers médian puis du tiers apical. Les tiers coronaire et médian sont préparés dans un premier temps, afin de faciliter l'accès instrumental au tiers apical. Malgré tout, la technique d'alternance entre les limes K et les limes H décrite par Weine précédemment mentionné reste de mise (18)

### 3.1.4. Anticurvature filing technique (Abou-Rass et coll., 1980):

Proposée pour la première fois au début des années 80 afin de limiter le risque de perforation de la paroi interne des courbures canalaire, cette méthode consiste à diriger la préparation canalaire vers les zones dites « de sécurité », c'est-à-dire vers la paroi externe à la courbure.

L'instrumentation se fait manuellement et l'examen radiographique préopératoire devra être scrupuleusement réalisé, afin de déterminer l'intensité des courbures et leur localisation. Les

limes seront pré-courbés pour se rapprocher au mieux de la courbure canalaire. La technique du step-back vue précédemment peut alors être mise en œuvre.

### **3.1.5. Step-down (Goerig et coll., 1982):**

La préparation endodontique est partagée en trois étapes:

- l'accès coronaire: la chambre pulpaire doit être mise de dépouille de manière à ce que les instruments puissent pénétrer dans les entrées canalaire sans la moindre interférence et avec une courbure minimale.
- l'accès radiculaire : cette étape correspond à l'instrumentation des deux premiers tiers coronaires du système canalaire. C'est la technique du step-down. Elle permet :
  - un accès plus direct à la région apicale,
  - d'éliminer les interférences dentinaires dans les deux premiers tiers coronaires du canal,
  - d'éliminer la plupart des débris (organiques et minéraux) et des micro-organismes avant l'instrumentation du tiers apical,
- l'instrumentation apicale : le tiers apical est enfin préparé selon la technique vue précédemment qui est la préparation sérielle

### **3.1.6. L'ampliation séquentielle assistée (Laurichesse et coll., 1982):**

En 1980, la technique de préparation canalaire connaît une nouvelle révolution:

l'assistance mécanique. Le Rispi® (de Riitano et Spina, fig.20), adapté sur le contre-angle Giromatic® (fig.21), permet de porter la fréquence des mouvements de rotation horaire / antihoraire en quart de tour à 3000 mouvements / minute (au lieu de 150 huitièmes de tour par minute en technique manuelle). Le mouvement de translation axiale étant assuré par le praticien. D'autres contre-angles, comme l'Endolift® de Kerr, l'Endo-angle® d'Union Broach ou l'Endomat®, offrent des mouvements comparables.



**Figure 20 : Lime Rispi®**



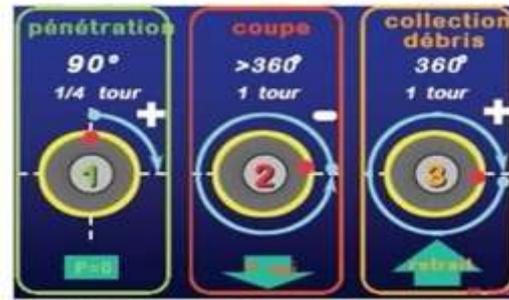
**Figure 21 : Contre-angle Giromatic®**

Cependant, Frank en 1967, Harty et Stock en 1974, Weine en 1976, ou encore Lehman et Gerstein en 1982, leur reprochèrent tour à tour la perturbation du sens tactile du praticien et privilégièrent donc un retour à l'instrumentation manuelle au moyen de systèmes spécifiques (Flexofile™, Unifile™) pouvant assurer simultanément le cathétérisme et l'élargissement du canal.

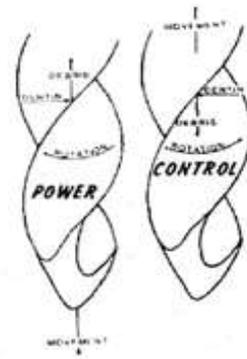
### **3.1.7. Le concept des forces équilibrées (Roanne et coll., 1985):**

Cette technique permet de minimiser le phénomène de transport canalaire en utilisant une instrumentation spécifique, les Flex-R-Files®, avec des mouvements alternatifs horaires et antihoraires.

Le Flex-R-File® est un instrument à pointe non travaillante et usiné de manière à ce que les débris canaux soient éliminés lors des mouvements antihoraires. Du fait de son mode d'utilisation, il n'est pas nécessaire de le pré-courber. L'instrument est inséré dans le canal par un mouvement de rotation horaire accompagné d'une légère pression en direction apicale. Le mouvement anti-horaire, toujours accompagné d'une pression apicale, permet ensuite de remonter les copeaux dentinaires (fig.22-23). Cette pression doit être proportionnelle à la résistance de la lime (plus le diamètre de l'instrument est important, plus la résistance sera grande).



**Figure 22 : UN mouvement en trois étapes**



**Figure 23 : Dynamique instrumentale dans la technique des forces équilibrées**

En fait, la résultante des forces s'exerçant sur les lames de l'instrument annule l'effet de mémoire élastique, ce qui explique qu'il n'est pas nécessaire de le pré-courber : il suit naturellement la trajectoire canalaire.

### **3.1.8. La technique de l'appui pariétal (Laurichesse et coll., 1986):**

Elle repose sur l'utilisation de systèmes de préparation tels que:

- le Meca Shaper™ (Micro-Mega),
- le Canal Finder System® (Endo Technic),
- l'Excalibur™.

Martin et Cunningham (1985) proposent le recours aux sondes ultrasonores mais se heurtent aux limites mécaniques connues de ces instruments. Cette approche est toujours d'actualité dans les domaines de l'irrigation, du débridement des entrées canalaire et plus généralement de la délinéation extensive.

### 3.1.9. Le crown-down ou technique corono-apicale en rotation continue (Marshall et Papin, 1989):

Cette technique a été suggérée suite aux travaux de Morgan et Montgomery, montrant que le risque de propulsion des débris canaux vers l'apex augmente lorsque le diamètre de l'instrument se rapproche de celui du canal. (19)

Le crown-down consiste en une mise en forme canalaire depuis la portion cervicale en direction de l'apex. Il fait appel à l'utilisation d'instruments en nickel-titane de conicités décroissantes à mesure que l'on progresse vers l'apex. Cela permet l'élimination des interférences du tiers coronaire puis du tiers moyen, facilitant ainsi la progression des instruments de faible conicité vers la région apicale (fig.24).

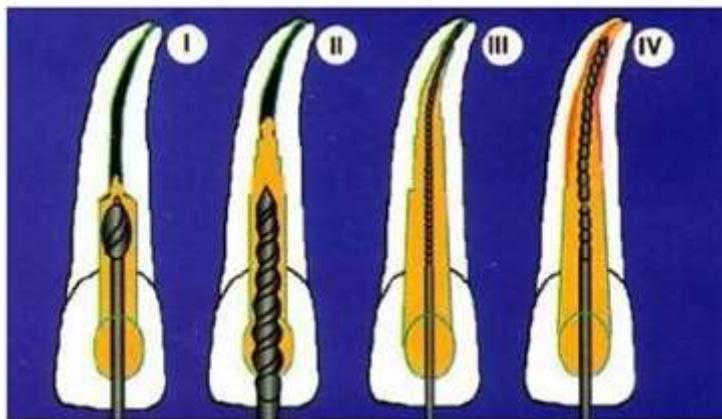


Figure 24 : les quatre temps opératoires du crown-down

### 3.2. Procédé de fabrication:

Les instruments de préparation canalaire peuvent être usinés ou torsadés. Les instruments endodontiques usinés ont tendance à moins résister à la torsion que leurs homologues torsadés. De plus, ils montrent moins de déformations visibles avant une potentielle rupture, contrairement aux instruments torsadés qui ont tendance à se détorsader. En effet, les procédés d'usinage sont à l'origine de stries d'usinage en surface de l'instrument constituant des zones de concentration de contraintes pouvant induire des initiations à la rupture. Ces stries d'usinage n'existent pas sur les instruments torsadés ; ces derniers résistent donc mieux à une potentielle rupture par torsion. Ainsi, les procédés de fabrication d'instruments par torsion semblent mieux convenir aux mouvements mécanisés. (20)

### **3.3. Caractéristiques instrumentales :**

#### **3.3.1. Les normes iso:**

La majorité de l'instrumentation endodontique manuelle traditionnelle répond à la norme ISO 3630-1. Pour établir cette norme, l'organisation internationale des standards (ISO) a travaillé en collaboration avec la Fédération dentaire internationale (FDI) et l'ADA (American dental association) Plusieurs spécifications (28 et 58 ANSI/ADA) ont été établies et révisées depuis les années 1970. Elles imposent le métal à utiliser, mais également un certain nombre de paramètres, tels que les dimensions des instruments associées à un code couleur, ainsi qu'une conicité fixe de 2 %. Concernant les dimensions, la longueur de l'ensemble « tige lame active » peut être de 19 mm, 21 mm, 25 mm, 27 mm ou encore de 31 mm, la lame active seule devant mesurer 16 mm (16)

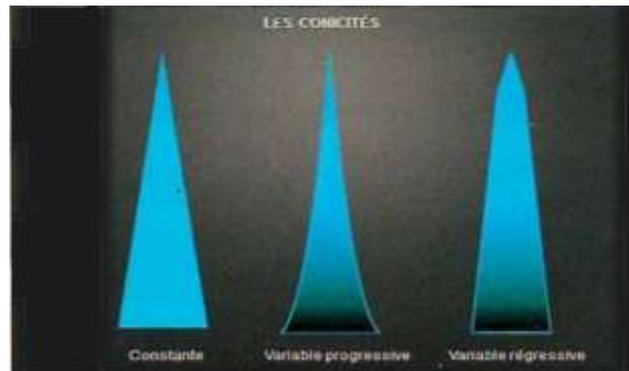
#### **3.3.2. La conicité:**

La conicité traduit une variation de diamètre par millimètre, le long d'un volume (instrument ou canal). Si la conicité est constante le diamètre augmente régulièrement de la pointe de l'instrument vers la base de la partie active. (21)

Des instruments peuvent avoir un même diamètre de pointe mais des conicités différentes,

La norme ISO impose aux instruments endodontiques une progression de diamètre de deux centièmes de millimètre tous les millimètres linéaires en partant de la pointe de l'instrument. On parle alors d'une conicité de 2%. Si cette progression est de 4 centièmes de mm par incrément de 1mm on parlera de 4% de conicité (idem pour 6%, 8%, etc.]. Cette conicité est en général constante, ceci signifie que la progression de diamètre est régulière. Il a également été mis au point des instruments à conicité variables présentant plusieurs conicités différentes sur la partie active, permettant d'optimiser leur efficacité tout en diminuant les contraintes mécaniques. Ainsi les 3 premiers mm peuvent présenter une progression de 2 centièmes par mm puis les 4 mm suivants une progression de 4 ou 6 centièmes. En d'autres termes, plus on s'éloigne de la pointe et plus le diamètre de l'instrument augmente. Ceci lui confère un profil qui rappelle celui de la Tour Eiffel (conicité variable progressive]. A l'inverse si la progression de diamètre est de 8 centièmes par mm sur les 3 premiers puis de 4 centièmes pour les 4 mm suivants, le diamètre de l'instrument continuera à progresser mais avec un profil plus doux qui rappellera celui d'un obélisque (conicité variable régressive) (Fig.25).

L'accroissement de la conicité à diamètre apical égal améliore l'efficacité de l'irrigation ainsi que la remontée de débris résultants de la préparation. Mais le débat perdure quant à la stratégie à adopter lors de la préparation canalaire. Effectivement, comme nous venons de le voir, l'école scandinave préconise en général une augmentation du diamètre apical par la création d'une boîte apicale (22) alors que l'école américaine prône plutôt une augmentation de la conicité. (16)



**Figure 25 : les conicité**

### **3.3.3. L'hélicoïde:**

Lors de la fabrication d'un instrument endodontique de mise en forme, qu'il soit obtenu par torsion ou par usinage d'une tige d'acier ou d'une tige en Nickel-Titane (NiTi), le sens d'enroulement et d'orientation des lames va déterminer l'hélicoïde de l'instrument et son sens d'utilisation. La plupart des instruments présentent une hélicoïde horaire c'est-à-dire que les lames vont s'enrouler autour du grand axe de gauche à droite lorsqu'on l'on tient par le manche et que l'on regarde vers la pointe. Certains instruments NiTi récents vont présenter une hélicoïde inverse (Wave One<sup>®</sup>, Reciproc<sup>®</sup>) non pas pour leur conférer des propriétés particulières mais pour les utiliser avec un mouvement spécifique (mouvement alternatif transversal asymétrique).

Le sens de disposition des lames va déterminer le mode de pénétration de l'instrument dans le canal sous l'effet de la rotation. En effet deux instruments dont l'hélicoïde est inverse ont la même capacité de coupe si on considère un mouvement de traction leur progression apicale se fera après élargissement par le limage pariétal. En revanche, le mouvement de rotation dans le sens de l'hélicoïde va générer une pénétration apicale par vissage des lames dans la périphérie du mur dentinaire, certes il y a section de matière mais les contraintes générées seront accrues. Ainsi le pouvoir sécant d'un instrument doit être apprécié en fonction du mouvement qui lui est appliqué et de l'objectif recherché.

### 3.3.4. Le pas et l'angle d'hélice:

Le pas est l'élément fondamental qui définit le mode d'utilisation de l'instrument. Il s'agit de la distance entre deux crêtes de lame (deux spires successives) (Fig.26). Il détermine directement la progression linéaire de l'instrument lorsqu'il subit une rotation axiale de 360°. En d'autres termes, plus les lames sont espacées, plus le pas est long et la progression issue d'une rotation horaire de l'instrument sera importante. La surface de dentine « balayée » ou sectionnée sera aussi plus importante. Il est généralement variable au sein d'un même instrument.

Utilisé en rotation continue le pas d'hélice aura une influence sur la flexibilité de l'instrument et son aptitude à l'effet de vissage

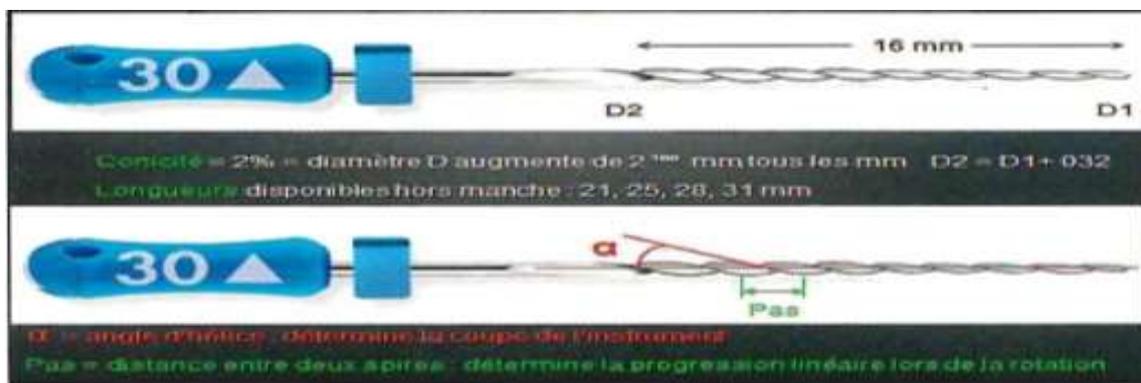


Figure 26 : caractéristiques techniques des instruments endodontiques manuels

Les broches ont un pas plus long que les limes K et par conséquent moins de crêtes mais elles sont plus sécantes en rotation que les limes K. En revanche les limes K présentent plus de crêtes et seront plus sécantes en traction. Le pas est en relation directe avec l'angle d'hélice qui est l'angle formé par l'axe des lames et l'axe longitudinal de l'instrument il aura une influence sur l'évacuation des débris et la tendance au vissage en rotation continue. En manuel, plus l'angle est fermé (60° pour les limes H) plus l'instrument est actif en traction, plus l'angle est ouvert (20° pour les broches) plus l'instrument est actif en rotation. Plus l'angle d'hélice est important plus le pas est court, plus il est faible plus le pas est long et correspond à un instrument plus sécant en rotation. Le pas et l'angle d'hélice influence par ailleurs la flexibilité et l'effet de vissage d'un instrument. (21)

### 3.3.5. Angle de coupe ou angle d'attaque:

L'angle de coupe est formé par l'intersection, d'une part, de la tangente à la surface de la partie avant de la lame de l'instrument et d'autre part, du rayon, passant par l'arête, du cercle dans lequel s'inscrit l'instrument. L'angle de coupe intervient dans l'efficacité travaillante des instruments. (21)

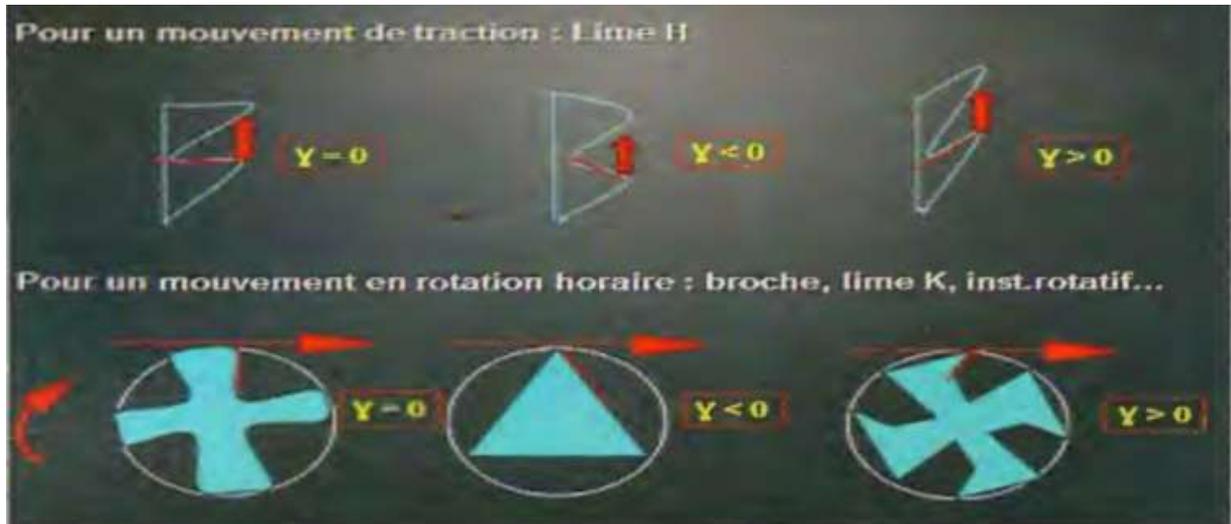


Figure 27 : Dynamique de coupe : angle de coupe Y

Si on considère un mouvement de traction, le racleur est plus actif qu'une broche. Si on considère un mouvement de rotation, la broche est plus active que le racleur. La lime k est active en traction et rotation. C'est un instrument de référence en endodontie.

### 3.3.6. Angle de pointe:

L'angle de pointe est formé par l'intersection des lames à l'extrémité de l'instrument. Il doit être compris, selon la norme ISO, entre 60° et 90°.

L'angle de jonction entre la pointe et la première spire de l'instrument (21)

Le design de la pointe détermine la capacité de guidage de l'instrument et permet d'améliorer l'efficacité de coupe. En effet des pointes pyramidales (angles aigus) ont montré des capacités de coupe supérieures aux pointes coniques. (22)

Des recherches ont été entreprises sur les effets induits par une modification du design de la pointe, plus particulièrement par la suppression de l'angle de transition. D'autres ont noté quels instruments à pointe modifiée maintiennent mieux la courbure canalaire d'origine et de façon plus prédictible que les instruments manuels classiques(23).

Cet angle empêche la pointe d'être en contact avec la paroi du canal, mais c'est l'angle acéré formé par le côté de la pointe et la lame qui peut créer une encoche dentinaire et une butée voire une fausse route. Ce dernier est appelé angle de transition. Ainsi sur beaucoup d'instruments cet angle est adouci par meulage afin d'éviter cet effet délétère.

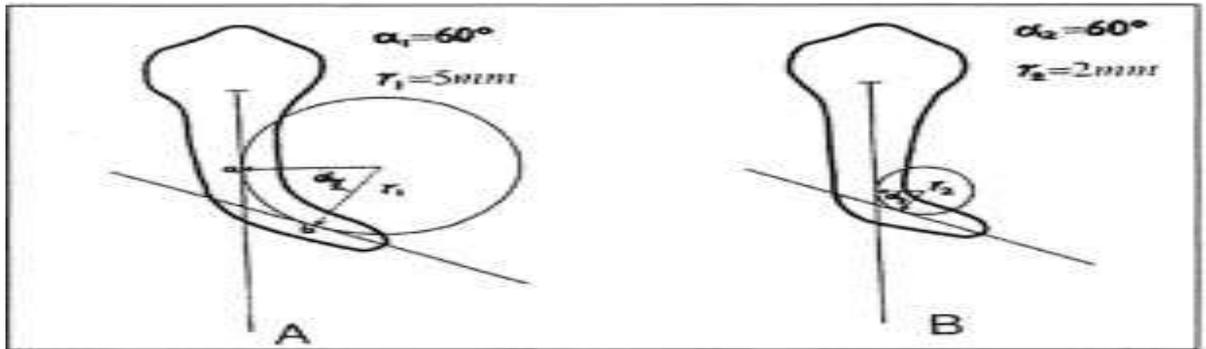


Figure 28 :

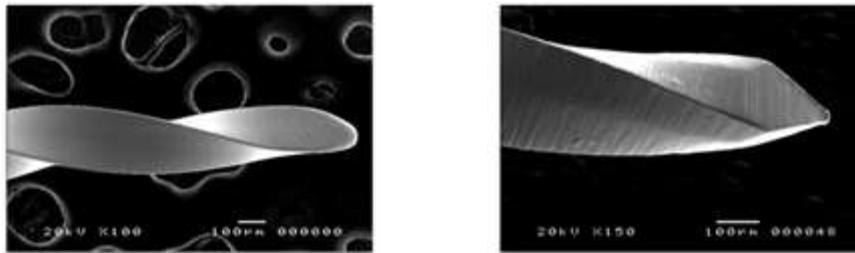


Figure 29 : la pointe passive du R-Endo® R3

### 3.3.7. Autres caractéristiques des instruments:

Le symbole: Il est inscrit sur le manche de l'instrument. Un carré représente une lime K, un triangle une broche et un cercle un racleur. Un carré rempli à moitié représente une lime K manuelle en Nickel-Titane.

Le stop: Il est en silicone ou en caoutchouc et présente un trait noir ou une encoche destinés à matérialiser le côté vers lequel la pointe de l'instrument est orientée lorsqu'il a été préalablement pré courbé.

### **3.4. Instruments en acier :**

#### **3.4.1. Instruments manuels en acier:**

##### **3.4.1.1. Le tire-nerf :**

Les tire-nerfs sont un élément pour enlever le nerf, pas un élément pour élargir les canaux. Il est formé d'une pointe métallique conique surélevée par des écailles métalliques. De cette façon, les tire-nerfs pénètrent dans le canal proprement, mais quand ils en sortent, ils sont accrochés au tissu pulpaire, le tirent et l'extraient du canal. Pour cette utilisation, on utilise un tire-nerf plus épais qui s'insère plus librement dans le canal. Toujours à l'intérieur de la carcasse, sinon le risque de fracture de la carcasse augmente considérablement. Ils sont aussi connus sous le nom de sondes barbelées et doivent être à usage unique. Le mode opératoire de cet instrument semble aujourd'hui désuet.

##### **3.4.1.2. Les limes (ou lime K "Kerr") :**

Elle est fabriquée par usinage ou par torsion antihoraire d'une matrice à section généralement carrée, ces instruments possèdent un angle d'hélice important et un grand nombre de lames. Certaines limes sont maintenant fabriquées à partir d'une section triangulaire pour plus de flexibilité (FlexoFiles, Dentsplg-Maillefer ; Triple-Flex, SgbronEndo) ou losangique (K-Flex, SgbronEndo) ce qui permet de réduire la masse centrale, donc d'amplifier la flexibilité et l'efficacité de coupe par augmentation de l'angle des lames. D'autres sont fabriquées par usinage ce qui majore leur résistance en torsion (Flex-R, Miltex) mais amplifie également le risque de fracture instrumentale car l'instrument se fracture avant de se déformer.

Elles peuvent présenter une pointe modifiée par suppression de l'angle de transition (FlexoFiles, Dentspl g-Maillefer ; Flex-R, Miltex).

Initialement destinées à être utilisées avec un mouvement de translation axiale, elles peuvent également être utilisées en rotation dans la technique des forces équilibrées. (24)

Les limes manuels en acier restent indispensables lors du traitement endodontique. Elles sont actuellement principalement utilisées pour la négociation initiale (cathétérisme), La vérification de la perméabilité du foramen tout au long des manœuvres de mise en forme canalaire, le jaugeage du foramen à la fin de la mise en forme, pour toute anatomie ne permettant pas l'utilisation d'une instrumentation mécanisée et/ou nécessitant un pré courbure.

Section carrée -De 1.97 à 0.88 rainure coupante par millimètre.

Angle hélicoïdal de 45°. Action : principalement en translation (va et vien) et/ou rotation (rotation horaire de 1/8 de tour)



**Figure 30 : une lime K**



**Figure 31 : Kit de K-Files**

### **3.4.1.3. Broches :**

Elle possède une matrice triangulaire torsadée de section triangulaire, la principale différence avec la lime K repose dans le nombre de spires moins important à un angle d'hélice plus petit et un pas plus espacé. (Figure 32)

Initialement destinées à être utilisées avec un mouvement de rotation d'un quart de tour et retrait, elles ont surtout été utilisées pour la technique de l'enveloppe (16)

Actuellement les broches ne sont plus utilisées et pour toutes les manœuvres de cathétérisme, on leur préfère les limes K.

Section triangulaire.

Action : mouvement de rotation 1/4 de tour sens horaires et retrait.

#### 3.4.1.4. Racleur (lime H “Hedström“) :

Ce sont des instruments de mise en forme canalaire (figure 32), très tranchant usiné à partir d'une ébauche à section ronde (chapeau chinois renversé) leurs pas est court (s'apparente à une vis à bois) avec un angle de coupe de 90°. Ils servent essentiellement à l'élargissement après le passage de la lime K du même numéro.

Elle est d'une grande efficacité en traction pure.

Section ronde.

Action : mouvement de traction avec appui pariétal.



Figure 32 : Broche



Figure 33 : kit de limes H

### 3.4.1.5. Indication des limes en acier manuels :

Les instruments manuels en acier ont encore un large champ d'application et ils interviennent tout au long de la préparation (Tableau 2).

Type d'intervention	Etape du traitement *	Instruments	Mouvements
Cathétérisme	Négociation initiale	Limes K08, K10 pré courbées	Reptation puis va-et-vient une fois la longueur de travail atteinte
Perméabilité du Foramen	Tout au long de la mise en forme	Limes K08, K10 pré courbées	Pénétration passive
Négocier un crochet apical ou une butée	Au cours de la mise en forme	Limes K20, K25, K30,... pré courbées	Reptation puis va-et-vient une fois la courbure ou la butée passée
Jaugeage du foramen	A la fin de la mise en forme	Limes K20, K25, K30,... pré courbées	Pénétration passive

**Tableau 2: instruments manuels en acier**

### 3.4.2. Les instruments mécanisés en acier:

Cette catégorie d'instruments est essentiellement représentée par les forêts. Ils sont destinés à l'élargissement de la partie coronaire du canal, afin de redresser les courbures, d'éliminer les interférences sur les instruments et ainsi de favoriser l'accès instrumental au tiers apical sans complication.

Il existe de nombreuses variétés de forêts pouvant être utilisés en endodontie : coniques, cylindro-coniques, forets pilotes.

Les forets les plus répandus restent les forêts de Gates Glidden® et les forets Largo®.

### 3.4.2.1. Les forêts de Gates-Glidden :

Inventés au XIX ème siècle le foret de Gates-Glidden est le premier instrument endodontique utilisé en rotation et il n'a depuis toujours pas été modifié. Fabriqué en acier, il présente une partie travaillante courte et une pointe mousse. Il existe en six tailles et trois longueurs 28,32 et 34mm (Tableau 3).

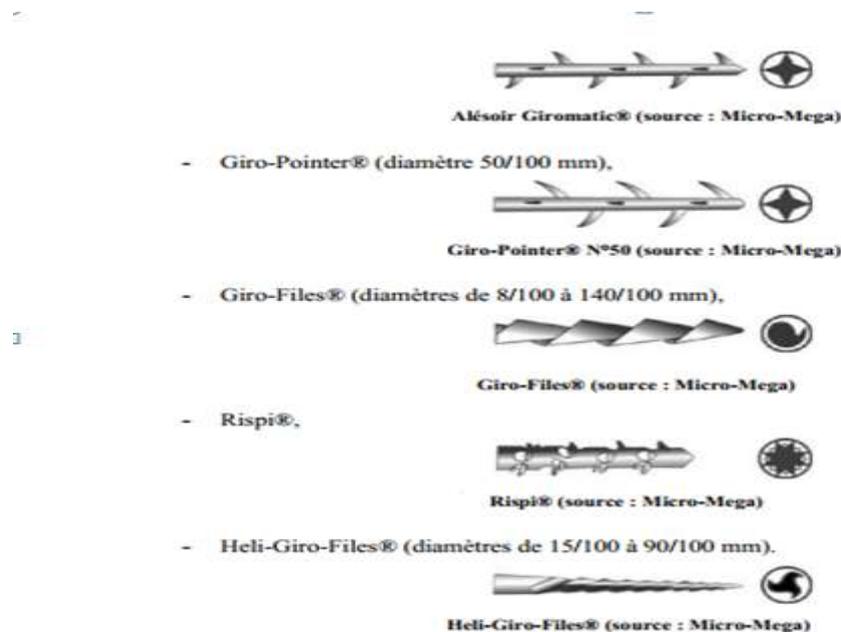
N°	1	2	3	4	5	6
Diamètre	50	70	90	110	130	150

**Tableau 3 : différentes tailles des forets de Gates-Glidden**

Le champ d'application principal du foret de Gates-Glidden est la relocalisation des orifices canalaires et mise en forme du tiers coronaire du canal.

### 3.4.2.2. Instruments montés sur le contre-angle Giromatic® (Micro-Mega®) :

Ce contre-angle génère un mouvement de quarts de tour alternatifs, 3000 fois par minute (environ 20 fois plus qu'en technique manuelle). Les quarts de tour alternatifs diminuent considérablement les contraintes instrumentales et donc le risque de fracture. Divers instruments sont compatibles avec le contre-angle Giromatic® (figure 34) tels : Giro-Pointer®, Giro-Files®, Rispi®, Heli-giro-files®.



**Figure 34 : Divers instruments compatibles avec le contre-angle Giromatic®**

### 3.4.2.3. L'Endo-Express® :

Le système Endo-Express® (mis au point par Deutsch et Musikant) associe :

Un mouvement alternatif de douzième de tour (30°). Il réduit ainsi les contraintes instrumentales en respectant le principe des forces équilibrées(24). Il permet d'éviter le risque de vissage ou de gainage de l'instrument, d'évacuer les débris plus efficacement et assure un centrage permanent de la lime, ce qui garantit un meilleur respecte la trajectoire canalaire. La fatigue cyclique et la contrainte en torsion sont fortement diminuées.

Un instrument SafeSider® présentant un méplat sur toute sa partie travaillante (figures 35). Cette dernière présente seize spires au lieu de vingt-quatre. Le méplat confère à la lime une très grande efficacité de coupe tout en favorisant l'évacuation rapide et optimale des débris dentinaires, et en augmentant sa flexibilité.

Il existe 8 instruments SafeSider® en acier inoxydable dont les diamètres vont de 8/100mm à 40/100 mm et 3 instruments en NiTi (30/100 mm à 4%, 35/100 mm à 6% et 25/100mm à 8%).



**Figure 35 : méplat des instruments SafeSider® (d'après Wan et coll, 2010)**

### 3.4.3. Avantages des instruments en acier inoxydable:

Les instruments endodontiques manuels en acier inoxydable permettent la préparation canalaire avec de bons résultats aussi bien en termes de mise en forme (surfaçage canalaire et conicité), que de nettoyage et ce, avec un risque de fracture instrumentale relativement faible dans les canaux peu courbés. De plus, leur efficacité de coupe est significativement supérieure à celle des limes NiTi manuelles. (25).

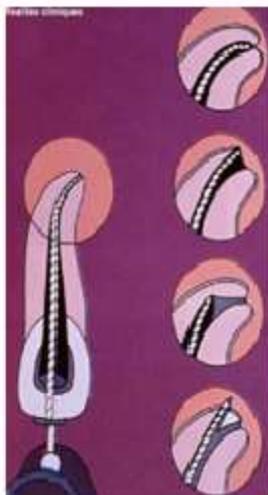
### 3.4.4. Inconvénients des instruments en acier inoxydable:

La faible flexibilité et la mémoire élastique (redressement de l'instrument avec la contrainte) des instruments en acier inoxydable augmentent le risque de :

- Déplacement de la trajectoire canalaire initiale,
- Redressement des courbures,

- Ovalisation ou déplacement du foramen apical (transport interne ou externe),
- Création de butées et d'épaulements,
- Perforations (fig.36).

Ceci est particulièrement vrai lorsque le diamètre des instruments utilisés dépasse 25/100mm.



**Figure 36 : exemples de déformations apicales avec les instruments manuels en acier inoxydable**

### 3.4.5. De l'acier inoxydable au nickel-titane:

La négociation des courbures canalaire peut s'avérer extrêmement difficile avec des instruments usinés en acier inoxydable, à partir du diamètre 25/100 mm, une lime en acier présente une mémoire élastique relativement importante pouvant induire des déviations de la trajectoire canalaire. Par ailleurs, la norme ISO impose une conicité de 2% à tous ces instruments, ce qui ne facilite pas l'obtention d'une préparation régulièrement conique du canal. Les améliorations technologiques des aciers des instruments n'ont pas suffi à répondre aux nouveaux critères de préparation canalaire. Il faut remonter à la fin des années 80 pour que Walia crée les premiers instruments endodontiques en alliage de nickel et de titane, obtenus à partir de fils orthodontiques. (26)

Le premier instrument manuel commercialisé est le Canal Master U® (Brasseler). Dix ans plus tard, Mac Spadden et Ben Johnson inventent l'assistance mécanisée ou « rotation continue à basse vitesse » (300 tr/mn). En France, au milieu des années 1990, sont commercialisés les premiers instruments de rotation continue en nickel-titane : on retrouve

notamment les systèmes MaXim® et Quantec®. L'utilisation du Nickel-Titane en rotation continue a alors ouvert de nouvelles perspectives dans le monde de l'endodontie (27)

Cet alliage semble beaucoup plus approprié aux exigences du système endodontique. En effet, ses propriétés mécaniques lui permettent de mieux respecter les courbures et ainsi de préserver les trajectoires canalaire originelles tout en assurant une préparation conique et régulière (Zmener et Balbachan, 1995 ; Samyn et coll., 1996 ; Bishop et Dummer, 1997 ; Rorg-Cayon et Basilio-Monne, 1997).

### 3.5. Instruments en Nickel-Titane :

En odontologie, le titane est utilisé sous forme « pure » ou bien sous forme « alliée ». Le titane « pur » ou « non allié », également appelé « titane commercialement pur » (TiCP), contient quelques éléments chimiques tels que l'oxygène, le fer, l'hydrogène, l'azote et le carbone. La quantité relative en oxygène et en fer permet de distinguer quatre grades parmi les TiCP : le grade 1 étant le plus pur (0,15% de fer et 0,12% d'oxygène)

Composition chimique (% en poids)						
	Fe max	O max	N max	C max	H max	Ti
Grade 1	0.15	0.12	0.05	0.06	0.013	Reste
Grade 2	0.20	0.18	0.05	0.06	0.013	Reste
Grade 3	0.25	0.25	0.05	0.06	0.013	Reste
Grade 4	0.30	0.35	0.05	0.06	0.013	Reste

**Tableau 4 : composition chimique du titane selon la norme DIN 17850 (d'après Kurdyk, 1997)**

#### 3.5.1. Propriétés mécaniques:

##### 3.5.1.1. La super-élasticité

En 1993, Mac Spadden a montré que l'application d'une contrainte, même faible, sur un instrument en nickel-titane induit une déformation importante. A la suppression de cette contrainte, on observe un retour de l'instrument à sa forme initiale.

Toutefois, si la contrainte dépasse la limite élastique du matériau, la déformation devient plastique (et donc irréversible) avec un risque de fracture accru.

### 3.5.1.2. La mémoire de forme :

Cette propriété s'explique par un phénomène cristallographique : la transformation martensitique induite par la contrainte.

En fait, l'austénite est transformée en martensite puis revient à la forme d'austénite dès l'arrêt de cette contrainte. Un abaissement de la température induit également une transformation réversible de l'austénite en martensite. Ainsi, l'élévation de la température (lors du cycle de stérilisation par exemple) permet l'élimination des contraintes résiduelles accumulées au sein de l'instrument (fig.37).

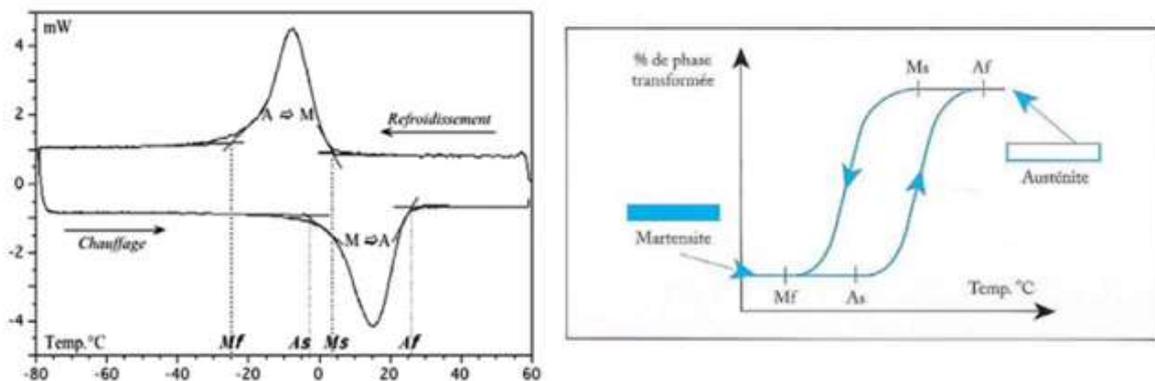


Figure 37 : Pourcentage de phase austénite/martensite en fonction de la température

### 3.5.1.3. La flexibilité

Elle est caractérisée par la faible force de rappel de l'instrument vers sa position d'origine. Ceci explique que ces instruments peuvent être utilisés en rotation continue sans craindre de modifier la trajectoire canalaire.

Par ailleurs, les travaux de Walia ont montré que cette flexibilité est préservée au fil de l'utilisation et des cycles de stérilisation. (26)

### 3.5.1.4. L'efficacité de coupe

L'utilisation des instruments en NiTi en rotation continue augmente leur efficacité de coupe (28)

l'efficacité de coupe dépend :

- du profil de l'instrument,
- de la composition de l'alliage NiTi,
- de la conicité de l'instrument qui peut être constante sur un même instrument (ex : système

RaCe®) ou variable (ex : ProTaper®). Quand la conicité augmente, l'efficacité de coupe augmente aussi en réduisant la surface de contact entre l'instrument et la paroi canalaire (fig.38).



**Figure 38 : efficacité de coupe majorée par la réduction de surface de coupe**

#### **3.5.1.5. La résistance à la déformation par torsion :**

Elle est deux à quatre fois supérieure aux limes en acier inoxydable. Au-delà de cette limite, l'instrument se « surspiralise » et le risque de fracture augmente, d'où l'importance du contrôle visuel de l'instrument après chaque passage dans le canal.

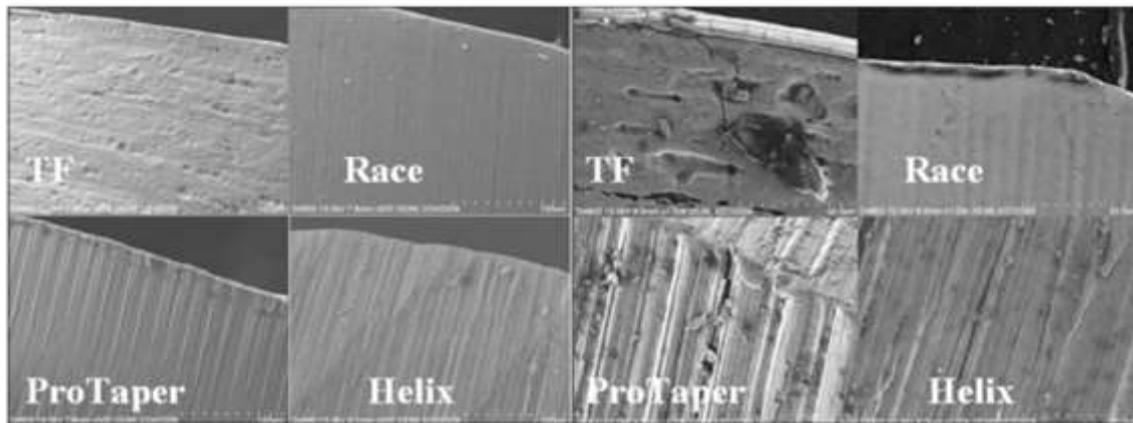
#### **3.5.1.6. La résistance à la fracture:**

Cette propriété est directement liée au mode d'utilisation de l'instrument : si la contrainte est trop importante, la rupture se produit selon un mode ductile. Ainsi, les instruments NiTi doivent impérativement être utilisés sans effort.

En cas de butée canalaire, l'augmentation de la contrainte sur l'instrument ne fait qu'accroître le risque de fracture. Les études de Sattapan ont montré que 55% des fractures d'instrument en NiTi étaient dues à une flexion excessive induisant des forces alternatives de compression/décompression, aboutissant finalement à une rupture au point de flexion maximale. (29)

Les autres fractures sont majoritairement causées par un « effet de gaine » créant alors un blocage instrumental et donc une fracture par torsion.

Les zones de rupture sont souvent dues à des défauts de surface qui, conjugués aux contraintes engendrées par la rotation continue, peuvent provoquer des micro-craquelures (fig.39) menant parfois à la fracture instrumentale



**Figure 39 : Surface des instruments vue en MEB avant (gauche) ET après (a droite) après fracture (d'après Kim 2011)**

### 3.5.2. Traitement de surface

La majorité des instruments endodontiques en NiTi sont obtenus par usinage. Par conséquent, l'état de surface n'est jamais parfaitement lisse. Il présente de nombreuses irrégularités, des débris et des défauts de surface qui sont autant de sites potentiels d'accumulation de contraintes voire d'initiation de fractures.

De nombreuses études ont tenté d'améliorer toujours plus l'état de surface pour augmenter la résistance à l'usure et à la fracture des instruments en NiTi.

On retiendra notamment l'inclusion de bore sous forme ionique et le dépôt d'une couche superficielle de nitrure de titane par différents procédés :

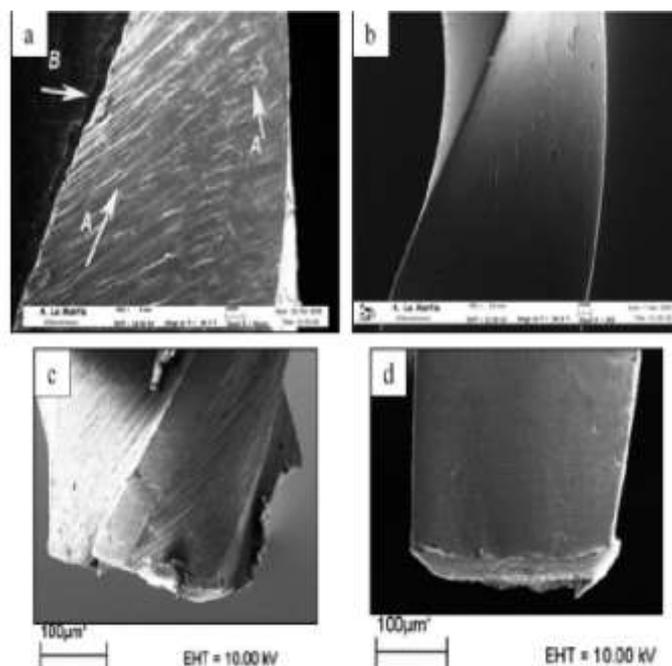
- Nituration thermique,
- Implantation ionique
- Vaporisation physique et chimique

Ces traitements de surface ont aussi pour objectif d'atténuer les effets négatifs des cycles de stérilisation répétés sur l'efficacité de coupe des instruments. Seuls quelques instruments recouverts d'une couche de nitrure de titane ont été commercialisés : c'est le cas des limes NaviflexTiN® (Komet).

### 3.5.2.1. L'électro polissage :

L'électro polissage (procédé de traitement de surface électrochimique par lequel le métal de la couche superficielle est enlevé par dissolution anodique) régularise la surface instrumentale, la débarrasse de ses contaminants et accroît significativement la résistance à la fatigue de l'instrument(30). De plus, les rainures, les puits et les fissures d'usinage sont moins visibles sur les instruments ayant subi un électro polissage.

À l'heure actuelle, c'est le traitement de surface de référence (procédé de traitement de surface électrochimique par lequel le métal de la couche superficielle est enlevé par dissolution anodique) régularise la surface instrumentale, la débarrasse de ses contaminants et accroît significativement la résistance à la fatigue de l'instrument (30) Plus, les rainures, les puits et les fissures d'usinage sont moins visibles sur les instruments ayant subi un électro polissage. Ce procédé serait à l'origine d'une diminution de l'efficacité de coupe des instruments, mais la littérature n'est pas unanime sur ce point.



**Figure 40 : Micrographie d'un instrument ProFile® neuf, sans traitement d'électro polissage (x380) (flèche A : défaut d'usinage ; flèche B : bord émoussé) ; b : Micrographie d'un instrument Race® neuf, avec traitement d'électro-polissage (x380) ; c : Micrographie d'un instrument ProFile® après test de fatigue cyclique montrant une augmentation des micro-cracks autour du trait de rupture ; d : Micrographie d'un instrument Race® après test de fatigue montrant une moindre présence de défauts autour du trait de rupture (Tripi et al., 2006)**

### 3.5.2.2. Le traitement thermique

Ces traitements constituent une approche fondamentale permettant d'ajuster les températures de transformation martensitique des AMFs (alliages à mémoire de forme)

La tendance actuelle consiste également en l'ajout d'autres composants modifiant ces températures et ainsi les propriétés des AMFs. Cette voie de recherche a déjà donné de nombreux résultats pour le NiTi :

- Le M-Wire (dentsply 2007) est le résultat d'une série de traitements thermiques. Les instruments ainsi traités présentent de meilleures propriétés super élastiques et une fatigue cyclique améliorée (150-400%) par rapport aux instruments NiTi conventionnels. Leur propriété en torsion reste cependant identique (31).
- En 2008, la technologie de fabrication par torsion des instruments NiTi a été introduite par SybronEndo™ avec les Twisted File®. Ces instruments subissent un traitement thermique permettant d'activer la phase-R avant l'apparition de la martensite. La phase-R correspond à une structure intermédiaire présente lors du passage de la phase austénitique à la phase martensitique pendant une transformation martensitique induite par des changements thermiques. (l'austénite et la martensite sont tous des exemples de structures cristallines du fer, et tous se trouvent dans différents types d'acier. L'une des différences déterminantes entre ces structures cristallines est la quantité de carbone qu'elles peuvent absorber - une plus grande teneur en carbone généralement, mais pas toujours, rend un acier plus dur, mais plus fragile.) Elle permet un plus grand degré de transformation en phase austénitique au cours de la transformation martensitique et permet ainsi d'augmenter la résistance à la rupture et la flexibilité des instruments endodontiques, en comparaison au NiTi conventionnel (Elnaghy, 2014; Gambarini et al., 2011; Hou et al., 2011; Kim et al., 2010; Lopes et al., 2013; Rodrigues et al., 2011) et au M-Wire (Elnaghy, 2014; Gambarini et al., 2011; Lopes et al., 2013).(32)
- Enfin, le CM-Wire (2012, CS Dental™) est élaboré selon un procédé thermo mécanique spécial qui contrôle la mémoire de forme du NiTi, le rendant extrêmement flexible. Ce procédé est également basé sur une augmentation de la température du NiTi permettant aux instruments d'être en phase martensitique à température corporelle. Les instruments ainsi traités sont 300-800% plus résistants à la rupture et présentent une fatigue cyclique 4-9supérieure à leurs homologues en NiTi super élastiques (33). Cependant, tout comme pour le

M-Wire, aucune différence n'est relevée en termes de résistance à la torsion

### 3.5.3. Les instruments Nickel-Titane Manuels:

#### 3.5.3.1. Les lime K Ni-Ti:

Depuis quelques années, des instruments endodontiques manuels en alliage Ni-Ti, qui présentent l'avantage d'être six à huit fois plus flexibles que les instruments traditionnels en acier, sont proposés par certains fabricants. Les propriétés mécaniques du Ni-Ti, et notamment la superplasticité, font de celui-ci un excellent alliage pour les instruments endodontiques.

Puisqu'ils sont très flexibles, ces instruments parviennent à respecter l'anatomie et à suivre le trajet canalaire initial sans la nécessité d'une précourbure préalable, laquelle serait de toute manière sans effet sur un alliage superélastique. Les instruments manuels en Ni-Ti ont toutefois l'inconvénient de présenter, de manière générale, une moindre efficacité de coupe que ceux en acier inoxydable, du fait même des propriétés du Ni-Ti. Les instruments manuels en Ni-Ti commercialisés de nos jours possèdent souvent une lame active parfaitement identique à celle des instruments destinés à la rotation continue. Ils existent parfois dans les deux versions (par exemple, les instruments Quantec® et K3®, ProTaper® et Heroapical®). Seulement le manche change quand il est destiné à la préhension manuelle. En conséquence, comme les instruments mécanisés utilisés en rotation continue, ils ne respectent pas la norme ISO, ayant des conicités bien supérieures à 2 %. Parallèlement à cette version manuelle des instruments Ni-Ti utilisés en rotation continue, il existe également des instruments Ni-Ti manuels correspondant aux instruments traditionnels en acier.



Figure 41 : K-FILE NITIFLEX®

### 3.5.3.2. Les limes NiTi manuelles issues d'un système de rotation continue :

Les Pro taper manuels présentent les mêmes caractéristiques que les ProTaper rotatifs mais ils seront utilisés pour la mise en forme des crochets apicaux ou des multiples courbures avec la technique de Roane. Les efforts et la progression des instruments sont contrôlés par l'opérateur afin de limiter les blocages, butées et autres bris d'instrument imprévus. Le manche de ces instruments est plus large que les instruments conventionnels ce qui confère à l'opérateur un couple plus élevé leur de l'utilisation.



Figure 42 : limes NiTi issues du système ProTaper®

### 3.5.4. Les instruments Nickel-Titane mécanisés (rotation continues):

Les systèmes de rotation continue proposent des séquences opératoires différentes. Certains adaptent la séquence à utiliser en fonction de la configuration anatomique du canal alors que d'autres privilégient la simplicité en proposant une seule et même séquence. Cependant la plupart des fabricants d'instruments s'accordent et recommandent une préparation coronapicale inspirée de la technique manuelle « crown down ». Cela consiste en un élargissement des entrées canalaire visant à supprimer les interférences avec un instrument à forte conicité, puis les 2/3 coronaires, et le 1/3 apical sont préparés avec des instruments à conicité décroissante. La raison principale à l'utilisation de cette approche, est d'éviter à l'instrument d'avoir une trop grande surface de contact avec les parois canalaire responsable de la friction (effet de gaine), et ainsi réduire l'incidence de fracture par torsion.

Cette technique présente d'autres avantages :

- Diminution du risque de blocage, de vissage
- Création d'un réservoir à solution d'irrigation, facilitant son renouvellement.
- Meilleure élimination des débris dès lors mis en suspension dans l'irrigant.

-Nettoyage canalaire 1/ 3 par 1/3 ;

- Diminution du refoulement apical, puisqu'une grande partie des débris ont déjà été éliminés au préalable dans les portions supérieures

La gestion correcte des parties canalaires cervicales permet d'aborder le tiers apical correctement, concernant l'alliage Ni-Ti par ses propriétés mécaniques intéressantes autorise la conception d'instruments à forte conicité favorables à une application mécanisée du concept de préparation corono-apicale. La tendance actuelle étant à la réduction du nombre de limes pour la mise en forme canalaire, les industriels ont donc développé des instruments dits « uniques ».permettant un travail contrôlé, et sans pression.

Désormais, l'instrumentation unique à mouvement continu en comparaison aux séquences pluri instrumentales comporte de nombreux avantages : gain de temps lors de la mise en forme canalaire (un seul instrument).Ce gain de temps doit être rendu à l'irrigation canalaire. Meilleur centrage de l'instrument, forte conicité, diminution du risque de butée(34), - facilitation de la gestion des stocks et la stérilisation du fait de l'usage unique : les praticiens n'ont plus alors à gérer le nombre de stérilisations de leurs instruments endodontiques qui peut être source de confusion(35). De plus, de nombreuses études montrent une contamination possible entre deux patients après réutilisation d'instruments endodontiques stérilisés. L'instrumentation unique endodontique de mise en forme canalaire permettrait de pallier ces problèmes. En outre, L'utilisation d'un seul instrument pour la mise en forme canalaire peut être un inconvénient dans le cas de canaux très calcifiés, ou alors difficiles à traiter endodontiquement. Le risque de fracture de ces instruments en Ni-Ti est toujours existant même si nous verrons qu'il est réduit.

### **3.5.4.1. Instrumentation séquentielle :**

#### **3.5.4.1.1. Instruments de pré-élargissement :**

Pour pallier les problèmes de blocage précoce lors du cathétérisme ou de fracture des instruments de mise en forme rotatifs en Nickel-Titane, et éviter à l'instrument d'avoir une trop grande surface de contact avec les parois canalaires responsable de la friction (effet de gaine),et ainsi réduire l'incidence de fracture par torsion. Nous disposons de limes complémentaires destinées à sécuriser la trajectoire canalaire en pré-élargissant rapidement les canaux avant la mise en forme proprement dite. Elles ne sont pas, à proprement parler, des limes de cathétérisme car elles succèdent aux limes manuels en acier (08 ou 10) qui explorent et perméabilisent le canal.

Ces limes, qui associent un alliage en Nickel-Titane avec une faible conicité et un mouvement de rotation, limitent ainsi les butées, les risques de blocage et les bouchons, par remontée des débris. Elles facilitent la préparation des canaux difficiles, étroits et calcifiés, car elles permettent de préparer l'accès des instruments rotatifs en évitant le passage des limes manuelles n°15 et 20. Les limes de pré-élargissement disponibles sont les PathFiles<sup>°</sup> ou ProGlider<sup>°</sup> (DentsplyMaillefer), les G-Files<sup>°</sup> (Micro Vega), les Scout Race<sup>°</sup> (FKG) et les Race Iso<sup>°</sup> (FKG). Elles peuvent être utilisées en combinaison avec n'importe quel système de mise en forme canalaire en Ni-Ti.

#### **3.5.4.1.1.1. PATHFILES :**

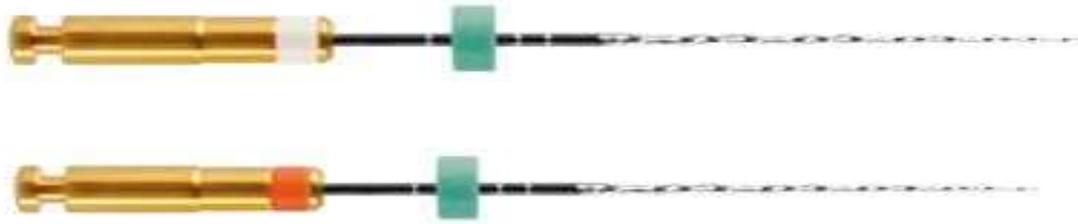
Sont des instruments de section carrée, à lame coupante et de conicité 2%. Il existe 3 instruments, disponibles en 3 longueurs (21,25 et 31mm), qui présentent des diamètres de 13,16 et 19 avec respectivement des codes colorés violet, blanc et jaune.



**Figure 43 : PathFile**

#### **3.5.4.1.1.2. Limes G-FILES :**

(GI et G2) présentent une conicité constante de 3% et existent en 2 diamètres apicaux, 12/100<sup>mm</sup> pour GI et 12/100<sup>mm</sup> pour G2. Elles sont commercialisées en 3 longueurs, 21, 25 et 29 mm sous blister stérile ou en version non stérile. Ces limes présentent des caractéristiques uniques car elles ont une section variable tout le long de la lame active de 16 mm et avec 3 arêtes de coupe situées sur 3 rayons différents par rapport à l'axe canalaire. Le pas est également innovant car le décalage des 3 lèvres découpées crée un pas apparent différent tout au long de la lame. Quel que soit donc le niveau de la lame où l'on se situe, 2 pas consécutifs sont toujours différents. Il en est de même pour les angles d'arête de coupe. Ces instruments possèdent une pointe non travaillante et sont électropolis.



**Figure 44 : G-FILES**

**3.5.4.1.1.3. Les ScoutRace :**

Conseillés pour les canaux courbes, sont commercialisés en 3 diamètres: 10, 15 et 20/100 avec une conicité de 2% alors que les Race Iso recommandés pour les canaux fins, ont un diamètre de 10/100 avec des conicités de 2,4 et 6%.



**Figure 45 : ScoutRace**

### 3.5.4.1.2. Instruments de mise en forme canalaire séquentielle :

De nombreux instruments Nickel-Titane de mise en forme en rotation continue existent sur le marché. Il est par conséquent impossible d'en adresser une liste exhaustive. Nous nous limiterons donc à présenter les instruments les plus utilisés sur le marché.

#### 3.5.4.1.2.1. Le système ProFile (Dentsply-Maillefer):

Un des premiers systèmes sur le marché, il est composé : des ProFile° OS destinés à l'ouverture coronaire, des ProFile° en conicité 6%, en conicité 4% et en conicité 2%. La section des instruments est en U, avec présence de méplats radiants.



Figure 46 : Le système ProFile

#### 3.5.4.1.2.2. Le système HERO 642 (MicroMega):

Le profil de l'instrument est hélicoïdal, sans méplat radiant, avec 3 angles de coupe et une lame centrale importante. Il comporte 9 instruments principaux: des instruments de diamètre 20, 25 et 30, chacun étant décliné en 6%, 4% et 2% de conicité, complétés par des instruments de 2% en diamètre 35, 40 et 45. (Fig 47)



Figure 47 : Le système HERO 642

### 3.5.4.1.2.3. Le système FlexMaster® (Dentsply- VDC) :

Le système comprend des instruments à section triangulaire convexe dont les caractéristiques sont proches de celles du Hero 642®. Le système comprend l'IntroFile®, instrument court (19mm), de diamètre 22 et de conicité 11%, ainsi que des instruments de diamètre 20, 25 et 30, chacun en conicité 2%, 4% et 6%. (Fig 48)



Figure 48 : Le système FlexMaster

### 3.5.4.1.2.4. Le Système HeroShaper (MicroMêga) :

Présente la même section hélicoïdale que le Hero 642®. La modification essentielle concerne le pas des lames de l'instrument : le pas et la longueur de la partie active varient en fonction de la conicité ce qui permet de limiter l'effet de vissage ressenti avec le Hero 642® et d'améliorer la flexibilité de l'instrument. (36)

En complément du HeroShaper®, un instrument court (15mm) et rigide, de diamètre 25 et de conicité 12%, destiné à l'ouverture coronaire du canal, a été introduit: L'EndoFlare®. Pour la région apicale, et afin de permettre l'obtention d'une meilleure conicité, le système offre les Hero Apicale (2 instruments de diamètre 30, en 6 et 8% de conicité). (Fig 49)

Ces instruments sont disponibles avec deux types de manche un manche classique qui leur permet d'être utilisés sur les contre angles à attachement traditionnel, ou un manche InGet® (IntegratedGearTechnology) nécessitant leur utilisation sur un contre angle spécifique, l'ensemble contre angle/instrument permettant alors une réduction de la hauteur et de l'encombrement par rapport aux instruments classiques.



**Figure 49 : Hero shape**

#### 3.5.4.1.2.5. Le système RaCE (FK6) :

De section triangulaire, cet instrument présente une spire alternée qui élimine l'effet de vissage en rotation. Le système comporte des instruments d'ouverture coronaire de 10% et de 8% de conicité. Les instruments de préparation du tiers apical sont des instruments de conicité 4% et 2%, du diamètre 15 ou diamètre 60. C'est le système par excellence pour la mise en forme apicale selon le concept de l'élargissement apical, avec des instruments flexibles, sans effet de vissage. Le système offre aussi des instruments pour la préparation apicale (SApex<sup>o</sup>) qui peuvent être utilisés pour sécuriser la portion apicale du canal en début de préparation avec les instruments de petit diamètre, ou préparer la zone apicale en forme de box avec les instruments de gros diamètre. Les instruments ont subi un traitement de surface par électro polissage censé augmenter leur résistance à la fatigue cyclique. (Fig 50)



**Figure 50 : Le système RaCE**

### 3.5.4.1.2.6. Le système Twisted File (SybronEndo) :

Système présentant des limes Nickel-Titane torsadées (et non usinées). Un traitement thermique spécial de l'alliage (R-Phase) confère à l'instrument une flexibilité plus importante et une résistance accrue à la fatigue cyclique. Les instruments présentent une section triangulaire, et sont disponibles en diamètre 25 en conicité 12%, 10%, 8%, 6% et 4%, ainsi qu'en diamètre 30 et 35 en 6% de conicité et en diamètre 40 et 50 en 4% de conicité. Les instruments sont disponibles en longueur 23 et 27 mm. (Fig 51)



Figure 51 : Le système Twisted File

### 3.5.4.1.2.7. Le système AlphaKite (Komet):

Il présente des instruments d'ouverture coronaire de 10% et de 8% de conicité (AlphaKiteopeners), et des instruments de préparation de conicité 6% et 4% (Fig 52). Les instruments sont recouverts de nitrure de titane censé améliorer et prolonger l'efficacité de coupe.



Figure 52 : Le système AlphaKite

#### **3.5.4.1.2.8. Le système Revo S (MicroMêga) :**

Il est composé d'une séquence de base de trois instruments (SC1, SC2, SU] et de trois instruments d'élargissement apical. La séquence de base permet une finition apicale au SU, instrument de diamètre 25 à 6% de conicité. (Fig 53) Les instruments d'élargissement apical présentent une conicité sur 5mm puis des lames parallèles afin de leur conférer une meilleure flexibilité (AS1, AS2, AS3], et sont utilisés si un élargissement apical plus important de 25 est souhaité. A part le SC2, tous les instruments présentent une face décalée, réduisant ainsi les contacts entre les arêtes de l'instrument et les parois canalaire et entraînant l'instrument dans un mouvement de reptation. La réduction des points de contact minimise l'effet de vissage et permet une meilleure remontée de débris. Ces instruments sont disponibles avec un manche classique ou un manche InGet.



**Figure 53 : Le système Revo S**

#### **3.5.4.1.2.9. Le système MTwo (dentsply VDW) :**

Les instruments présentent un profil asymétrique avec deux lames de coupe. Le système est composé d'une séquence de base de 4 instruments de diamètre et de conicité croissante : 10 en 4%, 15 en 5%, 20 et 25 en 6%. Des instruments additionnels sont disponibles pour une préparation apicale plus importante: 30,35 et 40 en 6% ainsi qu'un instrument 30 en 5% et des instruments 35 et 40 en 4%.(Fig 54)

A l'opposé de tous les autres instruments qui fonctionnent en préparation corono-apicale, le fabricant recommande une utilisation successive de tous les instruments jusqu'à l'apex.



**Figure 54 : Le système MTwo**

#### **3.5.4.1.2.10. Le système ProTaper universal (Dentsply-maillefer) :**

Le système complet comprend 8 instruments qui existent en version mécanisée ou manuelle. Les Shaping Files, au nombre de 3 (SX pour la relocalisation des entrées canalaire, puis S1 et S2, présentent une conicité variable croissante et sont destinées à l'ouverture de la trajectoire canalaire. (Fig 55) Les Shaping Files présentent une section triangulaire convexe. Les cinq Finishing Files sont destinées à la finition apicale, et présentent des conicités variables décroissantes avec une conicité importante sur les 3 premiers millimètres apicaux. La conicité s'inverse à partir du 4ème mm, conférant à l'instrument une meilleure flexibilité par rapport à une conicité constante. Ces instruments présentent à partir du F3, une section triangulaire concave, diminuant la masse centrale et contribuant ainsi à plus de flexibilité



**Figure 55 : Le système ProTaper universal**

#### 3.5.4.1.2.11. Le système HyFlex (Coltene):

Présente un instrument d'ouverture coronaire de 8% de conicité en diamètre 25, des instruments de conicité 4% du diamètre 15 au diamètre 60 et des instruments de conicité 6% du diamètre 15 au diamètre 40. (Fig 56) Les limes sont de section triangulaire et sont fabriquées dans un alliage NiTi CM (controlled memory) qui permet aux limes de maintenir une déformation permanente afin de mieux respecter d'anatomie canalaire.



Figure 56 : Le système HyFlex

#### 3.5.4.1.2.12. TF Adaptive (SybronEndo) :

Présente 6 instruments au total, torsadés, de section triangulaire :

Trois instruments pour la mise en forme des canaux fins : SM 1 (20 .04), SMZ (25.06) et SM3 (35.04). Trois instruments pour la mise en forme des canaux moyens et larges : MU (25.08), ML2 (3S. 06) et ML3 (50.04). (Fig 57)

Ces instruments sont utilisés sur un moteur spécial en rotation continue, mais qui passe en mode réciproque si la force appliquée sur l'instrument est trop importante.



Figure 57 : TF Adaptive

### 3.5.4.1.2.13. Le système ProTaperNext (Dentsply-maillefer) :

Ce système présente des conicités variables, mais surtout une section rectangulaire excentrée (masse centrale décalée par rapport à l'axe de rotation de l'instrument). Ceci entraîne l'instrument dans un mouvement de reptation, réduisant ainsi les points de contact entre l'instrument et les parois canalaire, ce qui a pour conséquence de réduire l'effet de vissage, de permettre une meilleure remontée des débris, et de réduire le stress sur l'instrument lors de la coupe. Les ProTaper-Next sont fabriqués en alliage MWire (Nickel-Titane ayant subi un traitement thermique), qui confère aux instruments plus de résistance à la fatigue cyclique. Le système complet comporte 5 instruments (du X1 au X5). La séquence de base est réduite à 2 instruments (X1 diamètre 17 et X2 diamètre 25 à 6% de conicité apicale). Les limes X3, X4 et X5 présentent respectivement des diamètres et des conicités de 30 – 7%, 40-6.5% et 50-6%. (Fig 58)

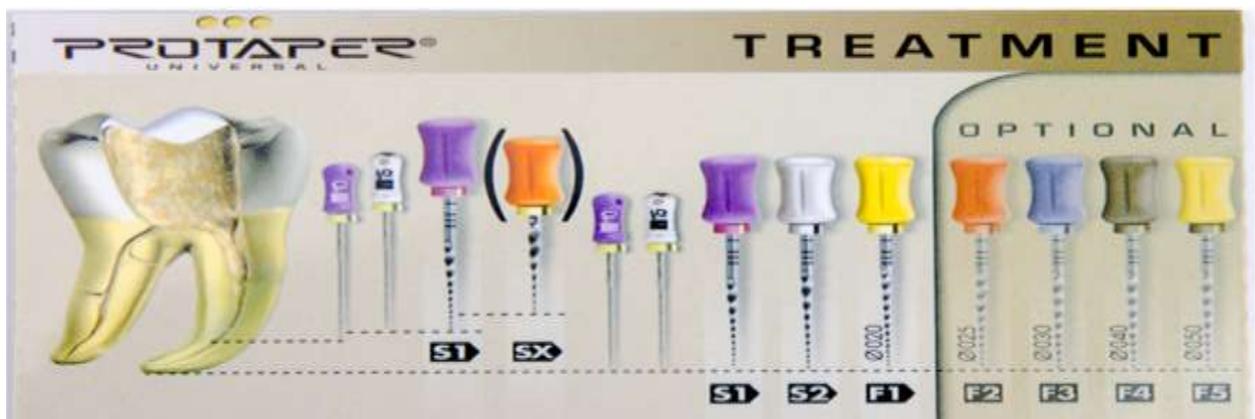


Figure 58 : ProTaper

Les principaux instruments présents sur le marché et leurs caractéristiques sont résumés dans le Tableau 5.

	Fabricant	AlliageNi Ti	Conicité	Profil	Angled'hùliceet pas variables	Lames/ Nassedécálées
ProFile	Maillefer	Conv.	Constante	Méplat	N	N
Hero 642	MicroNéga	Conv.	Constante	Coupant	N	N
FlexMaster	VDW	Conv.	Constante	Coupant	N	N
HeroShaper	MicroMéga	Conv.	Constante	Coupant	0	N
RaCe*	FKG	ConvEL	Constante	Coupant	0	N
K3	SybronEndo	Conv.	Constante	Néplat	0	N
Alpha Kite	Komet	Conv.	Constante	Coupant	0	N
ProTaperUnive rs	Maillefer	Conv.	Variable	Coupant	0	N
Revo S	MicroMéga	Conv.	Constante	Coupant	0	0
Twisted File**	SybronEndo	R-Phase	Constante	Coupant	0	N
Mtwo	VDW	Conv.	Constante	Coupant	0	N
HyFlex	Coltene	CN	Constante	Coupant	0	N
TFAdaptive***	SybronEndo	R-Phase	Constante	Coupant	0	N
ProTaperNext	Maillefer	MWire	Variable	Coupant	0	0

**Tableau 5 : Tableau non exhaustif des instruments Nickel Titane rotatifs disponibles sur le marché avec certaines de leurs caractéristiques.**

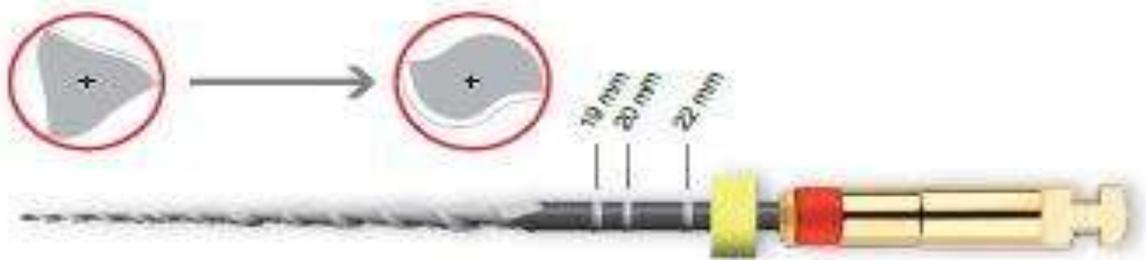
### 3.5.4.2. Mono instrument en rotation continue, le one shape et le F360 :

#### 3.5.4.2.1. Le concept One Shape [MicroMéga] :

C'est un concept de mise en forme canalaire mono instrumental à usage unique utilisé en rotation continue. Une première génération d'instrument a été commercialisée en avril 2012. Depuis lors, l'instrument a été légèrement modifié de façon à procurer un confort de travail accru au praticien tout en conservant les caractéristiques essentielles de l'instrument.

L'instrument One Shape" «NewGeneration», lancé sur le marché en avril 2014, est un instrument en Nickel-Titane de diamètre apical 25/100ème, de conicité constante de 6% existant en trois longueurs 21, 25 et 29mm avec les repères de profondeur d'insertion de l'instrument gravés sur le manche à 19,20 et 22mm. L'instrument est conditionné sous blister stérile et il est destiné à être utilisé sur un seul patient.

Sa lame active de 16 mm présente une caractéristique innovante, la présence de trois zones de section différentes et dissymétrique: une zone apicale de 2 mm présentant une section triangulaire en triple hélice, une zone coronaire de 6,5 mm présentant une section en double hélice ou S, une zone dite de «transition » de 2,5 mm où la section évolue progressivement de la triple hélice à la section en S (Fig.59). La section de l'instrument présente par conséquent une face décalée (section dissymétrique) sur toute la longueur de la lame active.



**Figure 59 : One Shape**

L'angle d'hélice et le pas de l'instrument sont variables, plus petits en partie apicale qu'en partie coronaire. Le pas de l'instrument a été également allongé afin d'apporter une grande flexibilité.

La pointe de l'instrument est non active.

### 3.5.4.2.2. Le concept F360° (Komet) :

La société Komet a mis sur le marché l'instrument F360°, qui, à l'instar du OneShape°, est destiné à une mise en forme mono instrumentale en rotation continue (vitesse de rotation conseillée est entre 250 et 350 tr/min).

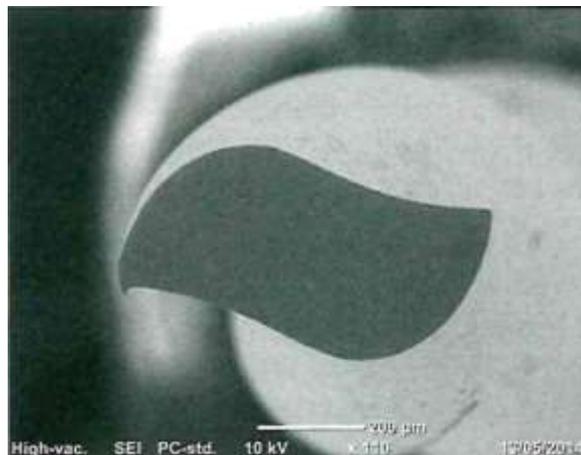
Le matériau utilisé est un NiTi 55 (55% de Nickel- 45% de Titane]

L'instrument principal est de diamètre 25/100", en conicité constante de 4%, il est disponible en 3 longueurs : 21mm, 25mm et 31mm. Il est livré stérile et il est destiné à un usage unique par patient.

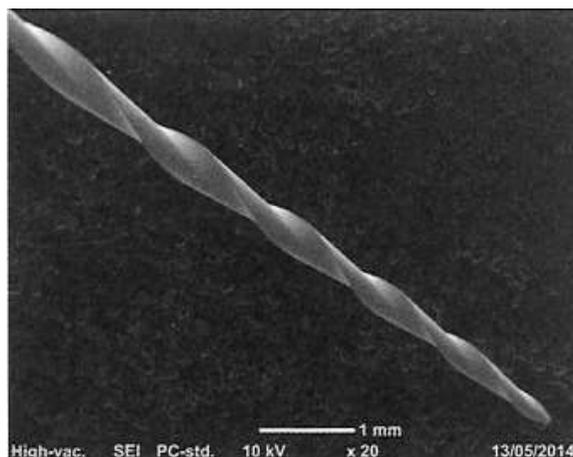
Des diamètres additionnels en 35, 45 et 55 sont également disponibles, tous dans la même conicité de 4%. (37)

La section de l'instrument est en double « S », proche de la section du Mtwo° et du Reciproc", ce qui lui confère une bonne efficacité de coupe (Fig.60).

Le F360° présente un pas variable progressif dont l'angle de coupe varie selon son éloignement de la pointe afin d'augmenter son efficacité et d'optimiser l'évacuation des débris, tout en réduisant au maximum l'effet de vissage (Fig.61).



**Figure 60 : section de l'instrument en double « S »**



**Figure 61 : F360°**

#### **3.5.4.2.3. Le F6 Skytaper (Komet) :**

En 2015, Komet commercialise un nouvel instrument à usage unique, le F6 Skytaper, permettant la mise en forme canalaire à l'aide d'un seul instrument.

Tout comme son prédécesseur, le système F360, ce dernier utilise le mouvement de rotation continue et ne nécessite pas de moteur spécifique (contre-angle endodontique habituel à 300 tours/min). (37)

Trois longueurs sont disponibles : 21, 25 et 31 mm. Cinq diamètres apicaux existent (Figure 62) :

- F6 Skytaper bague jaune, au diamètre apical de 20/100ème et une conicité constante de 6%
- F6 Skytaper bague rouge, au diamètre apical de 25/100ème et une conicité constante de 6%
- F6 Skytaper bague bleue, au diamètre apical de 30/100ème et une conicité constante de 6%
- F6 Skytaper bague verte (35/100ème) et bague noire (40/100ème) avec une conicité constante de 6%, indiqués le plus souvent pour des canaux larges.

Le choix de l'instrument adéquat se fait en ajoutant 2 tailles ISO à la taille de la lime manuelle qui a permis de jauger l'apex (tough back) (38)



**Figure 62 Le mono-instrument à usage unique F6 Skytaper et ses cinq diamètres**

#### **3.5.4.2.4. Le XP-endo Shaper :**

Le XP-endo Shaper est le dernier né de la gamme XP-endo®. Il s'agit d'un instrument d'alésage, totalement innovant, permettant de simplifier radicalement les séquences endodontiques. Grâce à l'association des technologies MaxWire® et Booster Tip, le XP-endo Shaper peut être qualifié de « One File Shaper » (instrument unique de mise en forme). Il a la faculté de commencer la mise en forme à un diamètre ISO 15 et d'atteindre un diamètre ISO 30 ainsi que d'augmenter la conicité de .01 à minimum .04, permettant alors d'atteindre une mise en forme canalaire finale de minimum 30/.04 et cela grâce à un seul et même instrument. Le XP-endo Shaper est l'instrument de choix pour le traitement de la grande majorité des canaux. Ø ISO: 30 Conicité: min. 4% Longueur: 21, 25, 31 mm Vitesse optimale: 1'000 tr/min (minimum 800 tr/min) Couple: 1 Ncm Livré dans un blister stérile.

#### **3.5.4.2.5. Contre angles et moteurs de rotation continue :**

L'apparition des instruments Nickel-Titane a imposé la mise sur le marché et le développement de matériel adapté, afin de permettre leur utilisation à la vitesse et au couple adéquats. Il existe actuellement un choix important de matériel dynamique adapté à l'utilisation des instruments rotatifs en Nickel-Titane :

#### **3.5.4.2.5.1. Les contre angles réducteurs montés directement au fauteuil :**

Les contre angles dédiés aux instruments Nickel-Titane présentent des facteurs de réduction importants [de 1/75 à 1/128]. Certains de ces contre angles offrent seulement une réduction. Quelque fabricant propose en plus de la réduction une fonction de contrôle de couple avec débrayages automatique, entraînant l'arrêt de l'instrument si la pression exercée au cours du travail est trop importante afin de réduire le risque de fracture par torsion. La plupart de ces contre angles possèdent des têtes plus petites que celles d'un contre angle bleu classique.

#### **3.5.4.2.5.2. Les blocs moteurs indépendants :**

Les moteurs les plus récents sont compacts, fonctionnent sur piles rechargeables, et pour certains, sont dépourvus de pédale. Ils possèdent des possibilités de réglage de couple avec une fonction de débrayages et d'auto reverse. Ils offrent l'avantage d'une vitesse précise, contrôlée électroniquement, et d'absence de vibration, de bruit et d'échauffement. Ils constituent cependant un périphérique supplémentaire.

#### **3.5.4.2.5.3. Les moteurs/contre angle sans fil :**

Il s'agit de contre angle dont le moteur miniaturisé est logé dans le manche. Ils possèdent toutes les fonctionnalités de réglage de vitesse et de couple avec fonction autoreverse. Ils fonctionnent sur pile rechargeable et offrent l'avantage indéniable d'être sans fil.

#### **3.5.4.3. Trunatomy dernière avancée instrumentale :**

La dernière création de dentsply Sirona en 2019 qui fait partie d'une longue tradition de solution de traitements endodontique tels que ProTper® et WaveOne® (Fig X)

Cette nouvelle solution offre plus d'espace pour le débridement ; respecte l'anatomie de la dent et préserve les structures dentaires, commercialisé en cinq formes :

- Orifice Modifier TruNatomy™ : 020 .08 / 16 mm ;
- GliderTruNatomy™ 017 .02v / 21 mm-25 mm-31 mm ;
- Small TruNatomy™ 020 .04v / 21 mm-25 mm-31 mm ;
- Prime TruNatomy™ 026 .04v / 21 mm-25 mm-31 mm ;
- Medium TruNatomy™ 036 .03v / 21 mm-25 mm-31 mm



**Figure 63 : Le Trunatomy**

### **3.5.5. Instrument de la réciprocité:**

#### **3.5.5.1. Le moteur :**

Les moteurs utilisés pour les préparations canalaires en réciprocité sont spéciaux. Outre une unité centrale, un micromoteur avec câble et connecteur, un contre-angle réducteur 6 :1, une pédale de déclenchement avec câble et un chargeur de batterie externe, ils possèdent plusieurs programmes qui leur permettent de travailler indifféremment en rotation continue, avec des vitesses et une valeur de contrôle de torque modifiable, ou en réciprocité.

Les angles de réciprocité sont pré-réglés, non modifiables et propres à chaque type d'instrument. Ils ont été calculés et programmés en fonction des caractéristiques instrumentales afin d'éviter de bloquer, de visser ou de dépasser la limite d'élasticité de l'alliage.

L'instrument effectue environ 10 cycles de réciprocité par seconde ce qui correspond approximativement à une vitesse de 300 tours par minute.

Les premiers moteurs disponibles sur le marché sont le moteur Wave One<sup>°</sup> et le moteur VDW Reciproc<sup>°</sup> commercialisés en France respectivement par Dentsply-Maillefer et par Dentsply et VDW. Ils sont similaires hormis le fait que le moteur VDW Reciproc<sup>°</sup> existe en 2 versions: le modèle Silver sans localisateur d'apex intégré et le moteur Gold avec localisateur d'apex intégré.

Deux systèmes de réciprocité sont actuellement sur le marché : le Reciproc<sup>°</sup> (Dentsply-VDW) et le Wave One<sup>°</sup> (Dentsply-Maillefer).

### 3.5.5.2. Système Reciproc<sup>o</sup> :

Trois instruments Reciproc sont proposés mais la préparation canalaire est réalisée avec un seul instrument qui sera choisi, en fonction du cas clinique. (39)

**3.5.5.2.1. Le Reciproc R25 :** de conicité apicale .08, a un diamètre à la pointe de 25/100 et il présente, selon les codes colorés ISO, une bague rouge. Cet instrument est utilisé pour préparer les canaux étroits et moyens, ce qui correspond à plus de 85% des cas.

**3.5.5.2.2. L'instrument R40 ® :** de conicité apicale 6% est reconnaissable par son anneau noir qui correspond à un diamètre de pointe de 40/100. Il est destiné à préparer les canaux plus larges.

### 3.5.5.2.3. L'instrument RSO :

Les instruments Reciproc<sup>o</sup> présentent respectivement des conicités apicales de .08, .06 et .05, croissantes de façon constante sur les 3 mm apicaux : puis variables décroissantes en remontant vers le mandrin. Ces paramètres procurent aux instruments une flexibilité majorée par rapport à une conicité constante et permettent une économie des tissus dentaires au niveau coronaire. (Fig.63)

Le profil du Reciproc est très proche de celui du MTwo. La section transversale asymétrique en S inversé avec deux angles de coupe diamétralement opposés, légèrement positifs et sans méplat, confèrent une sensation d'accroche et une capacité de coupe majorée (Fig.64). La masse centrale est moyennement importante, ce qui procure à l'instrument un bon équilibre entre la solidité et la flexibilité.

Les cuvettes constituées par l'espace entre l'instrument et les parois canalaire sont importantes. Elles facilitent ainsi la remontée et l'évacuation des débris.



Figure 64 : Système Reciproc



Figure 65 : Section transversal

#### 3.5.5.2.4. Réciproque® bleu :

C'est un instrument traité thermiquement est une version améliorée de l'instrument réciproque® original; il a une résistance accrue à la fatigue cyclique et une plus grande flexibilité permettant une procédure de préparation plus sûre et plus lisse du canal, et un plus large éventail d'applications cliniques

**3.5.5.3. Système WAVE One:** il existe 3 instruments Wave One® mais la préparation canalaire est réalisée avec 1 ou 2 instruments choisis en fonction du cas clinique (Figure 65).(39)

#### 3.5.5.3.1. LeWave one primaire :

A une conicité apicale de .08 et un diamètre à la pointe de 25/100. C'est l'instrument de choix pour la préparation des canaux moyens.

**3.5.5.3.2. LeWaveOnefin :** de conicité apicale 6°, et a un diamètre apical de 21/100. Il est destiné à pré-élargir les canaux très fins.

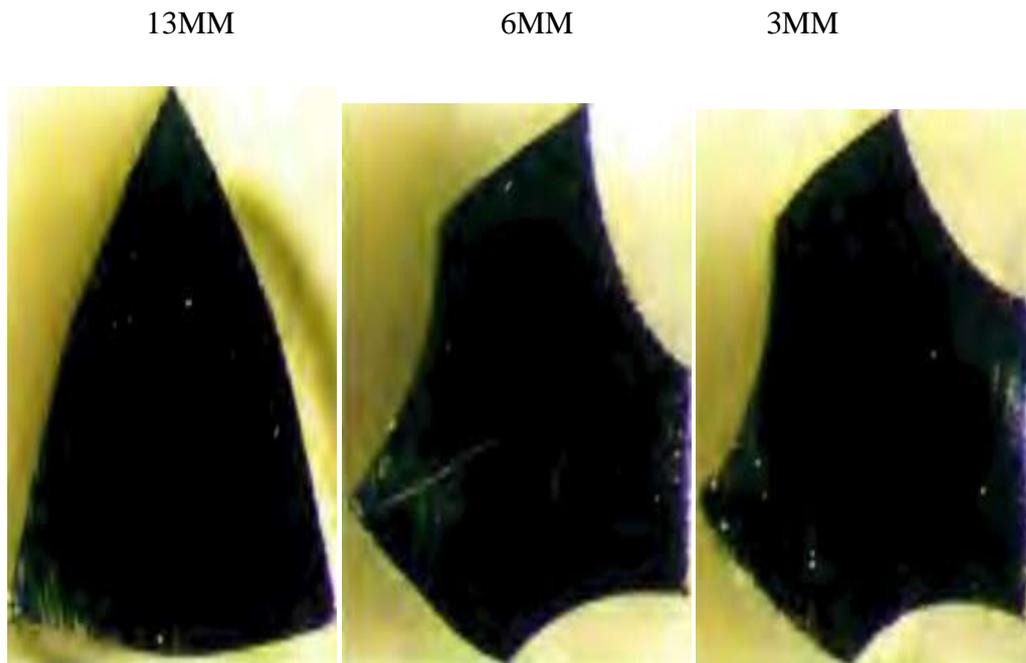
#### 3.5.5.3.3. LeWave One large :

Présente une conicité apicale de 8 ° et un diamètre apical de 40/100. Il trouve son usage en cas de canaux larges (Fig.65).

Le profil des Wave One® est proche de celui du ProTaperFinisher°. La masse centrale est relativement importante mais l'instrument présente une section variable qui est triangulaire concave au niveau apical puis convexe sur le reste de la partie active (Fig.66). Ce dessin augmente la résistance de l'instrument au niveau de la pointe et procure une flexibilité majorée de la lame coronaire.



Figure 66 : Wave One



**Figure 67 : Section triangulaire (Wave One)**

L'instrument Wave One primaire est large et présente une conicité apicale de 8 % qui est croissante de façon constante sur les 3 mm apicaux puis variable décroissante en remontant vers le mandrin. Le WaveOneFIN, quant à lui, a une conicité constante de 6% sur l'ensemble de la partie travaillante.

Les diamètres des instruments Wave One sont de 21, 25 et 40/100 mm au niveau de la pointe et de 1.11, 1.20, 1.60 à l'extrémité de la lame active.

#### **3.5.5.4. Mouvement Alternatif Transversal Asymétrique (MATA) :**

Yared proposa une technique associant un instrument NiTi unique (Finisher 2 Protaper®) et un mouvement original, qui se décompose d'abord en une rotation horaire (engagement de l'instrument) suivi d'une rotation antihoraire (désengagement) d'amplitude différente ; L'instrument entreprend sa coupe lors du mouvement horaire, et se désengage en sens inverse avant de subir une contrainte trop importante. Le protocole suivant et la valeur des angles ne peuvent s'appliquer que pour l'instrument F2. L'amplitude horaire étant plus importante, c'est la différence qui permet à l'instrument de progresser apicalement. La préparation canalaire en réciprocité décrite par Yared semble être une évolution de deux principes déjà connus en endodontie ; la rotation et la technique des forces équilibrées en instrumentation manuelle décrite précédemment(24)

#### **3.5.5.4.1. MATA et courbures canalaires sévères :**

La préparation mécanisée ne concerne que la partie située en amont de fortes courbures (type crochet apical). Cette dernière sera mise en forme à l'aide de limes manuelles ou d'instrument en NiTi utilisés manuellement. Il s'agit d'un impératif commun aux instruments NiTi en rotation continue.

#### **3.5.5.4.2. MATA et canaux larges :**

Lorsque le diamètre apical est supérieur au diamètre du F2 (25/100), la préparation est terminée en rotation continue traditionnelle suivant la séquence Protaper® (F3, F4 ou F5). Selon Yared, la préparation de la partie coronaire du canal n'est pas une nécessité mais il semble judicieux d'élargir la préparation si le praticien s'oriente vers une technique de condensation verticale à chaud pour pouvoir amener le fouloir jusqu'à 5mm de la longueur de travail.

De nombreux travaux ont été effectués suite à la publication de Yared en 2008. La durée de vie de l'instrument (F2) lors de la préparation de canaux courbes a été analysée ainsi que le temps nécessaire à la mise en forme en mouvement réciproque par rapport à la rotation continue. Les auteurs aboutissent à la conclusion que l'utilisation de l'instrument en MATA, permet une mise en forme plus rapide (50% de temps en moins qu'une séquence complète) et une durée de vie minimum de 6 utilisations. Ce qui semble être confirmé dans une autre étude (40) où le F2 pourrait être utilisé jusqu'à une dizaine de fois sans fracture en réciprocité. Les propriétés mécaniques des instruments NiTi utilisés en mouvement de réciprocité ont intéressés d'autres auteurs. Ils ont comparé la résistance à la fatigue cyclique de l'instrument F2 suivant différents protocoles ; en rotation continue à différentes vitesses (250-400 rpm) et en mouvement réciproque suivant les modalités décrites par Yared.(41) Ils ont observé des différences significatives entre les différents groupes, le mouvement réciproque rallonge la durée de vie de l'instrument, alors que l'augmentation de la vitesse en rotation conventionnelle diminue considérablement la résistance à la fatigue cyclique.

### 3.5.5.5. Mouvement hybride : Twisted File Adaptive :

Disponible depuis 2013, le TF Adaptive (Axis/SybronEndo) est un système censé, selon ses concepteurs, allier les avantages de la rotation continue et du mouvement réciproque.

En effet la dynamique instrumentale dépend des contraintes instrumentales. En dessous d'un seuil de stress, le moteur imprime un mouvement de rotation pseudo-continue à l'instrument. Plus précisément une rotation interrompue 600° horaire / 0° antihoraire qui réduirait l'effet de vissage, permettant un brossage pariétal continu, et une meilleure élimination des débris dans les canaux ovoïdes.

Lorsque les contraintes instrumentales augmentent, le moteur passe en « mode » réciprocité avec un mouvement 370° horaire / 50° antihoraire.

Ces angles ne sont pas constants mais varient selon l'anatomie canalaire et le stress appliqué à l'instrument. Le moteur adapte automatiquement les angles de réciprocité ce qui réduirait les risques de fractures intra canalaire.

Ce système s'utilise suivant une séquence de 3 instruments amenés jusqu'à la LT. Une Exploration manuelle du canal et jaugeage du diamètre du foramen apical orientera l'opérateur sur la séquence à utiliser :

-Si la progression apicale de la lime K 15 se fait avec résistance, la séquence Small (SM/ Simple bande colorée) sera privilégiée.

-Si la lime K 15 atteint la LT passivement, la séquence Medium/Large (ML/ Double Bande colorée) sera choisi.

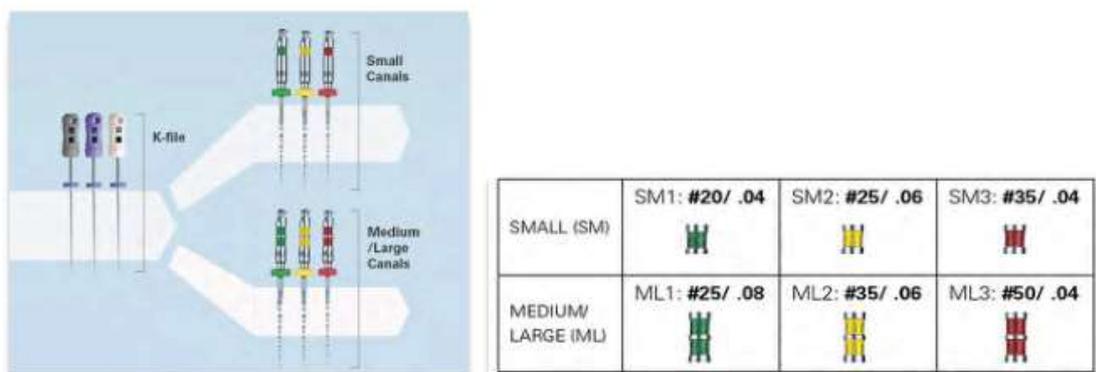


Figure 68 : Twisted file adaptive.

### 3.5.6. Instruments de nettoyage:

#### 3.5.6.1. XP-Endo Finisher :

Né en (2015), le XP-Endo Finisher® (FKG) n'en est pas un au sens propre. Sa conception et ses propriétés en font un instrument de nettoyage canalaire, de finition, qui ne s'utilise qu'après une préparation d'au moins 25/100. Son but est d'atteindre les zones non instrumentées à la fin de la préparation (environ 35% selon Peters et Al. 2001) sans changer la forme du canal. Cette lime d'un diamètre 25/100<sup>e</sup> de mm, a une conicité nulle (25/.00), est fabriquée en alliage NiTi MaxWire® (Martensite-Austénite, Electropolish- Flex) à mémoire de forme qui réagit à différentes températures. Ce qui lui conférerait une grande flexibilité et une résistance à la fatigue cyclique inégalée.

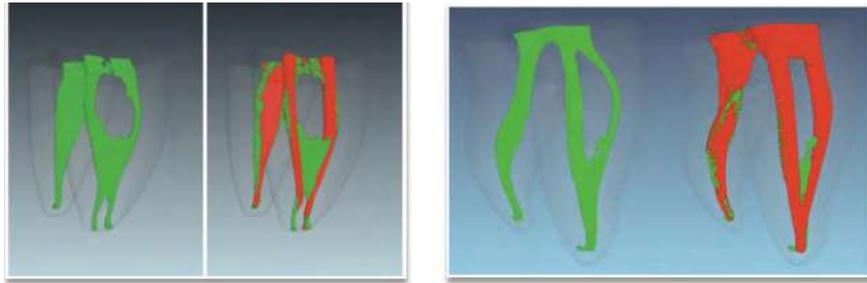


**Figure 69 : XP-Endo Finisher**

Cette lime a été éduquée à haute température où elle a mémorisé sa forme de crochet. Mais elle peut se redresser dans sa phase M (Martensite), lorsqu'elle est refroidie à 20°, ce qui permet une insertion dans le canal aisé.

Une fois à la température du corps (35°), la lime change de forme grâce à sa mémoire de forme (phase A – Austénite). Forme qui permettra une fois mise en rotation à 800 tr/min pendant 1 minute, un nettoyage des zones accessible au seul crochet

Cet instrument de finition à l'air prometteur mais du fait de sa nouveauté.



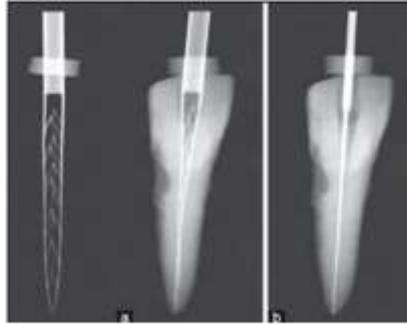
**Figure 70 : 3D CT, en vert les morphologies canalaires avant traitement. A gauche parois atteintes par limes NiTi Standard, à droite par limes NiTi Standard + XP-EndoFinisher. Images du Dr Frank Paqué (Suisse) pour FKG**

### **3.5.6.2. SelfAdjusting File :**

Le Self Adjusting File® (ou SAF) est un système original de mise en forme à usage unique, conçu sans masse centrale, avec une armature NiTi asymétrique. Il est compressible et déformable dans tous les sens de l'espace avec un état de surface légèrement abrasif ( ) Une fois inséré dans le canal, il exerce une pression contre les parois et s'adaptant transversalement et longitudinalement à l'anatomie canalinaire, sans même que l'opérateur ne s'en rende compte, d'où son nom. Ce qui en fait une caractéristique particulièrement intéressante pour les canaux ovalaires ou aplatis



**Figure 71 : Illustration de la vacuité centrale permettant le flux de solvant (a), l'armature**



**Figure 72 : Adaptation de l'instrument aux parois canalaires (Metzger 2014)**

Un moteur spécifique (RDT3) imprime à l'instrument un mouvement oscillatoire vertical d'une amplitude de 0,4 mm à une fréquence de 5000 vibrations par minutes ainsi qu'une rotation libre hors du canal qui s'arrête une fois l'instrument inséré complètement. Il est accompagné d'un dispositif d'irrigation interne (VATEA – ReDent ou plus récemment Endostation – ReDent/Acteon) qui délivre un flux du solvant sans pression (pompe péristaltique) choisi à un débit compris entre 1 et 10 ml, qui est alors activé par le mouvement de la lime.

L'un des avantages de ce système serait de coupler un effet de brossage des parois canalaires (scrubbing) avec un flux de solution d'irrigation, ce qui déstabiliserait le biofilm et serait responsable d'une réduction significative de la charge bactérienne (42)

Il est disponible en trois longueurs (21, 25 et 31mm) et deux diamètres (1,5 et 2mm) choisis en fonction du diamètre de la lime de cathétérisme :

-20/100 mm = diamètre du SAF 1,5 mm

-30/100 mm = diamètre du SAF 2 mm

## **Chapitre 4 : Les Instruments d'obturation canalaire**

### **4.1. Généralités sur l'obturation canalaire :**

#### **4.1.1. Définition de l'obturation canalaire:**

Selon l'American Association of Endodontists, l'obturation canalaire est définie comme : « L'obturation complète, tridimensionnelle de l'ensemble du système canalaire, aussi près que possible de la jonction cémento-dentinaire sans dépassement important ou sous-obturation ». L'obturation est considérée comme une des étapes cruciales du traitement endodontique et comme la principale cause de l'échec du traitement quand elle est incorrecte(43). Elle ne peut être menée à bien que si toutes les étapes antérieures du traitement ont été scrupuleusement réalisées.

Comme le souligne Laurichesse : « l'obturation doit isoler le système canalaire de son environnement parodontal, pour ne laisser au contact de ce dernier que le ciment, seul élément vivant susceptible de réparation dans la zone péri-apicale, après disparition de la pulpe ». (44)

#### **4.1.2. Principes généraux de l'obturation canalaire:**

Quelle que soit la technique utilisée l'obturation canalaire doit répondre à plusieurs principes qui sont(45) :

- Le remplissage de l'intégralité du réseau canalaire : le matériau d'obturation canalaire doit procurer une obturation tridimensionnelle permettant d'obturer à la fois le canal principal et les canaux latéraux et accessoires.
- L'homogénéité et la radio-opacité du traitement.
- Une quantité minimale de ciment endodontique biocompatible : le ciment doit être utilisé qu'en quantité très limitée car il, ne sert que de "joint" entre la gutta percha et la paroi canalaire, dû à l'absence des propriétés d'adhérence de la gutta percha.

## 4.2. Instrumentation utilisée pour l'obturation canalaire :

### 4.2.1. Instruments utilisés pour la technique monocône:

#### 4.2.1.1. Le Bourre-Pâte:

Les Bourre-Pâte sont des instruments dentaires conçus avec des spirales régulièrement espacées utilisées pour répartir uniformément le ciment de scellement à travers les canaux radiculaires même les plus incurvés. Ils sont disponibles en versions manuelles et rotatives et sont fabriqués en acier inoxydable. Ils sont disponibles en différentes longueurs et répondent aux normes ISO.

Différents bourre-pâte standard sont disponibles:

-Bourre-pâte Lentulo (Fig.73) : Cet instrument qui porte le nom de son créateur Henri Joseph Lentulo(46) est un bourre-pâte sous forme de spirale pour l'introduction de matériaux pâteux dans le conduit radiculaire(47), il possède une souplesse et une flexibilité extrême.

-Bourre-pâte à ressort (Fig.74) : De forme conique fabriquer à partir d'un fil usiné.

Sa Partie active est en forme de ressort avec un ressort amortisseur pour diminuer le risque de fracture.



**Figure 73 : Bourre-pâte Lentulo**



**Figure 74 : Bourre-pâte à ressort**

## 4.2.2. Instruments utilisés dans la technique de compactage latérale à froid:

### 4.2.2.1. Les Fouloirs Latéraux (Spreaders):

Ce sont des instruments coniques lisses avec une pointe tranchante .Ils sont disponible en plusieurs formes, tailles et longueurs.

Le nickel-titane a amélioré la flexibilité des fouloirs latéraux et a permis de pénétrer à des longueurs nettement supérieures à celles des fouloirs en acier inoxydable dans les canaux courbés.

- Utilisé pour la condensation latérale.
- Fabriquer en acier inoxydable (stainless steel) et en nickel-titane.
- Disponible en six tailles ISO: 15, 20, 25, 30, 35, 40 (Figure 75).
- Code couleur pour une identification facile et positive.
- Disponible en longueur 21 mm, 25mm.
- Stérilisable et autoclavable



Figure 75 : Kit de fouloirs latéraux

#### **4.2.2.1.1. Choix du fouloir endodontique pour la condensation latérale :**

##### **4.2.2.1.1.1. Choix de l'instrument en fonction des caractéristiques de la partie active :**

Le choix du fouloir conditionne la qualité et la densité du remplissage. Il est donc important de connaître et de comprendre les caractéristiques de la partie active (48).

Elle est conique avec soit une extrémité plus ou moins pointue (Finger spreaders MM 15/40 25mm), soit une pointe 90° (SpeadersKomet, Revo Spreader NiTi MM] voire arrondie (Ogival Tips).

Dans certains cas, cette partie active est plate mais reste assimilable à une pointe compte-tenu des faibles diamètres (Tapered finger spreaders ABCD Dentsply-Maillefer).

Il faut pouvoir disposer d'une série de fouloirs avec une gamme de diamètres suffisamment large pour permettre une sélection bien adaptée au canal à obturer.

Les fouloirs à manche court (« finger Spreader) sont plus souvent préconisés en 21 ou 25 mm de longueur. La partie active dans l'axe du manche permet une transmission directe de la pression digitale exercée avec une meilleure sensation tactile.



**Figure 76 Speaders Komet**



**Figure 77 Revo Spreader NiTi MM**



**Figure 78 Tapered finger spreaders ABCD Dentsply-Maillefer**

#### **4.2.2.1.1.2. Choix de l'instrument en fonction de la conicité**

Dans la gamme des fouloirs à manche court, il existe des fouloirs standardisés en acier inoxydable (conicité 2% et de diamètres variables) et des fouloirs non standardisés (conicité non précisée et référencée par exemple ABCD (Dentsply Maillefer).

Il existe aussi des Fouloirs en Nickel Titane de conicité 4% (RevoSpreader® 20, 25, 30/100 MicroMega).

Le Nickel-Titane permet un passage plus facile dans les canaux courbes.

L'utilisation de fouloirs à Conicité accentuée (4%) induit lors du remplissage canalaire des interférences plus importantes entre les cônes et les fouloirs dans la partie coronaire. Ces interférences sont préjudiciables à la bonne progression du fouloir dans le 1/3 apical et donc à la qualité du compactage dans cette zone.

L'utilisation de fouloirs à conicité réduite (2%) est donc souvent préférable. (49)

#### **4.2.3. Instrument utilisés dans la technique du compactage verticale de Schilder :**

##### **4.2.3.1. Les Réchauffeurs (Heat Carriers) et Pluggers de Schilder**

Les Réchauffeurs et les pluggers de Schilder sont des instruments manuels à pointe plate servant à compacter verticalement la gutta-percha. Ils sont disponibles en acier ou en NiTi.

Ces instruments d'endodontie sont usinés à partir d'un dissipateur de chaleur spécial en acier inoxydable.

Incliné vers l'intérieur pour une insertion facile

Disponible en configurations antérieure et postérieure pour permettre un accès plus facile

Les Pluggers sont disponible en plusieurs différents diamètres, les pluggers de Schilder commencent à 0,4 mm de diamètre et augmentent de 0,1 mm pour chacun des instruments successifs, avec 1,1 mm pour le plus grand instrument. Les pluggers sont également disponibles dans des tailles standard ISO. (50)

Les Pluggers sont utilisés avec une pression apical pour crée une force hydraulique capable de déplacer la gutta percha apicalment.



**Figure 79 Kit de Pluggers**

#### **4.2.4. Instruments utilisés dans la technique compactage thermomécanique :**

Le compactage thermomécanique est une technique qui utilise les propriétés thermiques de la gutta-percha. Introduite par John Mac Spadden en 1978.

Elle utilise un instrument rotatif: le Gutta Condensor® de Mac Spadden, à une vitesse de 8000 -10000 tours minutes avec un couple élevé.

##### **4.2.4.1. L'instrument de Mac Spadden : le Gutta Condensor® :**

Le Gutta Condensor®, fabriqué par DENTSPLY, est un instrument en acier inoxydable en forme de lime H inversée. Il existe en plusieurs diamètres allant de 25/100ème à 80/100ème de millimètre, ainsi qu'en plusieurs longueurs de 21 et 25 millimètres (Figure 80).

La rotation de cet instrument contre la Gutta-percha, plastifie cette dernière grâce à la chaleur provoquée par la friction. Dans cet état plastique, la Gutta-percha est poussée apicalement et condensée. Les graduations marquées sur la tige de l'instrument, ou l'utilisation d'un silicone-stop permettent de contrôler la profondeur de pénétration du Gutta Condensor. (51)



**Figure 80 le Gutta Condensor®**

**Avantages:**

- rapidité de l'obturation (quelques secondes) ;
- instrumentation limitée (à choisir en fonction du diamètre de préparation) ;
- obturation tridimensionnelle ;
- un seul cône est en général utilisé;
- faible quantité de ciment utilisé ;
- ré-intervention possible si manque de densité ou manques dans l'obturation.

**Inconvénients:**

- risque de fracture instrumentale ;
- risque de vissage si le sens de rotation est inversé;
- risque de dépassement ;
- risque d'échauffement qui peut être important ;
- maîtrise délicate dans les canaux courbes et les apex ouverts.

#### 4.2.4.2. Le RevoCondensor®

Le RevoCondensor®, proposé par la société Micro-Mega, est un compacteur en Nickel-Titane. Il existe en un seul diamètre de 25/100ème de millimètres et en deux longueurs, 25 et 29 millimètres, conicité 4% (Figure 81). Le compacteur étant en Ni-Ti il peut-être amené au-delà des courbures canalaire pour réaliser une obturation thermomécanique au plus près de l'apex.



**Figure 81 Le RevoCondensor®**

#### **Avantages :**

- un seul instrument quelle que soit la préparation ;
- obturation thermomécanique des canaux courbes et des canaux latéraux
- rapidité de l'obturation ;
- obturation tridimensionnelle ;
- faible quantité de ciment utilisée.

#### **Inconvénients :**

- risque de fracture instrumentale ;
- vissage si le sens de rotation est inversé ;
- risques de dépassement(52)
- risque d'échauffement.

#### 4.2.4.3. Système Microseal® :

Le Système MicroSeal (Figure 82) a été introduit en 1996 et consiste en un fouloir (Spreader) en nickel-titane (NiTi), un condenseur NiTi, un réchauffeur de gutta percha, une seringue de gutta percha et une formulation spéciale de gutta percha disponible en cônes ou en cartouches. Elle est considérée comme une technique de compactage thermomécanique qui utilise un instrument rotatif pour plastifier la gutta percha et la déplacer dans le canal radiculaire apicalement et latéralement. Le système MicroSeal est capable de conserver une préparation conservatrice et d'assurer une pénétration adéquate par les instruments d'obturation dans le tiers apical. (53)

-Le Condenseurs en nickel-titane: est destinés à la condensation latérale et verticale de la gutta percha.il possède une grande flexibilité permettant une grande précision.

Disponible en six tailles ISO: 15, 20, 25, 30, 35, 40



Figure 82 SystèmeMicroseal®

#### 4.2.4.4. Système J.S.Quick-Fill:

Ce système utilise un instrument en rotation continue pouvant être assimilé à une lime K inversée en titane. La gutta-percha positionnée sur l'instrument va ainsi pouvoir être réchauffée et propulsée vers l'apex.

Le Quick-Fill (Figure 83) offre une obturation contrôlée en douceur en une seule étape. La plastification se produit par la chaleur de friction sans préchauffage ni flammes nues. Conçu pour s'adapter à la plupart des pièces à main R / A à vitesse lente. Disponible en 21 et 25 mm, tailles 15 à 60, assorties et en kits.

#### Avantages:

- Aucune unité de chauffage ou flamme nue.
- Fonctionne avec la chaleur de friction.
- Efficacité au fauteuil.



Figure 83 System J.S.Quick-Fill

#### **4.2.5. Les Systèmes avec Tuteurs:**

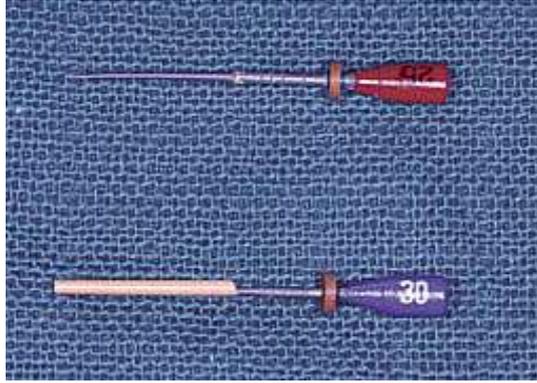
En 1883, S.G. Perry obture les canaux à l'aide d'un fil d'or enrobé de gutta percha ramollie, mais il faudra attendre un siècle pour que cette technique soit reconnue, améliorée et commercialisée. (54)

##### **4.2.5.1. Le Système Thermafill :**

Ce système original a été proposé par BEN JOHNSON en 1978. Il a subi depuis, de nombreuses améliorations. L'originalité du système d'obturation réside dans le fait qu'il s'agit d'un cône métallique en nickel, enduit de gutta-percha (Fig.84 ), et muni d'un manche associé à un appareil de chauffage précis permettant de ramollir la gutta (Fig.85). Ce cône devient une masse viscoélastique coulante qui peut être condensée latéralement et verticalement par le support rigide enfoncé jusqu'à la longueur de travail. (55)

Le système Thermafil comporte :

- L'obturateur Thermafil : constitué d'un support plastique enrobé de gutta-percha de phase alpha. Les obturateurs, disponibles du 20/100 au 50/100, pouvant sur demande aller du 55/100 au 140/100 et ont une longueur de 25mm. La partie transportant la gutta comporte une cannelure longitudinale sur toute sa longueur pour faciliter le retraitement. (56)
- Le Thermaprep® : Four de préparation de l'obturateur permet d'amener la gutta-percha à la température idéale de travail : entre 60 et 70°C. Il comporte une minuterie qui permet de contrôler le temps de chauffage de l'obturateur (Fig.86).
- Le Vérificateur Thermafil (Verifier®) : C'est une lime manuelle (46) en nickel titane utilisé pour sélectionner l'obturateur Thermafil adapté (Fig.87).
- Les Fraises Thermacuts® : elles comportent une tête ronde non travaillante qui est utilisée pour sectionner le tuteur en plastic sans aucun risque de perforation. Ces fraises sont disponibles en 4 tailles : 010, 012, 014 et 016 (Fig.88).
- Les fraises "Post-Space" : Ces fraises sont des fraises rondes longue à tête non travaillante (Fig.70) qui sont utilisées pour préparer l'espace réservé au tenon. Ces fraises sont disponibles en 2 tailles (005 et 007) et 2 longueurs (25mm et 31 mm) (57).



**Figure 84 : Obturateur Therafil**



**Figure 85 : Le Thermaprep®**



**Figure 86 : Le Vérificateur Therafil (Verifier®)**



**Figure 87 :une Fraise ThermoCut®**



**Figure 88 : une fraise Post-Space**

#### **4.2.5.2. Le Système Soft Core® :**

Le Système Soft Core® (Fig.89) reprend les mêmes bases que le système ThermoCut mais avec des obturateurs 30 % plus fins, permettant ainsi une plus grande flexibilité pour naviguer dans les canaux courbés. Une lame plus fine signifie également une quantité supérieure de gutta-percha pour des obturations plus denses.

Le Système Soft Core® comprend une seule taille de cône universelle, ce qui permet de réduire et simplifier considérablement le stock de tuteurs. Les Obturateur Soft-Core® sont fabriqués avec de la gutta-percha en phase alpha à l'extrême pointe de la technologie et présente des propriétés d'écoulement, d'adhésion et de scellement amélioré exceptionnelles.



**Figure 89 : Le Système Soft Core®**

#### **4.2.5.3. Le Système Simplifill® :**

Le Système Simplifill® (Fig.72) consiste en de la gutta-percha normalisée d'environ 5 mm de long montée sur tuteur, aux tailles ISO standard.

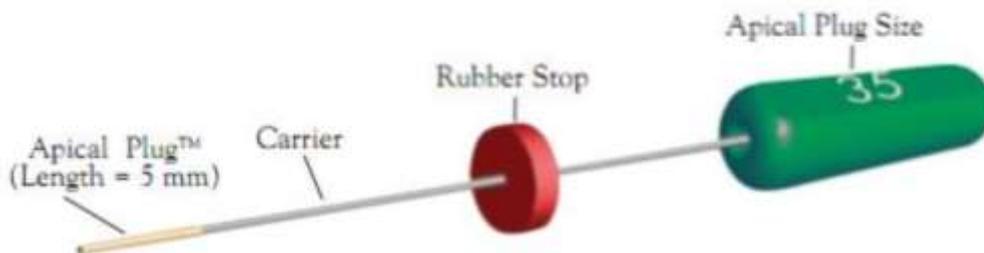
Simplifill® est le seul système à tuteur où le tuteur n'est pas laissé dans le canal.

Les tuteurs sont effectivement des obstacles au retraitement ou à la reconstitution coronoradiculaire.

La préparation antérieure du tiers apical se fait avec les limes « Light Speed »

#### **Les Limes LightSpeed**

Les limes LightSpeed se caractérisent par une longueur utile considérablement plus courte comprise entre seulement 0,25 et 1,75 mm, selon la taille de l'instrument. La gamme existante englobe les tailles allant de 20 à 160. Cela permet une préparation optimale du canal radiculaire au niveau de l'apex. La vitesse optimale constante se situe dans la fourchette allant de 750 à 2 500 tr/min. Elle est ainsi considérablement supérieure à celle de tous les autres instruments en NiTi rotatifs.



**Figure 90 : Le Système SimpliFill®**



**Figure 91 : Kits de limes LightSpeed**

#### **4.2.5.4. Le Système Herofill® :**

Le système Herofill® (Fig.73) est comparable au Thermafil®. Le tuteur plastique présente une conicité de 2% et est monté sur un manche réglable en longueur. Les jauges de vérification (HerofillVerifier® 2%) sont en plastique. Le protocole reste semblable à celui du Thermafil®.

Les tailles des obturateurs Herofill® correspondent aux normes ISO de 20 à 45



**Figure 92 : Le système Herofill®**

#### **4.2.6. Les Systèmes par vague de chaleur :**

##### **4.2.6.1. Le Système B® de Buchanan :**

Le System B® (Fig.93) permet de simplifier la technique de compactage vertical à chaud de Schilder. Il combine une phase de réchauffage et de compactage avec un seul et même instrument grâce à l'apport d'une vague continue de chaleur. (58)

-Les fouloirs chauffant de Buchanan ont révolutionné les techniques de gutta percha chaude. Ces obturateurs de haute qualité ont une forme qui correspond étroitement à la préparation finale du canal radiculaire. Cela maximise les forces de condensation sur la gutta percha ramollie sans exercer de contrainte excessive sur le système canalaire. Parce que la source de chaleur du système B fournit une température exacte tout au long de la procédure, les fouloirs chauffant de Buchanan ne ramollissent pas trop la gutta percha. Lorsque la chaleur est arrêtée, les fouloirs chauffant refroidissent presque instantanément et se séparent facilement de la gutta percha condensée.

-System B Heat Source (Fig.94): La source de chaleur du système B permet de composer le réglage de température exact, qu'elle maintient tout au long de la procédure.



**Figure 93 : Les Fouloirs chauffant de Buchanan**



**Figure 94 : System B Heat Source**

#### **4.2.6.2. Le Système de Touch'nHeat® :**

Présenté en 1982, c'est le prédécesseur du System B® il fut Conçu par le Dr Herbert Schilder.

Le Touch'nHeat® (Fig.95) fournit une chaleur constante et pratique pour des techniques de gutta percha chaude. Les embouts brevetés autoclavable sont chauffés de façon interne pour que la chaleur soit concentrée à l'extrémité où elle est la plus nécessaire. Il permet d'avoir un embout chauffé avec précision mais permet également de contrôler sa température.

La seule différence entre le Système B® et le Touch'NHeat® réside dans les embouts en acier inoxydable du System B® : beaucoup plus flexibles et de calibres semblables aux limes endodontiques.



**Figure 95 : Le Système de Touch'nHeat®**

#### **4.2.7. Les Systèmes par Injection :**

##### **4.2.7.1. Injection de gutta-percha chaude :**

Ces systèmes ont révolutionné le monde endodontique avec l'avènement de la gutta-percha chaude injectable. Utilisés généralement en deuxième vague (en association avec le System B® le plus souvent), ces systèmes permettent d'obtenir des résultats fiables et reproductibles pour une obturation tridimensionnelle de n'importe quelle morphologie canalaire.

##### **4.2.7.1.1. Le Système Obtura II® :**

Ce système, actuellement à sa troisième génération, présente la gutta-percha sous forme de « bouts » placés dans un pistolet obturateur et gardés à l'état ramolli à une température pré-réglée. Le praticien appuie ensuite sur le pistolet pour que cette dernière sorte par une aiguille de diamètre défini au préalable. (59)

Une fois la gutta-percha mise en place, l'opérateur pourra la compacter à l'aide de fouloir standard.

L'Obtura II (Fig.96) dispose d'une consistance unique et d'une coulabilité optimale. Elle est appliquée directement dans le canal radiculaire à l'aide du pistolet d'application à travers une canule fine (3 différents diamètres). Idéal également lors de l'utilisation d'instruments non-conformes aux normes ISO.



**Figure 96 : Le Système Obtura II®**

#### **4.2.7.1.2. Le Système Ultrafill 3D® :**

Le principe est le même que pour le système Obtura II® mais cette fois-ci la gutta-percha est présentée sous forme de capsules ou en seringues placées dans un appareil chauffant spécialement conçu. Une fois réchauffées, on les introduit dans un pistolet. L'injection manuelle au pistolet suivi du compactage est semblable à celle de l'Obtura II®.

-La Canule ULTRAFIL®3D Gutta Percha : La canule ULTRAFIL®3D unique, pré remplie et jetable facilite la préparation et le nettoyage. Chaque canule contient suffisamment de gutta percha pour remplir une dent à racines multiples. (60)

La gutta percha est contenue dans la canule avec un bouchon en plastique à une extrémité et une aiguille en acier inoxydable de calibre 22 préalablement fixée à l'autre. Le diamètre de l'aiguille est de (0,69 mm), avec une longueur de (21,3 mm). Le bouchon agit comme un piston pendant l'extrusion.

-Le système ULTRAFIL®3D Gutta Percha (Fig.97) est disponible en trois viscosités pour s'adapter à diverses situations et techniques cliniques.

Le Regular Set (blanc, 30 min.) Et FirmSet® Gutta Percha (bleu, 4 min.) ont les propriétés d'écoulement les plus élevées et sont utilisés pour des techniques d'injection simples. Regular et FirmSet® doivent être compactés une fois la prise initiale effectuée. Le temps de prise finale est la principale différence entre les deux.

Endoset® Gutta Percha (vert, 2 minutes) est une gutta percha de viscosité plus élevée avec un débit légèrement inférieur. C'est le choix parfait pour toutes les techniques qui nécessitent une condensation à l'aide d'un spreader ou d'un plugger. (61)

-**Le System Heater** : il a une température pré réglée de 90 ° C, le chauffage ne nécessite aucun réglage ou surveillance. Les ouvertures dans le dessus du radiateur sont conçues pour contenir deux canules de Gutta Percha ULTRAFIL®3D. Le couvercle de protection en plastique de l'appareil de chauffage doit rester en place lorsque l'appareil de chauffage est allumé. Les canules et le distributeur peuvent être manipulés avec des gants. La basse température de la gutta percha réchauffée assure une méthode d'obturation sûre et efficace. (61)

-**ULTRAFIL®3D Dispenser** :est un distributeur de type cliquet précis et bien équilibré qui a été spécialement conçu pour accueillir les canules ULTRAFIL®3D. L'écrou de réglage sur le canon vous permet de faire pivoter la fente de la canule dans la position que vous préférez. Une compression / libération lente et répétée du mécanisme de déclenchement est nécessaire pour poursuivre l'avancement du piston.



**Figure 97 Le Système ULTRAFIL®3D**

#### **4.2.7.2. Injection de matériaux d'obturation a froid :**

##### **4.2.7.2.1. Système GuttaFlow® :**

Le Système GuttaFlow® est un nouveau système d'obturation innovant qui associe deux produits en un : de la gutta-percha en poudre avec une taille de particules inférieure à 30 µm et un ciment de scellement. Ce nouveau système d'obturation fonctionne avec de la gutta-percha fluide à froid.

Le GuttaFlow® présente une solubilité quasiment nulle. En fait, des tests réalisés selon la norme ISO 6876:2001 montrent que le matériau présente une solubilité de 0,0 %. Cela permet une obturation du canal radiculaire étanche et stable d'un point de dimensionnel. (62)



**Figure 98 : Système GuttaFlow®**

## **Chapitre 5 : Les instruments utilisés dans le retraitement endodontique**

### **5.1. Définition :**

Le retraitement endodontique orthograde est une thérapeutique qui consiste à éliminer du système endodontique tous les matériaux d'obturation canalaire (ainsi que les éventuels obstacles canaux : instruments fractures, calcifications), et à refaire le nettoyage, la mise en forme et l'obturation des canaux radiculaires de manière tridimensionnelle hermétique. Le retraitement est fait lorsque le traitement initial apparaît inadéquat ou a échoué, ou lorsque le réseau canalaire a été contaminé par une exposition prolongée à l'environnement buccal. (63)

Lors d'un retraitement endodontique nous sommes souvent face à des dents ayant déjà été restaurées au niveau coronaire, soit par la mise en place d'une couronne soit par un matériau d'obturation coronaire. Ceci impose donc une première étape dite « de temps coronaire » qui sera suivie d'une deuxième étape dite « de temps radiculaire ».

Le retraitement endodontique passe par plusieurs étapes : l'accès aux entrées canales, l'élimination du contenu canalaire, l'atteinte de l'apex, puis une fois lumière canalaire libre, la remise en forme du canal et son obturation.

### **5.2. Matériels nécessaires selon la technique de désobturation :**

#### **5.2.1. La désobturation manuelle:**

Cette technique s'utilise lorsqu'on est en présence de cône de gutta flottant dans un canal. Des limes K de calibre croissant (à partir de 10/100) sont insérées dans le canal, sans solvant. Lorsque l'une d'elles bloque aux deux tiers de la longueur de travail, on utilise alors une lime H d'un calibre immédiatement supérieur à la lime K précédente. On la visse pour atteindre le niveau de cette dernière et on tracte l'instrument pour retirer le cône de gutta en un morceau.

### **5.2.2. La désobturation a l'aide d'instruments soniques et ultrasoniques :**

Les instruments soniques et ultrasoniques sont utilisés depuis de nombreuses années en dentisterie et leurs applications s'étendent maintenant à toutes les disciplines. Ils ont trouvé en endodontie de nombreuses applications et interviennent à toutes les étapes du traitement, depuis la réalisation de la cavité d'accès jusqu'au retrait de fragments d'instruments fracturés ainsi que l'activation des solutions d'irrigation à l'intérieur des canaux préalablement préparés. Ces deux types d'instrument sont toutefois des propriétés assez différentes qui déterminent leurs indications. La particularité du retraitement est d'avoir à éliminer de l'espace endodontique l'ensemble de matériaux laissés en place, volontairement ou non, lors du traitement initial. Les inserts soniques ou ultrasoniques peuvent être d'un grand secours dans cette démarche. Des kits d'inserts sont spécifiquement adaptés à cet usage. (64)



**Figure 99 Kit d'inserts ultrasoniques Endosuccess (Satelec) destiné au retraitement.**

#### **5.2.2.1. Repérage des entrées canalaires :**

Les entrées canalaires sont activement recherchés avec des inserts ultrasons prévus à cet effet : inserts EndoSucces®, SmartX® et ProUltra®, CPR Spartan®, Rt1® et Rt2®, etc. La lecture de données anatomiques et tissulaires sécurise et réduit le temps alloué à cette recherche (65). L'obtention de parois régulières et lisses facilitera la mouillabilité des solvants tout en assurant le nettoyage. (66)

#### **5.2.2.2. Dépose des ancrages intracanalaires :**

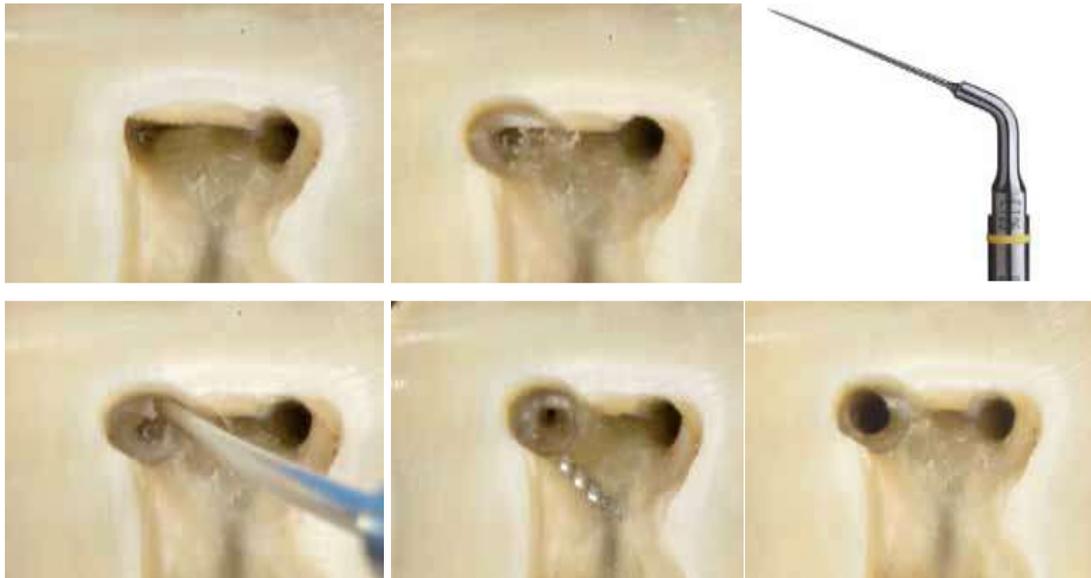
Ces ancrages peuvent être descellés par une vibration appliquée sur la tête du tenon qui, transmise par la pièce métallique, provoque la décohésion du ciment de scellement. Les inserts les plus efficaces pour cette utilisation sont des inserts ultrasoniques spécifiques utilisés à forte puissance (Start X n° 4 Dentsply, ETPR Satelec, instrumentDEMS). Pour être efficaces, ils doivent être appliqués sur le tenon dans l'axe du mouvement de vibration c'est-à-dire l'axe de la pièce à main. Ces inserts ont une énergie cinétique importante (fréquence

élevée, amplitude élevée) et provoquent un échauffement rapide. Ils doivent être utilisés avec une irrigation abondante et de façon discontinue (phase de travail de 3 minutes suivie d'une phase de repos de 3 minutes). Une fois le tenon déposé, le ciment restant sur les parois peut être retiré à l'aide d'un insert sonique lisse qui permet d'éliminer le ciment sans abraser les parois dentinaires (InsertSF4.000 Komet). (64)

Concernant les tenons fibrés collés, après section du tenon à la fraise diamantée, à grande vitesse, un insert à ultrasons fin ou une fraise boule LN de petit diamètre réalise un "avant-trou". Ce premier point de désagrégation des fibres est complété soit par l'usage Spécial d'un insert plus fin, soit par la pénétration d'un foret de Gates n° 2 à vitesse de 1 500 rpm environ et sans spray de refroidissement afin de profiter de la chaleur générée pour désolidariser la résine de cohésion qui maintient les fibres du tenon .(68)

### **5.2.2.3. Retrait des fragments d'instrument fracturés :**

La procédure de retrait d'un instrument fracturé à l'intérieur d'un canal consiste à dégager la partie coronaire du fragment aux dépens de la dentine radiculaire .Les inserts les plus adaptés pour cette intervention sont des inserts ultrasoniques lisses très fins (ET 25 Satelec, ProUltraDentsply) utilisés à faible puissance. L'utilisation d'inserts ultrasoniques à faible puissance permet de réduire l'amplitude du mouvement afin d'être le moins invasif possible. Cette intervention doit être impérativement réalisée avec l'aide d'un microscope opératoire et n'est envisageable que si la partie coronaire du fragment peut être visualisée. Une fois dégagé, le fragment est expulsé en direction coronaire par la vibration de l'insert placé à son contact. (64)



**Figure 100 : Retrait d'un fragment d'instrument fracturé à l'aide d'un insert ultrasonique**

L'accès coronaire est préparé avec des forets de Gates jusqu'à ce que le foret n° 4 arrive au contact du fragment. Un plateau dentinaire est ensuite réalisé avec ce même foret n° 4 sectionné dans sa plus grande largeur. La dentine autour du fragment est abrasée avec un insert spécifique, ici un insert 25 (Satelec) utilisé à faible puissance, jusqu'à ce que celui-ci devienne mobile. Le fragment est alors expulsé en direction coronaire par le simple contact de l'insert. (64)

**Remarque :**

Les ultrasons utilisés sans spray provoquent un échauffement important qui peut provoquer des lésions irréversibles des tissus parodontaux. Pour éviter ces conséquences dramatiques, certains inserts de descellement tel le Start-X n° 4 possède un port d'eau qui permet une alternance facilitée entre séquence sèche et séquence sous spray. Les plages d'utilisation d'ultrasons ne doivent en aucun cas excéder plusieurs minutes d'affilée afin de temporiser les écarts de température. Si au bout d'un temps global de 10 minutes d'effort sur un tenon celui-ci n'est pas descellé, le praticien doit envisager une autre alternative thérapeutique. (67)

### **5.2.3. La désobturation mécanisés**

#### **5.2.3.1. Instruments endodontiques Ni-Ti en rotation continue :**

Certains instruments en NITI sont conçus pour le retraitement endodontique, comme le (R-Endo®), ou spécifiques à une étape de celui-ci, comme par exemple la désobturation canalaire (limes D1/D2/D3 de ProTaperUniversal®, jeu spécifique de désobturation Race®) ou la préparation apicale (Heroapical®, S-Apex de Race®). (68)

Le retraitement endodontique peut être difficile et prendre plus de temps que le traitement initial. Les fabricants ont développé des systèmes d'instruments spéciaux, qui sont utilisés avec un moteur entraîné par moteur et une rotation continue tels que le système de retraitement universel ProTaper (DentsplyMaillefer, Ballaigues, Suisse), le système de retraitement Mtwo (VDW, Munich, Allemagne), R-Endo (Micro-Mega, Besançon, France), et D-RaCe (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Suisse) afin de favoriser les procédures de retraitement. De nouveaux concepts ont été introduits dans lesquels la préparation du canal radiculaire est complétée par différents mouvements. (69)

##### **5.2.3.1.1. ProTaperUniversal rotary retreatment :**

À ce jour, peu d'études ont porté sur le comportement des instruments de retraitement ProTaperUniversal dans le retraitement endodontique non chirurgical.

Les meilleures performances des instruments de retraitement ProTaperUniversal peuvent être attribuables à leur conception. D1, D2 et D3 ont trois conicités et longueurs progressifs. Ces caractéristiques peuvent permettre aux instruments de retraitement de couper non seulement la GP (gutta percha), mais aussi la couche superficielle de dentine pendant la désobturation. En outre, la conception spécifique de la flûte et le mouvement rotatif des instruments de retraitement ProTaperUniversal ont tendance à tirer le GP dans les flûtes de la lime et à le diriger vers l'orifice. De plus, il est possible que les mouvements de rotation des limes entraîné par le moteur produisent un certain degré de chaleur de friction qui pourrait plastifier le GP. Le GP plastifié présenterait ainsi moins de résistance et serait plus facile à retirer. En règle générale, les instruments rotatifs NiTi doivent être utilisés avec une grande prudence. Lorsque des limes de retraitement ProTaperUniversal sont utilisés pour éliminer la GP, une légère pression apicale doit être exercée pour la pénétration des limes. Les limes doivent être retirés fréquemment pour l'élimination des débris des flûtes d'instruments avant d'être réintroduits dans le système de canal radiculaire. Si les instruments rotatifs ne progressent pas

le long du canal, des limes à main en acier inoxydable peuvent être utilisées pour vérifier la résistance et établir le plan de descente. (70)

#### **5.2.3.1.2. EdgeFile XR :**

Des limes rotatives de retraitement de nickel-titane (Ni – Ti) EdgeFile XR fabriquées à partir d'une marque d'alliage Ni-Ti traité thermiquement appelée Fire-Wire™ ont été lancées sur le marché. Les caractéristiques de déformation et de résistance des métaux et alliages métalliques peuvent être modifiées par un traitement thermique. Selon le fabricant, Fire-Wire™ Ni – Ti offre une durabilité qui améliore les performances et offre une flexibilité incroyable, de sorte que les limes XR améliorent et accélèrent le retraitement endodontique. Le système comprend quatre instruments - R1 (25 / 0,12), R2 (25 / 0,08), R3 (25 / 0,06), R4 (25 / 0,04) - qui sont utilisés de manière descendante. Tous les instruments ont une section transversale conique et parabolique constante. (69)



**Figure 101 : Edge file XR**

#### 5.2.3.1.3. Endo Restart :

Des instruments spécifiques ont été développés par les industriels, et le kit EndoReStart® proposé par Komet est l'un d'eux. Composé de deux instruments, l'OpenerEndoReStart® et l'EndoReStart®, ces instruments sont des adaptations (plutôt que des évolutions) des instruments de mise en forme, respectivement l'Opener® et le Skytaper® 6 %. Seule la conicité de l'instrument a été modifiée, puisque celle de l'EndoReStart® est de 5 %.

1. OpenerEndoReStart®. L'instrument est court (15 mm) et présente un diamètre de pointe de 30/100. Il est destiné à désobturer les quelques millimètres les plus coronaires du canal.

2. EndoReStart File®. Instrument de désobturation canalaire. Son diamètre de pointe est de 25/100 et la conicité de 5 %. Il est proposé en 21 et 25 mm de longueur. Les instruments de la série EndoReStart® sont repérables par leur bague rose sur le mandrin. (71)



Figure 102 : Endo restart

#### 5.2.3.1.4. R-endo :

La ligne R-Endo®, est adaptée aux matériaux d'obturation rencontrés le plus souvent lors des RTE : gutta percha et pâte d'obturation.

##### LIME Rm :

Sert à pointer, fracturer la pellicule dure du matériau d'obturation.

Permet un centrage et un guidage de l'instrument suivant.

##### Re :

Redresse les parois de la cavité d'accès.

Elimine l'éventuel surplomb dentinaire.

Agrandit l'espace d'accès pour augmenter la quantité du solvant actif.

Supprime toutes les contraintes primaires.

##### Rm :

Permet de libérer la lumière canalaire pour que l'instrument suivant ne travaille pas avec la pointe, mais avec les spires les plus coronaires

**R1 :**

Elimination des matériaux dans le 1/3 coronaire.

Libère les contraintes du 1/3 coronaire.

Mise en forme pour le passage de l'instrument suivant.

**R2 :**

Elimination des matériaux dans le 1/3 moyen.

Libère les contraintes du 1/3 moyen.

Mise en forme pour le passage de l'instrument suivant.

**R3 :**

Elimination des matériaux dans le tiers apical.

Mise en forme du tiers apical.

Avantages R-Endo®

**R-Endo®** : est la première technique instrumentale pour le retraitement endodontique.

Des limes spécialement étudiées pour le RTE : conicités, longueurs et pas des limes sont adaptés à chaque niveau de l'espace radiculaire.

Un protocole simple en 5 instruments.

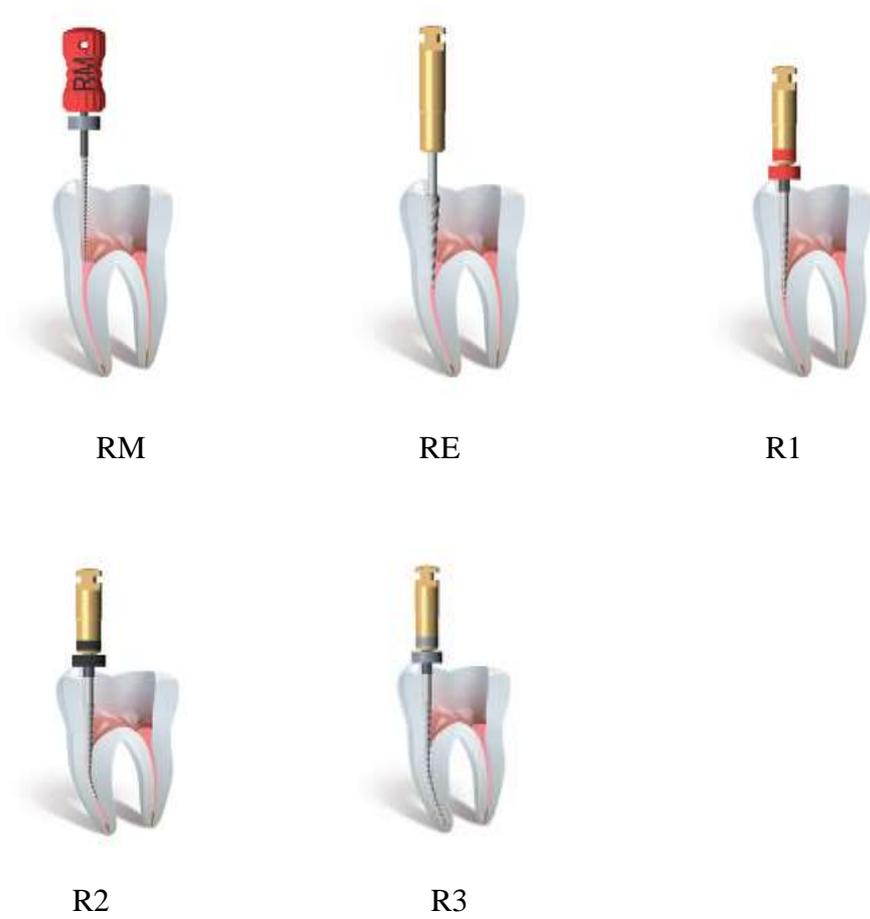
Une identification rapide et aisée des instruments rotatifs : la couleur du manche correspond à la conicité de l'instrument.

Efficacité d'élimination des anciens matériaux d'obturation.

Nettoyage pariétal des canaux radiculaires.

Respect de la trajectoire canalaire initiale.

Reproductibilité des résultats. (72)



**Figure 103 : Le R-endo**

**5.2.4. La Désobturation a l'aide de dispositifs mécaniques :**

**5.2.4.1. L'extracteur de gonon :**

La trousse de Gonon® est composée d'un extracteur, de trépan de différentes tailles et de filières coïncidant aux trépan (Fig 104). Ce coffret existe depuis plus de 40 ans et a été récemment amélioré : ensemble du coffret stérilisable, ergonomie d'utilisation accrue. Ce système a pour objectif d'exercer une traction délogant le tenon en prenant appui sur la structure dentaire. (73)



**Figure 104 : extracteur de Gonon**

Il se compose :

D'une fraise diamantée FG,

D'un foret pointeau,

D'un foret PEESO N°2

De deux jeux de 4 trépan de différents diamètres (1, 2, 3, 4),

De deux jeux de 4 filières avec pas à gauche (1, 2, 3, 4),

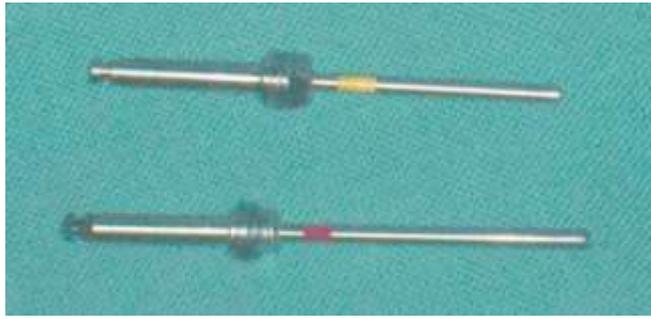
D'un jeu de rondelles métal, laiton et en silicone de 4 diamètres (Ø6, 8, 10, 15mm)

Et de la pince extractrice.

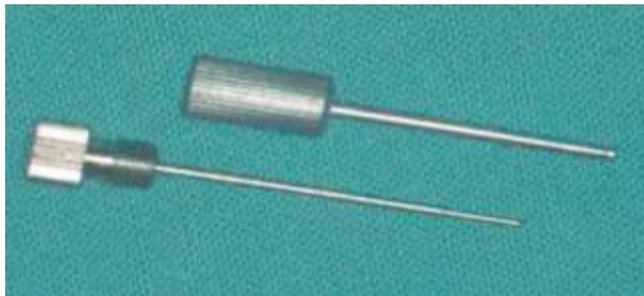
L'élimination des tenons métalliques scellés est précédée de l'usage d'insert à ultrasons afin de diminuer la force nécessaire à leur extraction. L'utilisation de système de retrait approprié et plus sûr, comme l'extracteur de Gonon®, permet d'extraire les tenons dans la grande majorité des situations. En créant une base d'appui périphérique strictement dentinaire, peu de tenons résistent à son utilisation. (66)

#### **5.2.4.2. La trousse de Masserann :**

Le premier système d'extraction des débris métalliques date de plus de 30 ans et a été longuement décrit dans diverses publications .Le principe d'utilisation est simple. Dans un premier temps, des forets trépan (fig.105) vont dégager la tête du fragment métallique en éliminant la dentine. Ces forets ont une action de coupe en sens antihoraire. Ils sont montés sur contre-angle à faible vitesse ou peuvent être utilisés avec une clé à main. Quand une gorge de 1 à 2 mm a été obtenue autour de l'instrument, on peut alors introduire la pince de préhension proprement dite. Elle se compose d'un tube creux, avec un étranglement dans sa partie apicale, dans lequel un pointeau viendra bloquer le morceau d'instrument brisé (fig.106). (74)



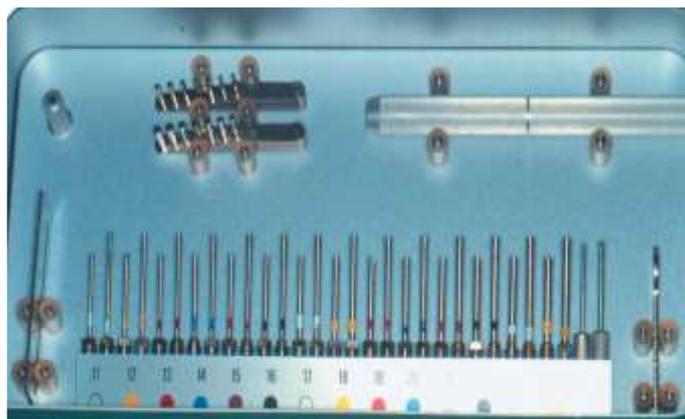
**Figure 105 : Forets trépan de différentes tailles pour éliminer la dentine autour du fragment brisé.**



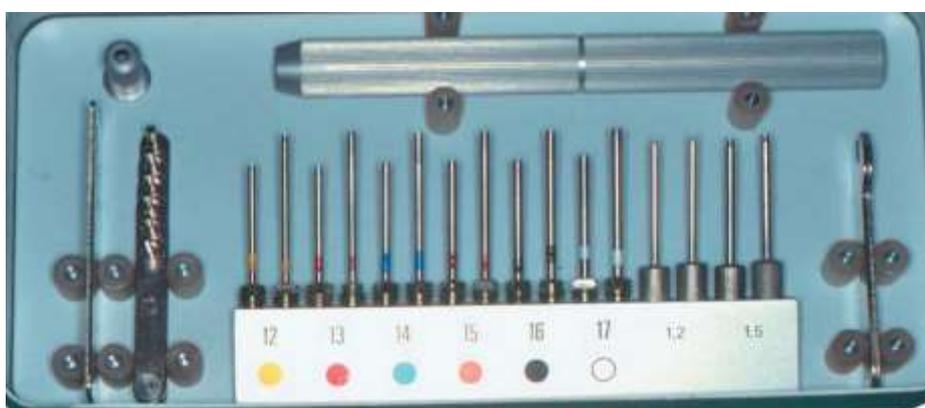
**Figure 106 : Pince de préhension avec tube creux et son étranglement à son extrémité et le pointeau qui vient se visser à l'intérieur pour bloquer le fragment métallique.**

La trousse de Masserann originelle comporte de très nombreux forets trépan et 2 types de pinces de préhension de calibres différents, des systèmes de jauge, de clés de serrage et de clés manuelles (fig. 107). Cette présentation, décourageante par sa complexité apparente, a été simplifiée par l'apparition de la mini trousse Masserann (fig. 108). Celle-ci, adaptée à l'endodontie, a encore été simplifiée et on a actuellement à disposition le Masserann micro-endo-kit (fig. 109) avec 4 forets, 1 pince de préhension et 2 clés : l'une de serrage et l'autre manuelle. La limite d'utilisation de ce concept réside dans la rigidité des instruments.

En effet, on ne peut travailler que dans la portion rectiligne du canal. La seconde limite est la perte de substance dentinaire qui a lieu lors du dégagement de la tête du morceau métallique brisé. Il ne faudra pas utiliser cette instrumentation dans une racine plate ou en haricot au risque de créer une déchirure latérale d'une paroi (stripping). Il en va de même pour les racines grêles que l'on fragilise trop. La contrepartie de cet inconvénient est bien sûr la résistance de la pince de préhension qui permet de bien tenir le fragment brisé et de pouvoir exercer une importante force de dégagement. Il a été récemment proposé de modifier le pointeau pour l'affiner et donc mieux coincer le fragment dans le tube. En fait, cette proposition, intéressante, avait déjà été comprise par Laurichesse et al. En 1986 qui préconisaient de se servir du pointeau de 120/100 dans le tube de 150/100. (74)



**Figure 107 : Trousse Masseran complète avec une grande variété de forets trépan, de pinces de préhension, de jauges, de clés de serrage et de clés à main.**



**Figure 108 : Trousse simplifiée du mini-Masserann**



**Figure 109 : Micro-endo-kit Masseran (Micro-Mega)**

Les instruments Masseran étant droits, un accès droit et direct est impératif. Le protocole opératoire distingue trois étapes :

- ouverture de l'accès par élargissement de l'entrée canalaire ;
- dégagement du fragment grâce à l'utilisation dans le sens anti-horaire de forets Trépan ;

– préhension et extraction du fragment en rotation en introduisant la pince d'extraction ouverte jusqu'à la partie dégagée du fragment.

Deux radiographies prises sous différents angles permettent au praticien de contrôler l'orientation du fragment, avant et au moment de l'insertion de la pince d'extraction. (69)

#### **5.2.4.3. L'IRS : Instrument Removal System :**

Directement dérivé du système Masserann, l'IRS permet de travailler selon le même concept. Il présente cependant quelques différences importantes. Tout d'abord, il n'existe pas de foret trépan mais seulement des pinces de préhension dans des tubes creux avec pointeaux (fig110). De même, le pointeau se visse en sens anti-horaire. Le principe de blocage du fragment métallique n'est plus un étranglement sur l'extrémité mais une petite fenêtre latérale. Les diamètres externes des tubes creux sont beaucoup plus petits que ceux des Masserann. Ils ne sont que de 80/100 pour le rouge et 100/100 pour le noir, alors que les Masserann sont de 120/100 et 150/100. Cela est un avantage important car cela permet une meilleure économie tissulaire, mais l'inconvénient majeur qui en résulte est une très faible résistance mécanique. Un IRS ne pourra guère être utilisé plus de deux ou trois fois. Une autre différence importante est l'extrémité du tube creux, qui présente un biseau à 45° (alors que sur le Masserann, elle est plate). Ce biseau permet de bien dégager le fragment brisé de la paroi contre laquelle il s'appuie.

Le blocage dans la fenêtre latérale oblige à un dégagement de la tête de l'instrument brisé de plus de 2 mm pour arriver à l'engager dans ladite fenêtre. (68)



**Figure 110 : Les différentes pinces de préhension d'un IRS**

#### 5.2.4.3 Post Removal System® (PRS®)

Imaginé par Ruddle, le kit est inspiré de la trousse de Gonon (utilisé pour déposer les ancrages radiculaires) et dont la mise en place est assez proche (figure 111). Cette technique est indiquée lorsque la dépose à l'aide des IUS (inserts ultrasoniques) a échoué sur des instruments fracturés dont le diamètre est supérieur ou égal à 0,6 mm.

Le PRS® contient : une fraise transmétales, 5 tarauds (0,6 à 1,60 mm) destinés à préparer le fragment sur sa partie coronaire, 5 extracteurs, un tube espaceur, la barre de torque et des rondelles en caoutchouc pour protéger la dent durant la dépose. Les tarauds du PRS® sont plus fins que ceux de la trousse de Gonon. Même si le plus fin est de 1,5 mm de diamètre externe, leur usage est uniquement réservé aux fragments dépassant ou à fleur de l'entrée canalaires.



Figure 111 : Postremoval system PRS

#### 5.2.4.4. Meitrac system : (Meisinger, États-Unis)

Qui reprend complètement le kit de Masserann avec forets trépan et pince de préhension. Avec ce système, les fragments cassés peuvent être saisis et retirés avec succès, précisément, et rapidement. Ces systèmes sont conçus de manière à ce que les fragments d'un diamètre de 0,15 à 0,50 mm (MEITRAC I), 0,55 à 0,90 mm (MEITRAC II), ainsi que 0,95 à 1,50 mm (MEITRAC III) peuvent être retirés sans encombre.

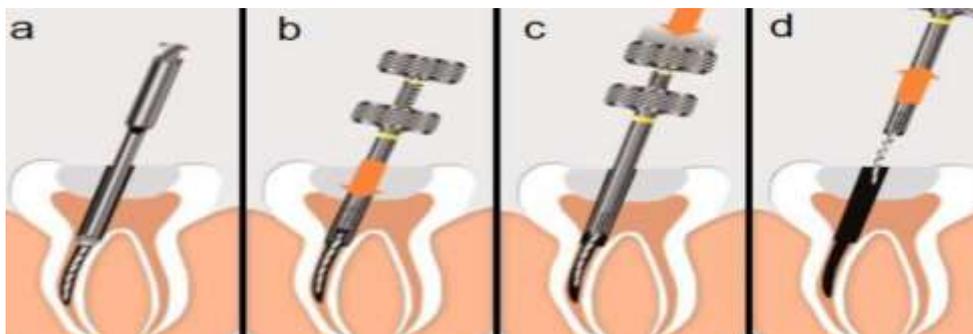


**Figure 112 : kit Meitrac (Meisinger)**

Il existe trois kits de diamètres différents : le Meitrac I, II et III. Le premier destiné aux instruments de faible diamètre (jusqu'à 0,5 mm), les deux autres pour les instruments de diamètre plus important mais aussi les cônes d'argent et les tenons radiculaires.

Chaque kit comprend deux extracteurs et un ou deux trépan de diamètre correspondant (figure 112). L'extracteur est composé d'un tube rigide dont la lumière se rétrécit vers l'extrémité. Dans cette lumière vient glisser un pointeau cylindrique creux coupé verticalement dans les 3 derniers millimètres pour donner 4 bras rétentifs servant à la préhension du bris instrumental.

Une tranchée de 1mm de profondeur est réalisée autour du bris instrumental à l'aide du trépan (figure 113a). L'extracteur est emmené au contact du fragment, le pointeau est mis en place de façon à ce que la tête de l'instrument soit entre ses bras rétentifs (figure 113b). L'opérateur pousse le pointeau en direction apicale, les bras du pointeau se resserrent autour du fragment au fur et à mesure de leur progression dans la lumière de l'extracteur est de plus en plus étroite (figure 113c). Le tout est ensuite retiré en direction coronaire (figure 113d).



**Figure 113 : Mode d'action du kit Meitrac**

#### 5.2.4.5. Le Roydentextractor (Roydent Dental Product, États-Unis) :

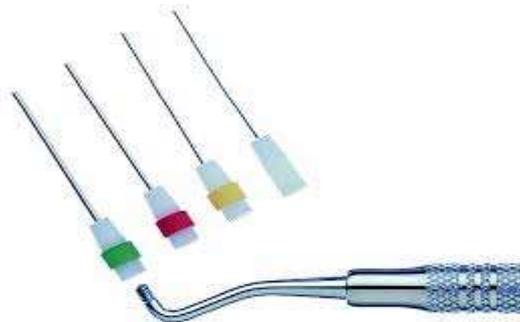
le système se compose uniquement d'une fraise et de 3 dispositifs d'extraction. La fraise est très conservative et élimine une quantité minimale de dentine. L'extracteur entoure l'obstruction avec de petites griffes qui peuvent être serrées sur l'objet permettant le retrait. (68)



**Figure 114 : Le Roydentextractor**

#### 5.2.4.6. Cancellier Kit® :

Commercialisé par SybronEndo, le kit renferme 4 extracteurs de tailles différentes et d'un diamètre externe de 0,50 ; 0,60 ; 0,70 et 0,80 mm. Pour pouvoir l'éliminer, l'instrument doit être dégagé sur au moins 3 mm de hauteur. L'extracteur d'un diamètre à peine plus grand que celui de l'instrument est enduit de colle cyanoacrylate sur son extrémité puis l'ensemble est introduit dans le canal et placé autour du bris instrumentale. L'extracteur est retiré après la prise de la colle. Cette technique est utile pour retirer des bris instrumentaux libres dans le canal, elle est peu efficace lorsque l'instrument est engainé dans la dentine ou lorsqu'il est situé dans une courbure.



**Figure 115 : Le Cancellier kit**

#### 5.2.4.7. Endo Extractor System®

Ce Kit contient un seul trépan unique de 0,8 mm de diamètre interne et trois extracteurs de 0,3, 0,5 et 0,8 mm de diamètre sur leur partie active (extrémité en étoile) et 1,5 mm de diamètre externe au niveau du tube (figure 116). Comme la technique de Masseran, le trépan sert à créer la gorge autour de l'instrument fracturé. Ensuite, l'extracteur vient coincer le fragment entre les dents de l'étoile à l'extrémité du tube. Une colle cyanoacrylate est utilisée comme agent de liaison pour maintenir le fragment dans la lumière du tube. L'extracteur est ensuite retiré en faisant des mouvements de rotation dans le sens antihoraire.

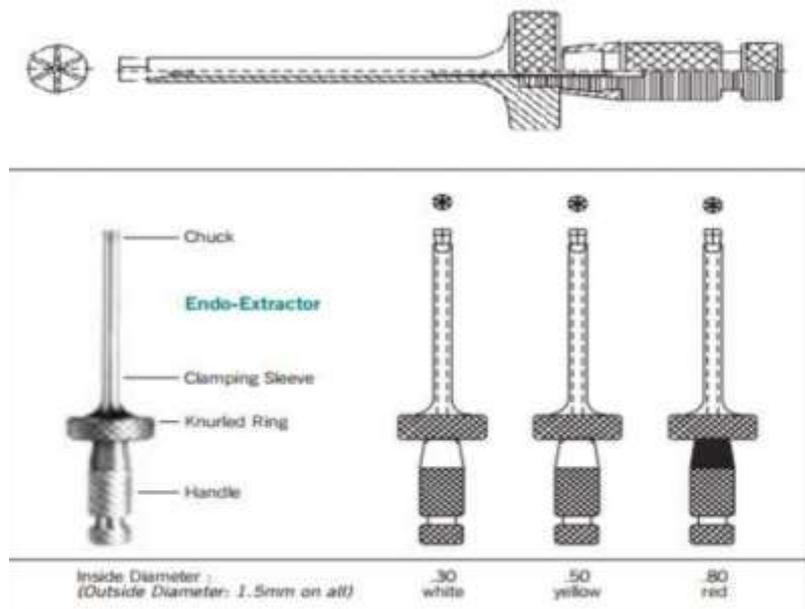


Figure 116 : Endo extractor system

#### 5.2.4.8. EndoRescue®

Commercialisé par Komet, ce kit est composé de 5 instruments :

Une fraise cylindro-conique,

2 forets de Gates,

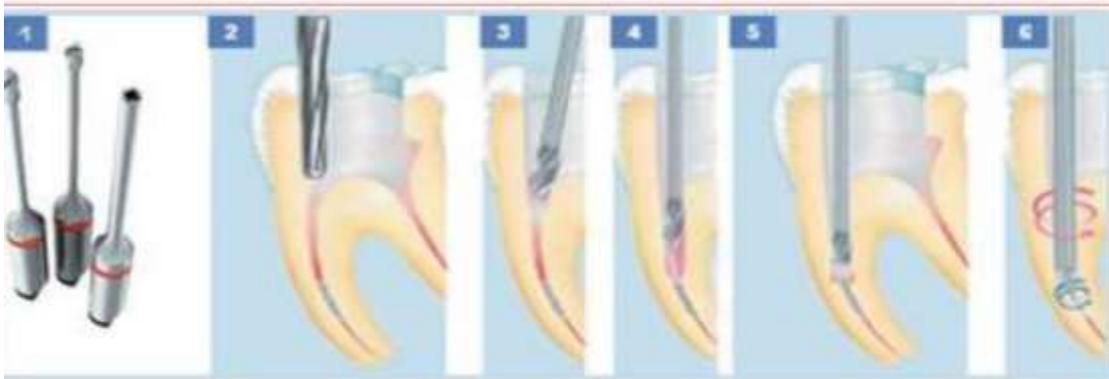
1 pointeur à extrémité concave, et 1 trépan (figure 117.1).

Le diamètre externe des instruments est de 0,70 ou 0,90 mm.

Les forets de Gates n°4 et n°3 servent à créer un accès direct vers la tête de l'instrument en brossant la paroi de sécurité (figure 117.3 et figure 117.4). Ensuite, à l'aide du pointeur à extrémité concave, la plateforme de travail est réalisée centrée sur l'instrument fracturé

(figure 117.5). Enfin, le trépan utilisé soit manuellement soit sur un contre angle réducteur

dans le sens antihoraire, il vient créer une gorge autours de l'instrument fracturé et le dégage des contraintes pariétales. Le fragment ressort le plus souvent coincé dans la lumière du trépan (figure 117.6)



**Figure 117 : Mode d'action du kit EndoRescue**

#### **5.2.4.9. Terauchi fileretrieval kit :**

Plutôt que d'essayer de forcer les instruments existants dans un rôle pour lequel ils ne sont pas adaptés, le Dr Terauchi a passé des années à rechercher, développer et tester de nouveaux instruments spécialisés pour la récupération des instruments. Certains instruments sont modifiés à partir d'outils d'origine tandis que d'autres, tels que le YoshiLoop, sont complètement originaux.

Si le patient a été référé à un spécialiste pour retirer l'instrument, le canal sera rempli de gutta percha et scellé de manière appropriée. L'outil de retrait de Gutta-Percha comporte des barbes qui engagent et retirent le matériau d'obturation, tandis que l'instrument de pénétration Gutta-Percha est utilisé pour explorer le canal pour les segments de limes et autres obstacles.

Ensuite, une fraise Gates-Glidden modifiée est utilisée pour élargir le canal uniformément pour atteindre la lime. La fraise est spécialement conçue sans pointe pilote, ce qui garantit que la perceuse suit la courbure du canal plutôt que de percer un nouveau canal. Si le segment de lime est profondément enfoui au centre du canal, une fraise Micro-Trephine a tourné dans le sens antihoraire autour de l'extrémité de la tige du segment de lime. Le mouvement dans le sens antihoraire réussit souvent à engager l'instrument cassé et à le desserrer ou à le retirer.

Cependant, les segments d'instrument intersectant avec la courbure du canal nécessiteront une préparation plus spécialisée afin de les retirer. Une pointe de micro-cuillère à ultrasons (peut être utilisée en courtes rafales pour traverser la courbure intérieure du canal pour exposer l'instrument. Si l'instrument "danse" lorsqu'il est brièvement touché avec la pointe à ultrasons, le canal est rempli d'EDTA et une pointe de lance à ultrasons est utilisée dans un

mouvement de poussée et de traction pour encourager l'instrument à sortir du canal. Souvent, la lime part du canal au premier contact avec les ultrasons!

Si un instrument desserré ne se libère pas dans dix secondes, la boucle Yoshi doit être utilisée. Cet outil unique se compose d'un minuscule lasso en fil métallique s'étendant à partir d'une canule. Après avoir préformé le lasso autour de la pointe d'un outil d'exploration, l'instrument desserré peut être extrait en tirant doucement dans chaque direction cardinale. (72)



**Figure 118 : Trousse de Terauchi**

#### **5.2.5. D'autres techniques de désobturation :**

##### **5.2.5.1. Endocowboy technique :**

L'EndoCowboy® est un outil Micro-Lasso qui peut être ajusté avec précision et permet de saisir des instruments même au fond du canal grâce à un accès invasif minimal. Une pointe de seulement 0,4 mm avec un fil standard de 0,1 mm vous aide à respecter l'anatomie naturelle tout en retirant l'instrument fracturé.



**Figure 119 : Endocowboy**

Avec une petite pointe à ultrasons, un petit espace circulaire doit être créé autour de la partie supérieure de l'instrument fracturé. Les ultrasons sont utilisés pour pré-desserrer l'instrument cassé. Lorsque vous pouvez voir un léger «mouvement de danse» de l'instrument, l'EndoCowboy® est appliqué. La pointe de l'EndoCowboy® peut être pliée au besoin pour un meilleur accès. La micro-boucle doit être placée autour de la pointe supérieure de l'instrument et fermée par votre assistant. Maintenant, l'instrument tient la marée dans la boucle et il peut être retiré. (75)

#### **5.2.5.2. Dissolution électrochimique d'un fragment:**

Il s'agit d'un nouveau concept basé sur la dissolution induite par électrochimie d'un métal testé par Orniga et al. Deux électrodes sont immergées dans l'électrolyte où l'une agit comme une cathode et une autre comme une anode. Le contact entre la lime séparée et l'anode ainsi qu'une différence de potentiel électrochimique adéquate entre les électrodes d'anode et de cathode entraînent la libération d'ions métalliques dans la solution, provoquant par conséquent une dissolution progressive du fragment à l'intérieur du canal radiculaire. Malgré ses limites (longue durée nécessaire à la dissolution complète des fragments et espace canalaire limité pour loger les électrodes), les résultats sont prometteurs. De nouvelles études pour développer la technique sont nécessaires avant son adoption clinique. (76)

### **5.2.5.3 la technique préconisée par Suter :**

Technique intéressante : prendre un morceau d'aiguille hypodermique ou autre adaptée au fragment brisé (principe du tube creux) et un racleur que l'on vient coincer dans la lumière de l'aiguille en bloquant l'instrument fracturé (principe du pointeau) ; il est recommandé d'ajouter de la colle cyanoacrylate pour avoir une meilleure préhension (principe de l'étranglement). On réalise ainsi une pince de préhension à faible coût.

### **5.2.5.4. LASERS:**

Le laser Nd: YAG a récemment été testé pour le retrait d'instruments séparés par YU DG et al et Ebihara et al. On prétend que des quantités minimales de dentine sont retirées, ce qui réduit le risque de fracture radiculaire. En outre, les fragments peuvent être retirés en un temps relativement court (moins de 5 minutes) de 2 manières: (77) le laser fait fondre la dentine autour du fragment, puis les fichiers H sont utilisés pour contourner puis le retirer, et (78) le fragment est fondu par le laser.

## Chapitre 6 : Les fractures instrumentales

### 6.1. Définition :

La fracture instrumentale est la séparation ou la fragmentation d'un corps solide en deux ou plusieurs parties sous l'action de contraintes. L'endommagement passe par la formation (phase d'amorçage) et la propagation (phases de croissance et de coalescence) de cavités au sein du matériau avant d'aboutir à la fracture (79).

La fracture instrumentale n'est malheureusement pas un incident exceptionnel. Le taux d'instruments fracturés retrouvé dans la littérature varie entre 1 et 6% dont 3,3% de fragments laissés en place (80). L'incidence de fracture d'instruments en NiTi est d'environ 5%, et ce même dans les mains de praticiens expérimentés (81). Concernant les instruments en acier inoxydable, de par la présence des signes de fatigue visibles sur l'instrument, la fracture peut être évitée la plupart du temps. À l'inverse, sur les instruments en NiTi, la fracture peut se produire sans aucun signe précurseur visible de fatigue (82).

La raison d'une telle fracture est double : la fatigue cyclique et les micros défauts métallurgiques de fabrication (83). Cette fatigue cyclique est liée à l'alternance de contraintes en traction / compression subies par l'instrument lors du travail mécanisé dans une courbure. Ainsi, même les instruments en NiTi dits à usage unique sont sujets à des fractures (84). La fracture instrumentale en endodontie est une complication entravant le bon déroulement du traitement endodontique. Elle peut empêcher l'achèvement de la mise en forme et l'assainissement du système canalaire, prérequis indispensables à la réussite du traitement endodontique (85).

### 6.2. Types de fractures instrumentales :

La fracture est la conséquence finale de l'endommagement du matériau, en mécanique des matériaux on parle de rupture. Les alliages peuvent se fracturer selon différentes manières déterminant le type de rupture (79). Habituellement, deux types de ruptures sont retrouvés : la rupture ductile et la rupture fragile.

Afin de connaître le type de rupture d'un matériau, il est nécessaire d'examiner son faciès fractographique au microscope électronique à balayage (MEB). Il est en effet impossible de déterminer le type de fracture à partir des considérations mécaniques macroscopiques.

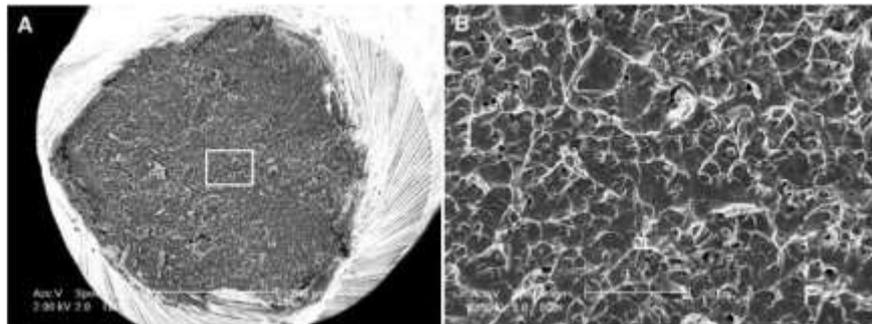
Souvent, les deux types de rupture peuvent coexister.

La fractographie consiste en l'étude microscopique des surfaces de rupture d'une pièce, en vue de préciser l'amorçage et la propagation de l'endommagement, et ainsi définir "l'histoire" de la rupture de la structure étudiée (solicitations, conditions d'environnement...). Actuellement, il est possible d'identifier les causes d'une rupture pour des structures métalliques sur la base de clichés types.

### 6.2.1. Rupture ductile:

La ductilité est la capacité d'un matériau à subir une déformation plastique avant sa rupture (83). Sous l'effet de contraintes, des micros lacunes se forment à l'intérieur du matériau. Au fur et à mesure que la force de déformation augmente, les lacunes augmentent de taille et se rejoignent, c'est la fracture ductile (86).

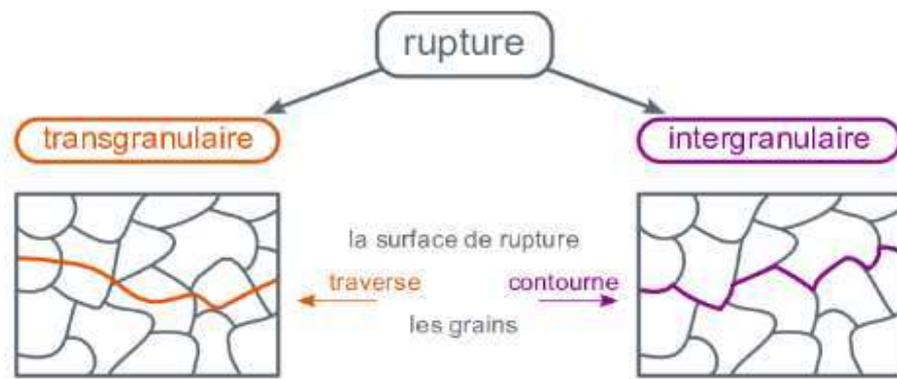
À l'échelle microscopique, la rupture ductile présente en général un aspect granuleux (figure 97), avec des cupules et éventuellement des inclusions d'une forme très distinctive donnant une image de « fossettes » (figure 120) (87).



**Figure 120 : Aspect microscopique (MEB) d'une fracture ductile (A). Aspect en relief marqué par des micros lacunes (points noirs) et des fossettes (B) (82).**

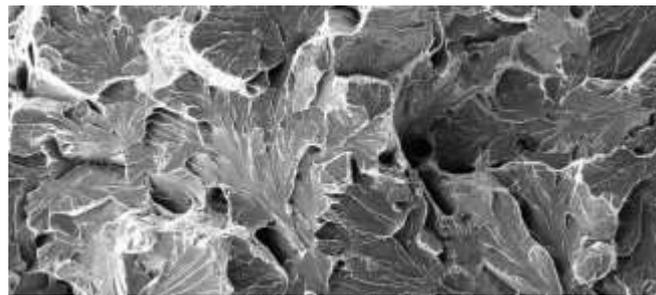
### 6.2.2. Rupture fragile:

Un matériau fragile est un matériau qui supporte peu la déformation plastique, il est donc peu ductile (82). La rupture fragile peut se présenter sous deux aspects, selon que la fissure qui génère la fracture traverse les grains, elle est dite inter-granulaire ou les contourne, dans ce cas elle est dite trans-granulaire (figure 121), les grains correspondent aux entités structurales d'un matériau.



**Figure 121 : Types de fracture fragile (88)**

La rupture trans-granulaire dite par clivage se traduit par une rupture des grains suivant des plans cristallographiques simples. La surface est plane et brillante, sans zone d'amorçage ni de direction de propagation. À l'échelle microscopique, le profil de rupture présente des rivières de clivage (figure 122).



**Figure 122 : Faciès d'une rupture fragile trans-granulaire en MEB (89)**

La rupture inter-granulaire correspond à la décohésion des grains, la fissure suit un trajet bordant les limites des grains. Elle naît généralement à partir d'un défaut métallurgique, acquis lors du traitement thermique du matériau.

Au MEB, l'image présente des polyèdres juxtaposés correspondant à la surface des grains (figure 123) (86).



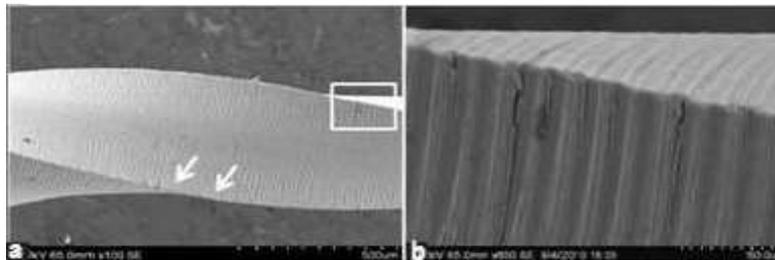
**Figure 123 : Faciès d'une fracture fragile inter-granulaire vu au MEB(90)**

### 6.3. Mécanismes de ruptures :

#### 6.3.1. Rupture par fatigue cyclique:

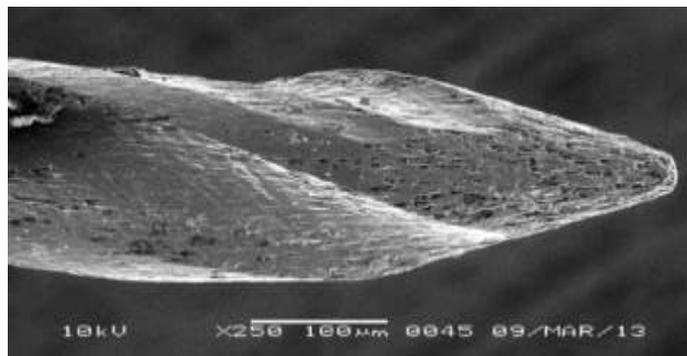
Lorsqu'un un matériau est soumis à des contraintes de façon répétitive et durable dans le temps, il finira par se rompre, et cela même lorsque l'intensité de la force est inférieure au seuil de la déformation plastique (79).

Lors de son utilisation mécanisée, l'instrument endodontique subit des forces de traction, de flexion, de torsion et de compression. Avec le temps, des signes de fatigues (craquelures, microfissures, micro-fêlures) vont apparaître sur la surface de l'instrument (figure 124) Ces irrégularités et défauts de surface agissent comme des concentrateurs de contraintes et prédisposent l'instrument à la fracture par fatigue cyclique.



**Figure 124 : Lime Protaper® vue au MEB après 12 utilisations (a) (les flèches blanches montrent les micro-fractures), fort grossissement (x650) (b) (91)**

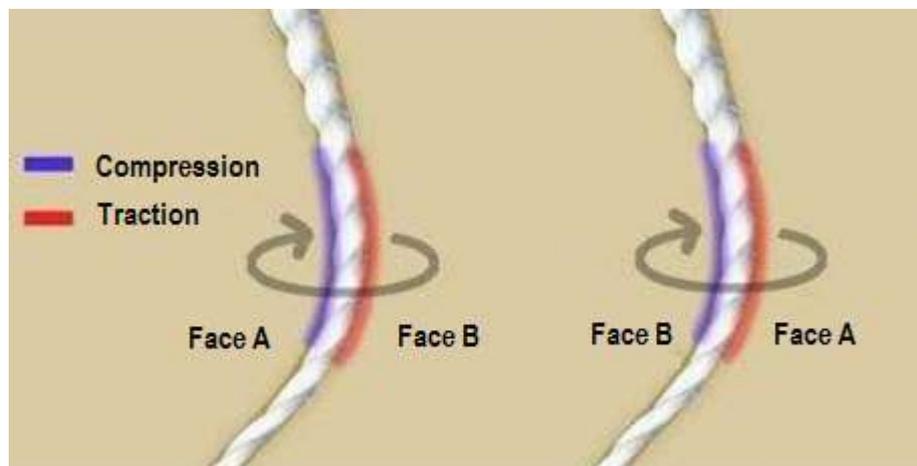
Parallèlement, d'autres facteurs de risques sont à prendre en considération : la corrosion due aux solvants endodontiques (92; 93) et la fragilisation causée par les cycles thermiques répétitifs de stérilisation (figure 125) (93,94 ; 95). Ces deux facteurs sont absents dans le cas de l'instrumentation à usage unique.



**Figure 125 : Image au MEB de la pointe d'un instrument en NiTi montrant des microcavités de surface après plusieurs cycles de stérilisation**

La résistance d'un instrument mécanisé à la fatigue cyclique est définie par le nombre de cycles de rotation que celui-là est capable d'effectuer sous une contrainte avant la rupture (96). Le nombre de cycles recommandé par les fabricants est calculé en multipliant la vitesse de rotation par le temps écoulé jusqu'au moment où l'instrument se fracture (81 ; 97). Cliniquement, dans le cas d'un canal courbe, l'instrument subit des contraintes en compression du côté interne de la courbure et des contraintes en traction du côté externe.

Étant en rotation continue, l'instrument est soumis à une alternance de contraintes en traction / compression. Cette alternance est répétée à chaque rotation de l'instrument dans une courbure, elle est accélérée d'autant plus que la vitesse de rotation est élevée (figure 126).



**Figure 126 : Alternance des forces au niveau de la courbure**

La rupture par fatigue cyclique est directement liée au rayon de courbure canalaire, au temps de travail de l'instrument dans le canal et à la vitesse de rotation (facteurs extrinsèques) (81 ; 97 ; 98).

De plus, l'usure des lames de l'instrument avec le temps diminue son efficacité de coupe. Le praticien aura tendance à appuyer davantage sur l'instrument pour compenser ce manque d'efficacité, ce qui représente un facteur de risque supplémentaire de fracture.

### **6.3.2. Rupture par torsion:**

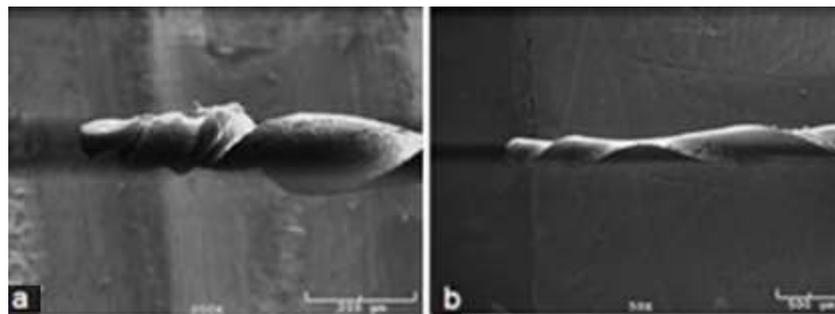
La torsion est la déformation subie par un corps que l'on soumet à l'action de deux couples opposés agissant dans des plans parallèles. Lorsque le diamètre de l'instrument est proche de celui du canal, la surface de contact est grande. De plus, l'accumulation de débris dentinaires lors de l'instrumentation augmente les forces de friction. La force axiale exercée par le

praticien pour faire progresser l'instrument apicalement vient s'ajouter, augmentant le risque de blocage et de fracture de celui-ci.

Lorsque l'instrument s'engaine dans le canal, il est immobilisé au niveau d'une partie (souvent la pointe), tandis que la partie la plus coronaire continue de subir des forces rotationnelles. Si la force en torsion est maintenue, la déformation élastique devient plastique. Dès lors, la fracture peut intervenir plus ou moins rapidement, c'est une rupture ductile.

À très grande vitesse ou à forte valeur de couple (torque), le praticien ne pourra pas prévoir la fracture. Il est donc impératif d'utiliser l'instrument en mouvement corono-apical avec une faible pression, de le nettoyer et de l'inspecter avant et après chaque passage.

Les instruments fracturés par torsion montrent des signes de fatigue avant leur rupture (déroulement ou surenroulement des spires). Ces signes sont absents dans les cas de fractures par flexion (figure 127). (99)



**Figure 127 : Image au MEB montrant les déformations plastiques sur des limes soumises à une force de torsion : surenroulement (a) et déroulement (b) des spires**

La limite entre la fracture par fatigue cyclique et la fracture par torsion n'est pas toujours nette. En effet, l'accumulation de fatigue cyclique réduit la résistance à la torsion de l'instrument (100). En matière de fréquence, 56% des cas de fractures instrumentales sont en torsion et 44% en flexion (99). De manière générale, pour un alliage donné, les facteurs qui augmentent la résistance de l'instrument à la torsion sont (96) :

- Augmentation du diamètre ;
- augmentation de la conicité.
- augmentation du volume de la section de coupe.

La fracture par torsion survient rarement dans le cas de l'instrumentation manuelle. La sensation tactile permet au praticien de stopper le travail à la moindre contrainte en torsion.

## 6.4. Étiologie des fractures instrumentales :

### 6.4.1. Anatomie pulpo-radulaire:

#### 6.4.1.1. Contraintes coronaires

La réalisation de la cavité d'accès endodontique constitue l'étape initiale du traitement endodontique, elle décide des conditions d'accès aux canaux. Les entrées canalaire sont habituellement cachées par les éperons dentinaires (triangle de Schilder) situés sur les parois de la chambre pulpaire. Une fois la chambre pulpaire repérée et élargie, les éperons dentinaires sont éliminés avec le matériel adapté (figure 128). Cela permet de diminuer les contraintes sur les instruments risquant d'accélérer la fatigue cyclique. L'angle d'entrée canalaire est redressé réduisant ainsi le risque de fracture par flexion, puisque cet angle décide de la sévérité de la courbure canalaire (figure 129). (101)



Figure 128 : Le triangle de Schilder (éperon dentinaire) et les différents instruments permettant son élimination (102)

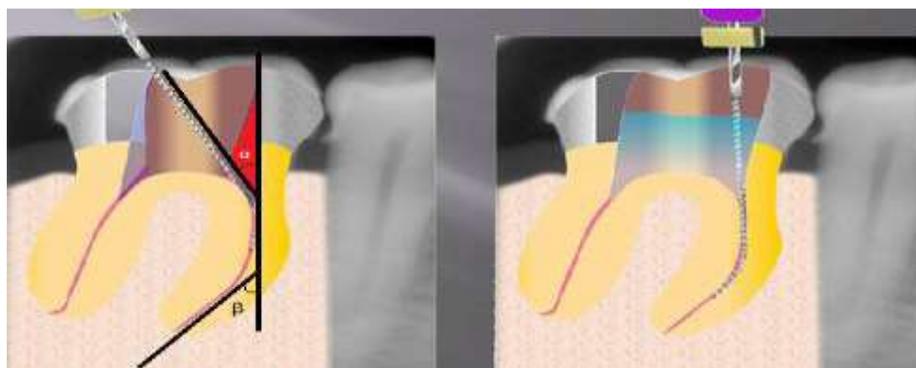


Figure 129 : Les éperons dentinaires décident de l'angle d'entrée canalaire ( $\alpha$ ), la contrainte de flexion est majorée en présence de courbure canalaire ( $\beta$ ) (103)

#### 6.4.1.2. Calcification canalaire :

Dans un canal calcifié, ou lorsque la lumière canalaire est réduite, la surface de contact entre la lime et les parois canalaire augmente. La friction exercée peut entraîner le vissage et le blocage de la lime. Si la lime continue sa rotation, la fracture par torsion intervient. (96,104)

#### 6.4.1.3. Courbure canalaire :

Jintao et coll ont trouvé une différence statistiquement significative pour les fractures instrumentales survenant dans les molaires mandibulaires et maxillaires par rapport aux autres dents.

La fréquence la plus importante est observée dans les canaux mésio-vestibulaires des molaires maxillaires, lesquels présentent en moyenne les plus grandes courbures radiculaires.

Parmi les fractures répertoriées, 54,3 % interviennent dans des canaux ayant une courbure supérieure à 25° (tableau 6) ; 100 % des limes de finition ProTaper® ont fracturé dans le tiers apical. En effet, le tiers apical constitue la zone où se situent les plus grandes courbures. Le canal est étroit, et les subdivisions canalaire sont nombreuses et complexes. Ces différentes conditions augmentent la surface de contact entre les lames de la lime et la dentine radiculaire, engendrant une contrainte qui s'oppose à la rotation de la lime. La fatigue et la torsion s'exercent simultanément sur la lime, expliquant aussi l'augmentation des fractures instrumentales observées à ce niveau(105,106).

Separated file type	Curvature < 10°		Curvature = 10°-25°		Curvature > 25°		Total
	n	%	n	%	n	%	
Shaping files	7	25.0	9	32.1	12	42.9	28
Finishing files	5	11.9	11	26.2	26	61.9	42
Total	12	17.1	20	28.6	38	54.3	70

**Tableau 6 : Pourcentage de fracture instrumentale suivant de degré de courbure canalaire Jintao (106)**

La zone de fracture intervient le plus souvent au niveau du point de plus grande courbure canalaire, dans la zone où le rayon de courbure est le plus petit.

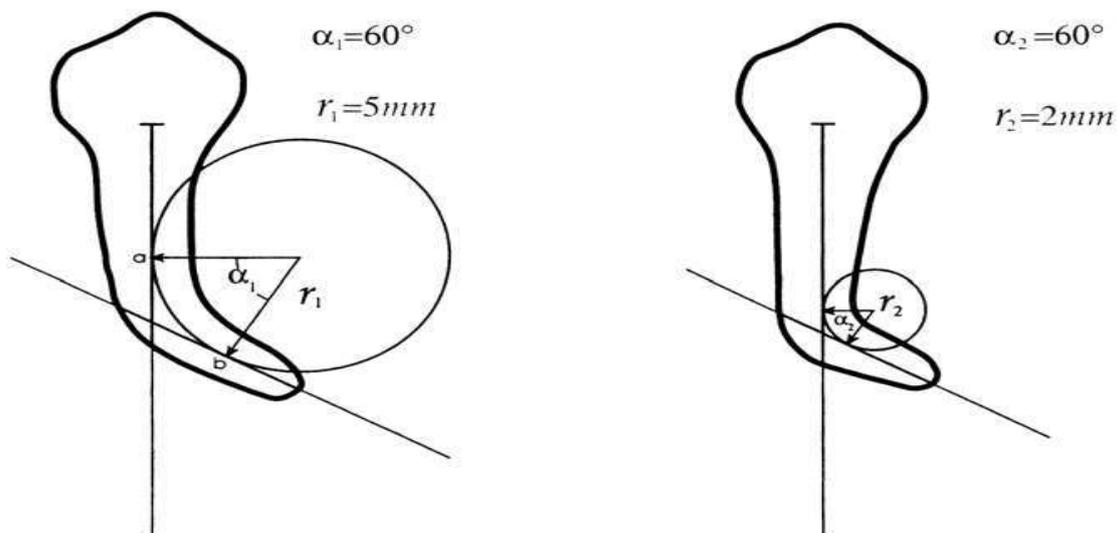
Le risque de fracture augmente également avec l'augmentation de la courbure canalaire et la vitesse de rotation de la lime. Plus la vitesse est grande, plus les cycles de tension/compression s'enchainent rapidement. Un angle de courbure plus important augmente l'intensité des forces, conduisant l'instrument aux limites de sa fatigabilité et donc à sa rupture.

La courbure canalaire est caractérisée par un angle (alpha) et un rayon (r).

Deux courbures peuvent avoir la même valeur d'angle mais deux rayons différents (fig 130).

La courbure avec le rayon le plus petit sera la plus contraignante.

Le risque de fracture augmente lorsque la longueur du rayon diminue (103). C'est donc le rayon de courbure qui indique la sévérité de celle-ci (97 ; 23). C'est le facteur le plus déterminant dans l'explication de la fracture instrumentale par flexion (19 ; 104).



**Figure 130 : Deux courbures radiculaires avec le même angle (alpha) et deux rayons de courbure différents r1, r2 (105)**

#### **6.4.2. Les fractures instrumentales liées aux caractéristiques des instruments:**

##### **6.4.2.1. Diamètre et conicité instrumentale:**

Une étude a été conduite sur les fractures des instruments de type ProTaper Universal® dans le traitement de 2654 dents correspondant à plus de 6000 canaux. Elle démontre une plus grande prévalence des fractures par fatigue cyclique pour les limes de type F3, suivi par les F2. Les résultats montrent que plus une lime est de diamètre et de conicité élevés, plus elle est rigide. Sa résistance à la fatigue cyclique est donc diminuée, entraînant une augmentation de fracture. Différentes études démontrent une augmentation significative des fractures des instruments F3 à partir de la cinquième utilisation. A l'inverse, les limes de plus petit diamètre sont plus résistantes à la fatigue en comparaison à celles de plus gros diamètre. (106)

File size	Separation number	Number of teeth (%)	Number of canals (%)
SX	2	873 (0.2)	2070 (0.1)
S1	16	2654 (0.6)	6154 (0.3)
S2	10	2654 (0.4)	6154 (0.2)
F1	11	2654 (0.4)	6154 (0.2)
F2	20	2654 (0.8)	6154 (0.3)
F3	11	1257 (1.0)	2856 (0.4)
Total	70	2654 (2.6)	6154 (1.1)

**Tableau 7 Pourcentage de fracture suivant le type d'instrument utilisé(107)**

En revanche, les limes de petit diamètre sont plus susceptibles à la fracture par torsion. A niveau de torque égal, une lime de faible diamètre fracture plus rapidement qu'une lime de diamètre supérieur. De la même façon, plus le blocage de la lime s'effectue proche de la pointe, plus le risque de fracture est grand. Si elle se bloque en deçà de la pointe, dans une zone où le diamètre est plus grand, la force nécessaire à la rupture est plus importante. C'est la raison pour laquelle des fragments de petite taille sont principalement retrouvés dans les canaux(108).

La résistance à la fatigue cyclique augmente parallèlement à la diminution de la conicité. Pour des limes de même marque et de même diamètre apical, des limes de conicité 4% sont plus résistantes à la fatigue cyclique que les limes de conicité 6%(109).

La conicité d'une lime est corrélée à son diamètre. A diamètre de pointe égale, une lime de conicité supérieure possède un diamètre plus important sur le reste de la lime, la fatigue cyclique est donc augmentée.

Les canaux ont des conicités faibles. Les limes de faible conicité ont tendance à travailler au niveau de la pointe, alors que les limes à forte conicité travaillent plus coronairement. Lors d'une fracture par torsion, les fragments de limes en nickel-titane sont donc généralement vissés dans les parois canalaire au niveau de leur partie la plus coronaire. Ceci a une influence sur la gestion du retrait des fragments de limes en nickel-titane(110).

#### **6.4.2.2. Section transversale:**

A diamètre égale, deux limes peuvent avoir une surface de section transversale différente. Les limes de type RaCe® ont une section triangulaire et de surface inférieure aux limes ProFiles®, lesquelles ont une section en U avec méplats radiants. Cette géométrie confère une résistance à la fatigue et à la torsion plus importante pour les limes Profile® en comparaison aux limes RaCe®.



**Figure 131 : Figure 12: section des limes RaCe®, ProFile® et PorTaperNext® (111,112,113)**

De même, la forme rectangulaire du ProTaperNext® observée en coupe transversale lui confère une meilleure résistance à la torsion par augmentation de sa surface(114). En conclusion, plus l'âme centrale de l'instrument est importante, plus la résistance à la torsion augmente(115).

#### **6.4.2.3 alliages des instruments :**

##### **6.4.2.3.1. SuperElasticWire™ :**

L'alliage nickel-titane le plus connu et le plus utilisé depuis les débuts de l'instrumentation en endodontie est le NiTi SuperElasticWire (SE). Cet alliage est issu d'un processus de fabrication à froid. Les limes classiques sont fabriqués par usinage sans traitement thermique spécifique. Par ce procédé l'alliage perd une partie de ses propriétés de superplasticité et de mémoire de forme(116).

##### **6.4.2.3.2. M-Wire™:**

En 2007, Tusla Dental Specialties™ introduit un nouvel alliage, le M-Wire. Il est le produit d'un traitement thermique complexe alternant cuissons et refroidissements permettant d'améliorer les propriétés de superplasticité(117). Depuis, toutes les études réalisées sur cet alliage sont en accord sur le fait qu'il augmente la résistance à la fatigue cyclique des instruments endodontiques ainsi que leur flexibilité. Ces propriétés améliorées résulteraient de la plus grande proportion de martensite dans les alliages en M-Wire(118).

#### **6.4.2.3.3. Blue Technology™:**

Peu de temps après, Tusla Dental Specialties™ a breveté une autre technique de traitement thermique du nickel-titane : la Blue Technology™ à l'origine des limes Vortex Blue®. Une étude compare la résistance à la fatigue cyclique des limes du système ProTaper Universal® (SE Wire™), le ProTaperNext® (M-Wire™) et le Vortex Bleu® (Blue Technology™). Le traitement des limes Vortex Blue® résulte en une couleur de surface bleuté due à une mince couche de titane oxydé. Ce traitement leur confère une plus grande résistance à la fatigue cyclique par rapport aux limes ProTaperNext®. Cependant, le profil des instruments n'est pas pris en compte dans cette étude(119).

Une a analysé 4 limes produits avec 4 matériaux différents. Afin de comparer les propriétés mécaniques des matériaux, les 4 limes sont fabriqués avec le même profil correspondant à celui d'une lime ProFile Vortex® de conicité de 6%.

- La Blue Technology™,
- L'alliage M-Wire™,
- Le SuperElasticNiTiWire™,
- Et l'acier inoxydable.

Les résultats ont montré que le limes produit avec la Blue Technology™ possède toujours les meilleures propriétés de résistance à la fatigue et de flexibilité, suivi par le M-Wire, le SuperElasticWire et l'acier inoxydable. Pour les tests de résistance à la torsion et de dureté, l'acier inoxydable arrive en tête suivi par le M-Wire™. Les limes produits avec la Blue Technology™ et en SE Wire™ montrent une résistance à la torsion et une dureté moindre. Il semble donc que les nouveaux alliages issus de la Blue Technology™ et du M-Wire™ apportent des améliorations aux propriétés physiques des limes. L'alliage Blue Technology™ fournit une plus grande résistance à la fatigue que le M-Wire.

#### **6.4.2.3.4. R-Phase Technology™**

Sybron Endo a mis au point avec les limes K3-XF® un nouvel alliage. Il procède d'un traitement thermique breveté caractérisé par une partie plus importante de cristaux en phase R. Une étude montre que les qualités de résistance à la fatigue cyclique ont été augmentées par rapport à son prédécesseur le K3® fabriqué avec l'alliage SuperElastic. La résistance à la torsion n'a pas été modifiée.

Une autre étude compare deux types de limes issues d'une ancienne génération : le ProFile® et le K3® conçus en alliage SuperElasticWire, avec des limes nouvelles génération :

le ProFileVortex® (M-Wire™), le Vortex Blue® (Blue technology™) et le K3-XF® (R-Phase technology™).

Les tests de résistance à la fatigue ainsi que l'analyse calorimétrique différentielle indiquent une plus grande résistance pour les limes Vortex Blue®. Les limes ProFile Vortex® sont légèrement moins résistantes. Enfin, les résultats n'ont pas démontré de résistance à la fatigue cyclique significativement plus élevée pour les limes K3-XF® en comparaison aux limes conventionnels(120). Les températures de transformation de phases des alliages M-Wire™, et Blue Technology™ sont plus élevées que celles des alliages classiques. Les limes contiennent donc une plus grande part de cristaux en phase martensitique à la température de travail, améliorant les qualités mécaniques des limes. (121)

#### **6.4.2.3.5. Controlled Memory™(CM) :**

Le Controlled Memory Wire™ (CM) est également un alliage breveté récemment et permettant de reproduire des limes avec une mémoire de forme. Les limes TyphoonInfinite Flex® (Clinician'sChoice™) et les limes HyFlex® (ColteneEndo™) sont issues de cette technologie. Cet alliage contient le plus faible taux de nickel (autour de 52%), par rapport aux alliages conventionnels (54 à 57%).

Cette particularité lui procure une plus grande flexibilité. Il subit également des étapes de traitements thermiques spécifiques. Ses propriétés mécaniques sont proches de celles des alliages M-Wire™ et Blue Technology™. Les températures de transformation austénitique sont également plus élevées (55°C) en comparaison aux alliages classiques (SE). A température corporelle, les limes contiennent donc elles aussi une plus grande quantité de martensite. (122)

Face à la fatigue cyclique, les limes TyphoonInfinite Flex® ont une résistance supérieure aux limes Typhoon produites avec l'alliage SuperElasticWire. Le nombre de cycles avant rupture est 7 fois supérieur pour les limes en CM en comparaison aux alliages classiques. Cependant, la résistance à la torsion reste identique entre les deux alliages.

Deux études ont montré qu'un cycle de stérilisation subit par les limes Hy-Flex® permettait aux instruments déformés de retrouver leur forme initiale. L'augmentation de la température dans l'autoclave permet un remaniement de l'alliage sensé revenir à son état initial. Les résultats ont montrés que plus de 50 % des instruments déformés retrouvent leur forme originelle. Mais la plupart des instruments de petite taille restent déformés. (123;124)

En conclusion, les différentes études démontrent que la Blue technology™ apporte une plus grande résistance à la fatigue cyclique que tout autre alliage. Le M-Wire très populaire dans

les cabinets dentaires (Reciproc®, Wave One®, ProFile Vortex®, ProTaperNext®...) présente aussi de bonnes caractéristiques de résistance à la fatigue cyclique et un peu en torsion. Très peu d'études portent sur l'alliage Controlled Memory, moins connu du monde dentaire. Il semble néanmoins posséder de bonnes propriétés de résistance à la fatigue cyclique. Par contre, aucun alliage actuel n'apporte de réelle amélioration à la résistance en torsion par rapport à l'acier inoxydable.

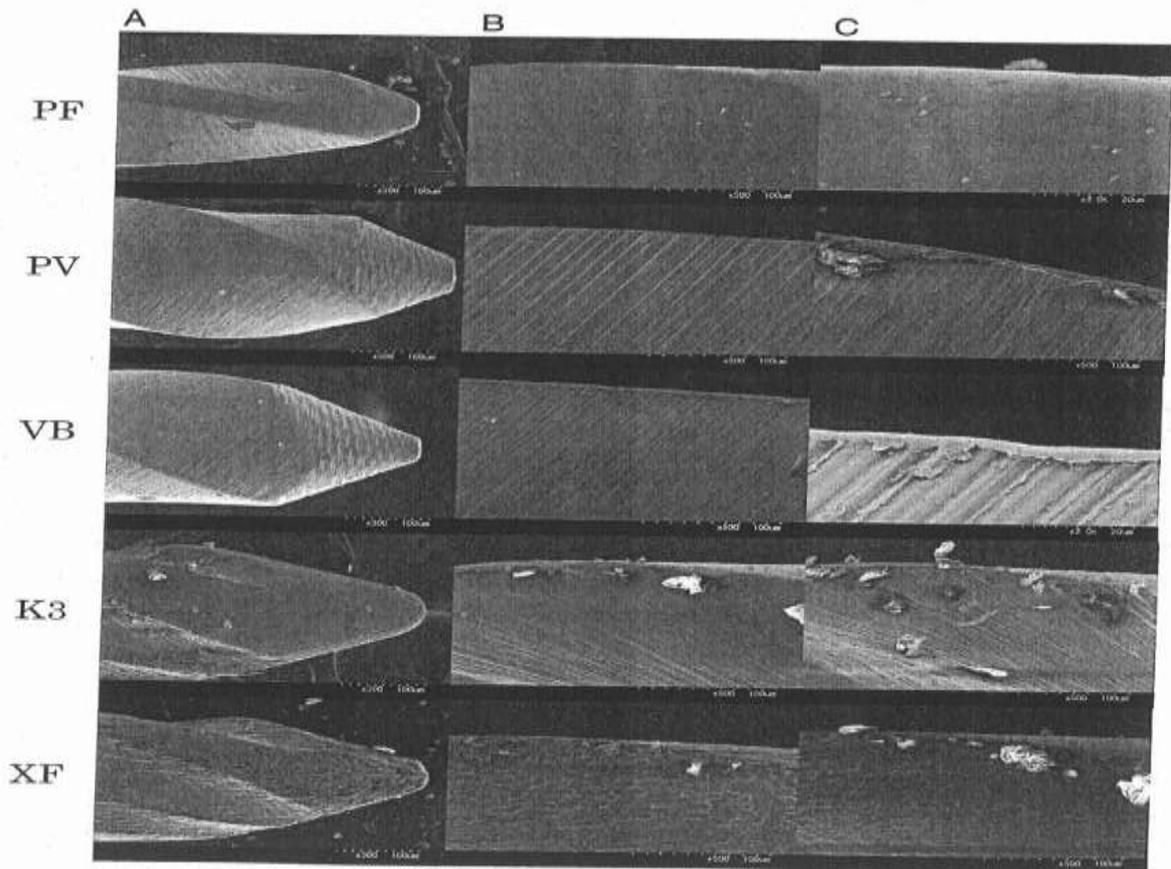
#### **6.4.2.4. Traitements de surface :**

##### **6.4.2.4.1. L'électropolissage :**

Une étude a montré que la plupart des limes, même neuves, présentent à leur surface des micros pores et souvent des inclusions dans ces pores. Les inclusions sont des déchets détachés de la lime elle-même : des oxydes de NiTi et des carbures de titane. Elles présentent également des cavités et des rainures pouvant servir de lieu de concentration du stress à l'origine de l'initiation des fractures. Toutes les analyses fractographiques de surface des limes fracturées montrent des initiations de fissure au niveau d'imperfections.

Des traitements de surfaces permettant un meilleur polissage pourraient donc être efficaces pour augmenter la résistance à la fatigue cyclique des limes, comme l'électropolissage.

Les études portant sur le sujet sont contradictoires. Toutes trouvent que l'électropolissage donne un aspect particulièrement lisse aux limes, (fig. 132). Une étude a montré que l'électropolissage n'améliorait pas la résistance à la fatigue cyclique(125,126). Cependant, tous les limes analysés sont issues de différentes marques possédant différents profils et différents alliages. Une autre étude n'a trouvé aucune différence de résistance entre les limes électropoli ou non. Les tests ont été effectués sur des limes ayant été plongées entre une et deux heures dans de l'hypochlorite de sodium à 5%, chauffée ou à température ambiante. Or, ces conditions ne sont pas représentatives de l'usage des limes en pratique.



**Figure 132 : vue en microscopie électronique à balayage des surfaces des limes ProFile® électropolies (PF), ProFileVortex® (PV), Vortex Blue® (VB), K3® (K3) et KA-XF® (XF).**

Une autre étude a testé la résistance à la fatigue cyclique de limes électropolies utilisés en immersion dans une solution d'hypochlorite de sodium à 1,2%. Des limes de mêmes modèles, électropolies ou non ont été comparées. Les résultats ont montré que la fatigue cyclique était significativement diminuée pour les limes électropolies comparées aux limes non-électropolies(127). D'autres auteurs ont également montré que la résistance à la fatigue cyclique des limes électropolies était diminuée. De plus, ce traitement serait sans effet sur la résistance à la torsion(128).

Si l'électropolissage permet l'amélioration de l'aspect de surface des limes, l'augmentation de la résistance à la fatigue cyclique reste controversée. Les techniques d'électropolissage doivent donc être améliorées, et d'autres traitements de surface doivent être développés.

#### **6.4.2.4.2. Les traitements thermiques :**

En 2006, une étude a été effectuée sur la nitruration à haute température. Les limes sont exposées à du gaz d'ammoniac (NH<sub>3</sub>) à un flux de 100ml/min et à une température élevée. Les atomes d'azote se lient aux atomes de titane, donnant une mince couche de nitrure de titane superficielle. C'est un procédé de traitement de surface rendant la surface des limes plus dure. Les limes ainsi traitées prennent une couleur dorée plus ou moins foncée suivant la température utilisée durant le traitement de surface.

Ce procédé confère une plus grande efficacité de coupe et une résistance à l'usure supérieure à celle des limes non traitées. L'électropolissage apporte également une meilleure efficacité de coupe. Mais la nitruration à haute température apporte une résistance supérieure à l'usure. Les limes électropoli présentent des fissures et des trous à leur surface après plusieurs utilisations, tandis que celles traitées par nitruration restent intactes. A partir de 300°C, les propriétés mécaniques décroissent(129).

Ce procédé n'était alors qu'à l'étude. Actuellement, les limes AlphaKite® (Komet™) subissent ce traitement de surface(130).

De façon à améliorer les propriétés mécaniques des limes, une étude a testé le procédé de traitement thermique breveté par SybronEndo™ sur les limes K3®. Les limes modifiés sont les limes « K4 ». Ce traitement est également utilisé pour les limes Twisted Files® après le processus d'usinage des rainures.

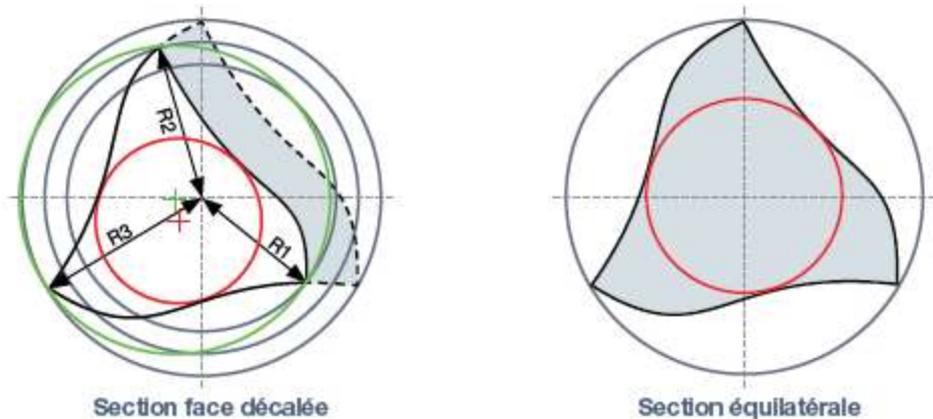
Les résultats de cette étude ont montré une augmentation de la résistance à la fatigue cyclique et de la flexibilité des limes K4 par rapport aux limes K3 d'origine. Ces améliorations sont le résultat exclusif du traitement thermique.

Ce procédé permet la formation d'une fine couche de martensite superficielle, connue pour ses propriétés d'élasticité supérieures à l'austénite. Le traitement permettrait aussi de recristalliser la surface des limes, lesquelles présentent de nombreuses irrégularités de surface après usinage(131).

#### **6.4.2.4.3. Les profils instrumentaux :**

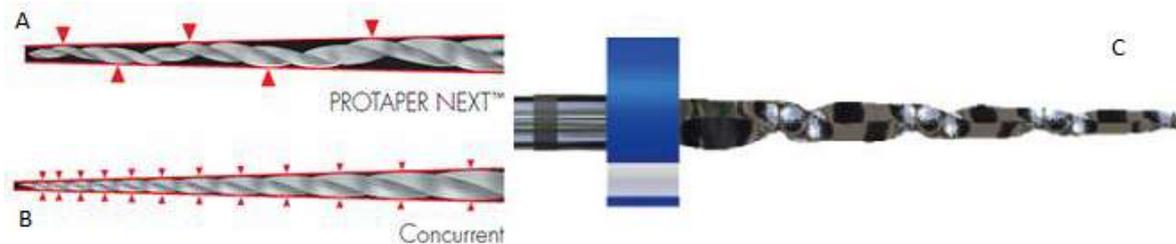
Le système Revo-S® de MicroMega™ présente une face décalée. Les contraintes sont ainsi réparties en différents points de l'instrument tout au long de sa rotation limitant ainsi l'effet de vissage. Les limes ProTaperNext® utilisent le même principe. Le centre désaxé pourrait être un facteur de diminution de la fatigue de l'instrument. Il permet également une meilleure répartition des contraintes et la lime travaille par contacts ponctuels avec les parois

radiculaires. Le phénomène de vissage et d'aspiration, et par conséquent le risque de fracture par torsion, sont ainsi diminués.



**Figure 133: Face décalée d'une lime Revo-S® (132)**

Le pas interrompu des limes RaCe® permettrait également de limiter l'effet de vissage de la lime dans les canaux étroits, limitant ainsi le risque de fracture par torsion.



**Figure 134: Les Profiles des limes ProTaperNext® (A) lime classique (B) et RaCe® (C)**

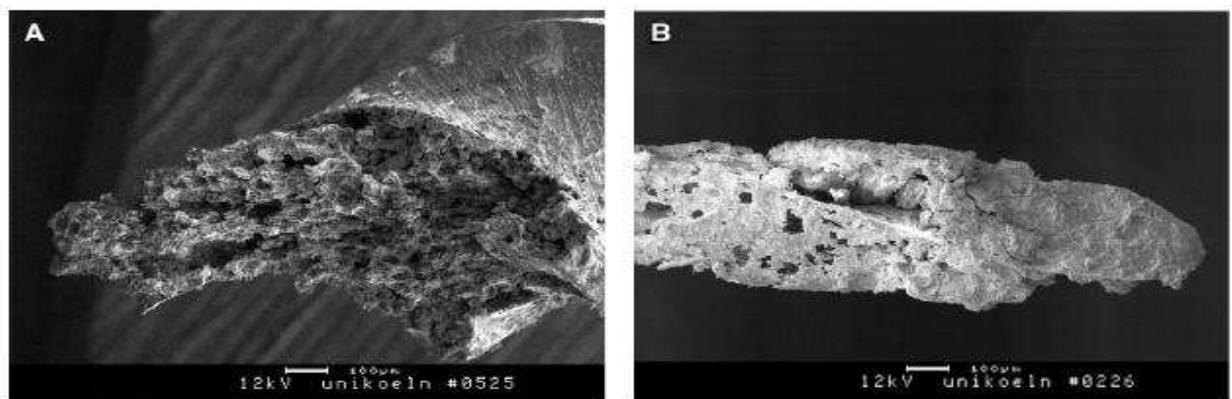
#### 6.4.3. Corrosion et solutions d'irrigation:

L'EDTA est corrosif pour les limes en nickel titane alors que l'hypochlorite de sodium ne l'est pas. Dans les solutions commerciales, des produits sont ajoutés tels que des surfactants. Dans le cas de l'EDTA, le surfactant permet de compenser l'acidité de l'EDTA (acide éthyle trichloro-acétique), mais le surfactant peut également être un facteur d'acidité, comme observé pour l'Hypoclean : Dans cette forme commerciale d'hypochlorite de sodium, la solution d'irrigation devient corrosive(133).

Une expérience s'approchant des conditions cliniques d'exposition des instruments à l'hypochlorite de sodium, a été réalisée. Les limes Reciproc®, Wave One® et One Shape® ont été testées pendant 1 ou 5 minutes dans de l'hypochlorite de sodium à 5 % de concentration et à 37°C. La solution d'irrigation n'a pas eu d'effet significatif sur la résistance des limes à la fatigue cyclique. (134)

L'hypochlorite de sodium n'altère donc pas significativement la résistance des limes endodontique dès lors que son contact ne dépasse pas quelques minutes.

Après immersion dans des solutions d'hypochlorite de sodium pendant au moins une heure, la fracture par fatigue cyclique intervient plus rapidement en comparaison aux limes de même marque et de même taille non exposées à l'hypochlorite. Si l'hypochlorite de sodium est chauffé, comme cela est recommandé pour augmenter l'efficacité antibactérienne du produit, la résistance à la fatigue des limes est encore diminuée. Cependant, la corrosion par l'hypochlorite de sodium n'affecte pas la résistance à la fracture par torsion. Plongées pendant 2 heures dans une solution d'hypochlorite de sodium à 5% et à 60°C, les limes sont complètement rongées par le produit. Le nettoyage des limes avec une compresse imbibée d'alcool est donc indispensable après chaque passage, pour en retirer les débris et nettoyer sa surface de l'hypochlorite. Au cours du traitement, si les précautions sont prises, le temps d'exposition ne dépasse pas quelques minutes. Le risque est donc fortement minimisé.



**Figure 135: Limes rongée par la corrosion d'une solution de NaCl à 5% pendant 2h à 60°C (135).**

#### **6.4.4. Cycles de stérilisation:**

Une étude a montré les effets des cycles de stérilisation sur l'état de surface des limes ProTaperUniversal® et des limes AlphaKite®. Dès 5 cycles, tous les instruments observés au microscope électronique à balayage présentent une augmentation des altérations de surface comme des piqûres ou des rainures profondes. Dans cette étude, le procédé de nitruration de surface n'améliore pas la résistance des limes par rapport aux limes types ProTaper Universal® sans traitement de surface.

#### **6.4.5. Mouvement de rotation continue/Mouvement de réciprocité**

De nombreuses études ont montré que le mouvement réciproque augmente la résistance à la fatigue cyclique des limes par rapport à la rotation continue. Elles ont démontré que plus la part de rotation horaire diminue, plus la résistance à la fatigue augmente. Mais peu d'études ont été réalisées sur le phénomène de torsion. Les distorsions développées sur les limes avec ce type de rotation sont largement méconnues.

Une seule étude a porté sur ce sujet en comparant les systèmes Reciproc® et Wave-One®.

Le mouvement des limes en réciprocité est composé d'une rotation anti-horaire de 170° alternée avec une rotation horaire de 50° pour le système Reciproc®. Le système Wave-One® avec le même système est composé d'un mouvement de réciprocité de 150° dans le sens anti-horaire et de 30° dans le sens horaire. Dans cette étude, les limes des deux systèmes sont bloqués à différentes hauteurs puis mises en rotation. Pour chaque test, les limes résistent à la fracture par torsion au moins jusqu'à un angle de rotation de 170 degrés. Or, la force des moteurs dédiés à l'usage de ces deux systèmes de mouvement de réciprocité n'excède pas la force nécessaire pour déformer les limes. Les limes de ces deux systèmes ne pourraient théoriquement pas se fracturer selon un phénomène de torsion.

Les limes utilisés sont neuves, comme le recommande le fabricant. Or ce principe n'est pas toujours respecté dans les cabinets dentaires. La fracture pourrait tout de même survenir dans ces conditions. En effet, une étude montre que la répétition de torsions appliquée aux limes Reciproc®, Wave One® ou ProTaper® diminue leur résistance. Elles peuvent alors fracturer en n'excédant pas leurs limites de déformation élastique.

Une étude a comparé les différentes marques utilisant le principe de l'instrument unique.

La lime Reciproc® possède une résistance à la fatigue cyclique supérieure à la lime Wave One®. Ces deux systèmes ont été ensuite comparés avec leur concurrent One Shape® (MicroMega™), lime utilisée en rotation continue. Les résultats montrent que ce dernier possède la même résistance à la fatigue cyclique que le système Reciproc®.

Le mouvement de rotation alternatif ne serait donc pas le facteur prédominant dans la résistance à la fatigue cyclique.

### **6.5. Présentation des protocoles des tests de résistance mécaniques des instruments:**

L'étude des propriétés mécaniques des instruments de mise en forme canalaire peut ainsi considérer la résistance à la fatigue cyclique, la résistance à la flexion et la résistance à la torsion. Le paragraphe suivant a pour objectif de présenter une vision globale des différents tests utilisés dans les études considérées.

#### **6.5.1. Test de résistance à la fatigue cyclique (RFC):**

Les tests de RFC évaluent la durée de vie (c.à.d. le temps avant fracture) d'un instrument lorsque celui-ci est mis en mouvement dans un simulateur canalaire courbe. Pour évaluer la RFC, le test est réalisé en général à l'aide d'un dispositif sur mesure constitué d'un cadre principal auquel est connecté un support pour la pièce à main électrique et un bloc en acier inoxydable simulant les canaux artificiels.

La pièce à main électrique est montée sur un dispositif mobile pour permettre un placement précis et reproductible de chaque instrument à l'intérieur du canal artificiel. Cela permet un alignement tridimensionnel et un positionnement des instruments à la même profondeur.

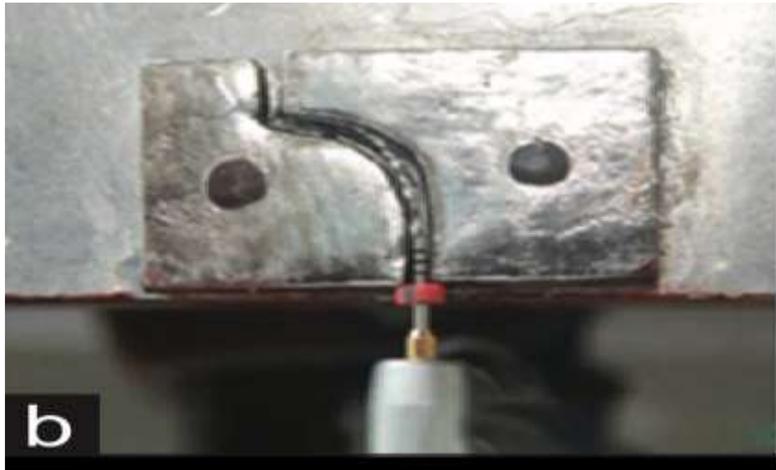
Le canal artificiel en acier trempé est fabriqué en tenant compte de la taille et la conicité des instruments testés, fournissant ainsi à l'instrument une trajectoire adaptée aux paramètres de la courbure choisie. Ce canal radiculaire simulé possède en général un rayon de 3 à 5 mm et un angle de courbure de 60°. (136;137)

Le type de mouvement et la vitesse de rotation sont choisis en fonction des objectifs de l'étude. Les instruments sont mis en mouvement jusqu'à la rupture, le délai avant la fracture étant généralement enregistré en secondes à l'aide d'un chronomètre numérique et enregistré au nombre entier le plus proche. La longueur des fragments fracturés peut également être enregistrée pour chaque instrument.

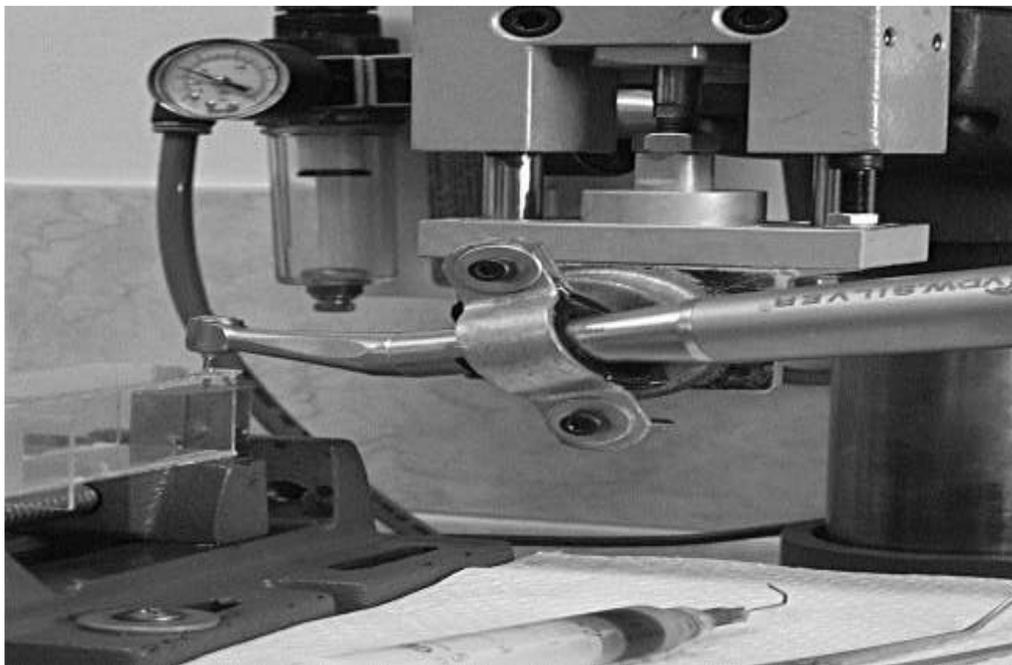
Le test peut se faire de manière statique ou dynamique :

- Statique : dans ce cas, les instruments sont en mouvement libre dans le tube en acier inoxydable qui peut être rempli de glycérine pour réduire la friction et la production de chaleur. Chaque instrument est positionné dans un contre-angle et introduit dans le canal jusqu'à ce que l'extrémité touche une protection placée à l'autre extrémité avant d'être mis en mouvement. (138)

- Dynamique : dans ce cas, un dispositif mécanique reproduit des mouvements axiaux de va-et-vient pendant que les instruments tournent dans le canal. En général, l'amplitude des mouvements axiaux est de quelques mm, avec environ 2 à 3 secondes entre les oscillations. (139)



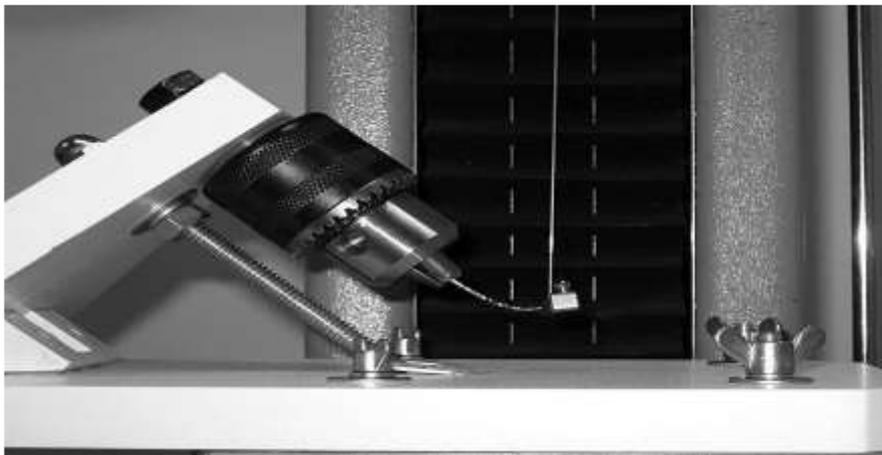
**Figure 136 : Exemple de dispositif expérimental simulant un canal artificiel (140)**



**Figure 137 : Exemple de dispositif expérimental permettant de tester la résistance à la fatigue cyclique des instruments (141)**

### 6.5.2. Test de résistance à la flexion:

Ce test se fait à l'aide d'une machine d'essai universelle. Une charge est appliquée à vitesse constante (ex : 20N à 15 mm/min) au moyen d'un fil flexible en acier inoxydable avec une extrémité fixée à la tête de la machine d'essai et l'autre extrémité fixée à 3 mm de la pointe de l'instrument. La charge maximale nécessaire pour plier chaque instrument jusqu'à 45 degrés de déviation est enregistrée et analysée statistiquement (142,143). Plus cette charge est élevée moins l'instrument est flexible.

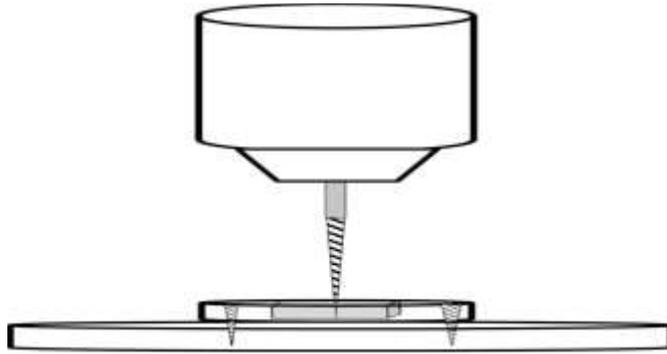


**Figure 138 : Exemple de dispositif expérimental permettant de tester la résistance à la flexion**

### 6.5.3. Test de résistance à la torsion (RTor) :

Les tests de RTor évaluent la résistance des instruments de mise en forme canalaire lorsque leur extrémité se retrouve bloquée. Ce test est donc réalisé à l'aide d'un bloc permettant de bloquer la pointe des instruments. Ce bloc possède un trou cubique (quelques mm<sup>3</sup>) dans lequel un nombre défini de mm de l'extrémité de chaque lime sont rigidement maintenus en place, en général par photo polymérisation de résine composite (144).

Brièvement, une contrainte de torsion répétitive et uniforme est appliquée à la lime maintenue dans un état rectiligne afin d'évaluer la résistance à la torsion pure et d'éliminer l'influence de la flexion. Le couple est appliqué dans le sens horaire ou antihoraire des aiguilles d'une montre selon la propriété de l'instrument à une vitesse de rotation constante (par exemple : 2tr/min) (145). La charge de torsion maximale (N.cm) est enregistrée pendant le chargement jusqu'à ce que l'instrument fracture. Un microscope électronique à balayage peut être utilisé ensuite pour réaliser une caractérisation topographique des surfaces de fracture des instruments brisés et y rechercher les caractéristiques du type de fracture simulé.



**Figure 139 : Exemple de dispositif expérimental permettant de tester la résistance à la torsion**

## **6.6. Manipulation des instruments et expérience du praticien:**

### **6.6.1. Instrumentation :**

La progression de la lime dans le canal doit se faire sans forcer, de façon à éviter le blocage de la lime contre les parois canalaire. De plus, la vitesse de rotation doit être contrôlée. Si la lime tourne à grande vitesse dans le canal, l'insertion du pas d'hélice de la lime et son encastrement dans les parois canalaire se produisent plus rapidement qu'avec une vitesse de rotation réduite. La fracture par torsion peut alors survenir. (146)

Aussi, à une vitesse de 300 rotations par minute, la fracture par torsion intervient dans la seconde qui suit le blocage de la lime. Un opérateur inexpérimenté doit donc privilégier des faibles vitesses de rotation dans le but de contrôler et d'empêcher le vissage intempestif de la lime.

Des micromoteurs endodontiques permettent un meilleur contrôle du torque. Ils empêchent automatiquement le vissage de la lime en stoppant et en inversant le sens de rotation de la lime. Elle se désengage alors du canal dès que la force exercée sur la lime dépasse un seuil réglé dans l'appareil. (147)

La fréquence d'utilisation de l'instrument endodontique est le facteur le plus abstrait à étudier. Aujourd'hui, il n'y a pas de consensus sur un rapport précis entre le temps et le nombre d'utilisation d'une part et la fracture instrumentale d'autre part. (148)

Il est donc impossible de prédire pour un instrument donné, un nombre d'utilisation avant la survenue d'une fracture. (149)

Cependant, il a été démontré que les instruments manuels de faible diamètre présentaient un risque de fracture accru après une seconde utilisation. (150)

Une étude in vitro menée sur des instruments rotatifs de mise en forme canalaire de type Profile® (Dentsply Maillefer) a conclu que ces derniers étaient capables de préparer au moins dix canaux sans se rompre. Ces instruments ont alors été jugés sûrs pour préparer jusqu'à quatre molaires. Récemment, une étude in vivo faite sur dents traitées ou retraitées avec des instruments ProTaper® (Dentsply) a montré que ces instruments pouvaient être utilisés sur 4 canaux sans risque de fracture. (151,152)

À ce titre, les instruments endodontiques à usage unique présentent un avantage indéniable. En effet, ils permettent de réduire au maximum le risque de fracture par fatigue cyclique puisqu'ils ne sont utilisés qu'une seule fois. Cela ne les exonère pas de la présence de microfêlures et de défauts microscopiques à leur surface après utilisation

#### **6.6.2. L'expérience du praticien:**

Une étude réalisée sur la prévalence des fractures instrumentales entre trois praticiens d'expériences distinctes a montré de grandes inégalités(153). Avec le système ProTaper Universal®, l'endodontiste confirmé n'a pas fracturé ni déformé une seule lime. Alors que le dentiste nouvellement diplômé, lequel n'avait jamais utilisé ce système, a eu un taux de fracture de 8% et de déformation de 16%. Enfin, un jeune dentiste ayant pu s'exercer sur dix blocs de résine ainsi que deux molaires extraites, a eu un taux de déformation de 5% et aucune fracture.

Le manque d'expérience et d'entraînement avant l'application clinique conduit donc nécessairement à un risque de fracture plus élevé. (154)

## Conclusion :

L'endodontie a considérablement évolué ces dernières années. Grâce à l'avènement de la rotation continue dans les années 1990, les systèmes Ni-Ti restent un avancé indéniable et ont très largement pris le pas sur les instruments en acier inoxydable (manuels ou mécanisés) dans les différentes étapes du traitement endodontique.

L'industrie a œuvré pour améliorer les caractéristiques de ses instruments pour qu'ils soient plus performants, moins sensibles à la fracture ; plus ergonomique et moins chronophage dans leur manipulation permettent d'atteindre les objectifs biologiques et mécaniques que nous devons nous fixer lors de tout traitement endodontique ;

Le praticien doit bien maîtriser les propriétés des instruments et les dispositifs endodontiques disponibles pour mieux les intégrer dans sa pratique quotidienne.

La mise en forme et le nettoyage du système endodontique sont assurés par des instruments manuels, rotatifs et ultrasoniques en constante évolution

Les échecs de traitement et les fractures instrumentales font appel actuellement à des dispositifs de plus en plus respectueux de la préservation du tissu dentaire ; l'évolution est vers le traitement de surface des instruments NiTi pour qu'ils résistent au mieux aux contraintes de la mise en forme et qu'ils puissent s'adapter à la morphologie canalaire.

Quoi qu'il en soit, face à cette panoplie d'instruments, les praticiens n'ont que l'embarras du choix. Cette évolution constante doit conduire les praticiens à se former et s'informer régulièrement afin de choisir les matériels, techniques et protocoles opératoires endodontiques correspondant le mieux à leurs attentes.

## Liste des abréviations :

- ISO**: l'organisation internationale des standards.
- TE**: le traitement endodontique.
- Ni-Ti**: Nickel-Titane.
- EndoZ**: ZekryaEndo.
- LT**: longueur de travail.
- LAM**: lime apicale maîtresse.
- FDI**: la Fédération dentaire internationale.
- l'ADA** Association Dentaire Américaine
- AMFs** :
- DIN** : Institut allemand de normalisation
- R / A** : Rotation 90° anti-horaire
- EDTA** : acide éthyle trichloro-acétique
- SAF**: le Self Adjusting File.
- IRS**: instrument Removal System.
- RTE**: le retraitement endodontique.
- MEB** : Microscope électronique à balayage.
- SE** : SuperElasticWire.
- PT**: ProTaper.
- WO**: Wave One.
- WOG** : Wave One Gold.
- R**: Reciproc.
- TF**: TwistedFile.
- OS**: One Shape.
- RFC**: Résistance à la fatigue cyclique.
- RTor**: Résistance à la torsion.
- RFlex**: Résistance à la flexion.
- RC**: Rotation continue.
- REC**: Réciprocité.

## Liste des figures :

Figure 1 : Fraise boule diamantée .....	27
Figure 2 : Fraise boule en carbure de tungstène.....	28
Figure 3 : Fraise trans-métal cylindrique.....	28
Figure 4 : Pointe de sécurité fraise Endo Z.....	29
Figure 5 : Fraise Zekrya Endo ®.....	29
Figure 6 : La fraise de Batt Conique D0041 de Maillefer .....	30
Figure 7 : Forets de Gates .....	30
Figure 9 : Illustration de l'EndoFlare d'après la société Micro-Mega. ....	31
Figure 8 : Foret Largo®.....	31
Figure 11 : Propagation de l'onde sonore.....	32
Figure 10 : Endoflare .....	32
Figure 12 : SONICflex® (KaVo). B. Insert monté sur Pièce à main sonore .....	33
Figure 13 : Aperçu des inserts KaVo SONICflex n° 66-67-68 .....	34
Figure 14 : Aperçu des inserts KaVo SONICflex n° 69-70-96 .....	35
Figure 16 : Insert abrasif boule de Satelec® ET BD.....	37
Figure 15 : Insert abrasif cylindro-conique de Satelec® ET 18 D.....	37
Figure 17 : Endo Success (Satelec) .....	38
Figure 18 : Gamme Start-X®.....	38
Figure 19: step-back .....	40
Figure 20 : Lime Rispi®.....	41
Figure 21 : Contre-angle Giromatic® .....	42
Figure 22 : UN mouvement en trois étapes .....	43
Figure 23 : Dynamique instrumentale dans la technique des forces équilibrées .....	43
Figure 24 : les quatre temps opératoires du crown-down.....	44
Figure 25 : les conicité.....	46
Figure 26 : caractéristiques techniques des instruments endodontiques manuels.....	47
Figure 27 : Dynamique de coupe : angle de coupe Y.....	48
Figure 28 : .....	49
Figure 29 : la pointe passive du R-Endo® R3 .....	49
Figure 30 : une lime K.....	51
Figure 31 : Kit de K-Files .....	51
Figure 32 : Broche .....	52

Figure 33 : kit de limes H .....	52
Figure 34 : Divers instruments compatibles avec le contre-angle Giromatic® .....	54
Figure 35 : méplat des instruments SafeSider® .....	55
Figure 36 : exemples de déformations apicales avec les instruments manuels en acier inoxydable .....	56
Figure 37 : Pourcentage de phase austénite/matransite en fonction de la température .....	58
Figure 38 : efficacité de coupe majorée par la réduction de surface de coupe .....	59
Figure 39 : Surface des instruments vue en MEB avant (gauche) ET après (à droite) après fracture .....	60
Figure 40 : Micrographie d'un instrument ProFile® neuf, sans traitement d'électro polissage .....	61
Figure 41 : K-FILE NITIFLEX® .....	63
Figure 42 : limes NiTi issues du système ProTaper® .....	64
Figure 43 : PathFile .....	66
Figure 44 : G-FILES .....	67
Figure 45 : ScoutRace .....	67
Figure 46 : Le système ProFile .....	68
Figure 47 : Le système HERO 642 .....	68
Figure 48 : Le système FlexMaster .....	69
Figure 49 : Hero shape .....	70
Figure 50 : Le système RaCE .....	70
Figure 51 : Le système Twisted File .....	71
Figure 52 : Le système AlphaKite .....	71
Figure 53 : Le système Revo S .....	72
Figure 54 : Le système MTwo .....	73
Figure 55 : Le système ProTaper universal .....	73
Figure 56 : Le système HyFlex .....	74
Figure 57 : TF Adaptive .....	74
Figure 58 : ProTaper .....	75
Figure 59 : One Shape .....	77
Figure 60 : section de l'instrument en double « S » .....	78
Figure 61 : F360° .....	79
Figure 62 Le mono-instrument à usage unique F6 Skytaper et ses cinq diamètres .....	80
Figure 63 : Le Trunatomy .....	82

Figure 64 : Système Reciproc .....	83
Figure 65 : Section transversal.....	83
Figure 66 : Wave One.....	84
Figure 67 : Section triangulaire (Wave One) .....	85
Figure 68 : Twisted file adaptive.....	87
Figure 69 : XP-Endo Finisher .....	88
Figure 70 : 3D CT, en vert les morphologies canalaire avant traitement. A gauche parois atteintes par limes NiTi Standard, à droite par limes NiTi Standard + XP-EndoFinisher.	
Images du Dr Frank Paqué (Suisse) pour FKG.....	89
Figure 71 : Illustration de la vacuité centrale permettant le flux de solvant.....	89
Figure 72 : Adaptation de l'instrument aux parois canalaire .....	90
Figure 73 : Bourre-pâte Lentulo.....	92
Figure 74 : Bourre-pâte à ressort.....	92
Figure 75 : Kit de fouloirs latéraux .....	93
Figure 76 Spreaders Komet.....	94
Figure 77 Revo Spreader NiTi MM .....	95
Figure 78 Tapered finger spreaders ABCD Dentsply-Maillefer.....	95
Figure 79 Kit de Pluggers .....	97
Figure 80 le Gutta Condensor® .....	98
Figure 81 Le RevoCondensor® .....	99
Figure 82 SystèmeMicroseal®.....	100
Figure 83 System J.S.Quick-Fill .....	101
Figure 84 : Obturateur Thermafil .....	103
Figure 85 : Le Thermaprep® .....	103
Figure 86 : Le Vérificateur Thermafil (Verifier®) .....	103
Figure 87 :une Fraise Thermacut®.....	104
Figure 88 : une fraise Post-Space.....	104
Figure 89 : Le Système Soft Core® .....	105
Figure 90 : Le Système SimpliFill® .....	106
Figure 91 : Kits de limes LightSpeed .....	106
Figure 92 : Le système Herofill®.....	107
Figure 93 : Les Fouloirs chauffant de Buchanan .....	108
Figure 94 : System B Heat Source .....	108
Figure 95 : Le Système de Touch'nHeat® .....	109

Figure 96 : Le Système Obtura II®.....	110
Figure 97 Le Système ULTRAFIL®3D.....	111
Figure 98 : Système GuttaFlow®.....	112
Figure 99 Kit d'inserts ultrasoniques Endosuccess (Satelec) destiné au retraitement. ....	114
Figure 100 : Retrait d'un fragment d'instrument fracturé à l'aide d'un insert ultrasonique ..	116
Figure 101 : Edge file XR.....	118
Figure 102 : Endo restart .....	119
Figure 103 : Le R-endo.....	121
Figure 104 : extracteur de Gonon.....	122
Figure 105 : Forets trépan de différentes tailles pour éliminer la dentine autour du fragment brisé. ....	123
Figure 106 : Pince de préhension avec tube creux et son étranglement à son extrémité et le pointeau qui vient se visser à l'intérieur pour bloquer le fragment métallique.....	123
Figure 107 : Trousse Masseran complète avec une grande variété de forets trépan, de pinces de préhension, de jauges, de clés de serrage et de clés à main. ....	124
Figure 108 : Trousse simplifiée du mini-Masserann.....	124
Figure 109 : Micro-endo-kit Masserann (Micro-Mega).....	124
Figure 110 : Les différentes pinces de préhension d'un IRS .....	125
Figure 111 : Postremoval system PRS .....	126
Figure 112 : kit Meitrac (Meisinger) .....	127
Figure 113 : Mode d'action du kit Meitrac.....	127
Figure 114 : Le Roydentextractor .....	128
Figure 115 : Le Cancellier kit .....	128
Figure 116 : Endo extractor system.....	129
Figure 117 : Mode d'action du kit EndoRescue.....	130
Figure 118 : Trousse de Terauchi.....	131
Figure 119 : Endocowboy.....	132
Figure 120 : Aspect microscopique (MEB) d'une fracture ductile é. ....	135
Figure 122 : Faciès d'une rupture fragile trans-granulaire en MEB .....	136
Figure 123 : Faciès d'une fracture fragile inter-granulaire vu au MEB .....	136
Figure 121 : Types de fracture fragile .....	136
Figure 124 : Lime Protaper® vue au MEB après 12 utilisations .....	137
Figure 125 : Image au MEB de la pointe d'un instrument en NiTi montrant des microcavités de surface après plusieurs cycles de stérilisation .....	137

Figure 126 : Alternance des forces au niveau de la courbure .....	138
Figure 127 : Image au MEB montrant les déformations plastiques sur des limes soumises à une force de torsion : surenroulement (a) et déroulement (b) des spires.....	139
Figure 128 : Le triangle de Schilder (éperon dentinaire) et les différents instruments .....	140
Figure 129 : Les éperons dentinaires décident de l'angle d'entrée canalaire ( $\alpha$ ), la .....	140
Figure 130 : Deux courbures radiculaires avec le même angle (alpha) et deux rayons .....	142
Figure 131 : Figure 12: section des limes RaCe®, ProFile® et PorTaperNext® .....	144
Figure 132 : vue en microscopie électronique à balayage des surfaces des limes ProFile® électropolies (PF), ProFileVortex® (PV), Vortex Blue® (VB), K3® (K3) et KA-XF® (XF). .....	148
Figure 133: Face décalée d'une lime Revo-S® .....	150
Figure 134: Les Profils des limes ProTaperNext® (A) lime classique (B) et RaCe® (C) ...	150
Figure 135: Limes rongée par la corrosion d'une solution de NaCl à 5% pendant 2h à 60°C. .....	151
Figure 136 : Exemple de dispositif expérimental simulant un canal artificiel .....	154
Figure 137 : Exemple de dispositif expérimental permettant de tester la résistance à la fatigue cyclique des instruments.....	154
Figure 138 : Exemple de dispositif expérimental permettant de tester la résistance à la flexion .....	155
Figure 139 : Exemple de dispositif expérimental permettant de tester la résistance à la torsion .....	156

## Liste des tableaux :

Tableau 1 : Les fréquences sonores.....	33
Tableau 2: instruments manuels en acier.....	53
Tableau 3 : différentes tailles des forets de Gates-Glidden .....	54
Tableau 4 : composition chimique du titane selon la norme DIN 17850 .....	57
Tableau 5 : Tableau non exhaustif des instruments Nickel Titane rotatifs disponibles sur le marché avec certaines de leurs caractéristiques. ....	76
Tableau 6 : Pourcentage de fracture instrumentale suivant de degré de courbure canalaire ..	141
Tableau 7 Pourcentage de fracture suivant le type d'instrument utilise.....	143
Tableau 8 : Comparaison de la résistance mécanique d'instruments animés par un Mouvement de réciprocité avec des instruments dédiés à la rotation continue.....	XXIV

# **Bibliographie et Webographie**

## **Bibliographie et Webographie :**

- 1-Pierre Fauchard Le chirurgien dentiste, ou Traité des dents. Tome 1, Edition 2, 1746
- 2-Berard R. Comment se pratiquaient les soins dentaires au 19ème siècle ? Inf. Dent, 40:3747-3757, 1994.
- 3- Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. Dent Clin North Am, 18:269-296, 1974.
- 4-Paul Heydel. Les infections endodontiques secondaires et persistantes : estimation des coûts en sante publique. Sciences du Vivant [q-bio]. 2016. hal-01932351
- 5- Benjamin Raspaud. Étude comparative de la préparation des canaux courbes sur dents extraites à l'aide de 3 systèmes : ProTaper universal, oneshape et WaveOne. Chirurgie. 2013.
- 6-La cavité d'accès en endodontie réalisation de vidéo de démonstration -Thèse n° 42-57-16-35-Présentée et publiquement soutenue devant la Faculté de Chirurgie Dentaire de Nice le 16 décembre 2016
- 7-[https://achatmaterieldentiste.wordpress.com/2012/10/26/les-differents-types-de-fraises-dentaires/?fbclid=IwAR2a7oFqbt2rR\\_fG4EnVOohDXNIWGeXx79psYVYN4UA7xMewQH6YWeAaQ7o](https://achatmaterieldentiste.wordpress.com/2012/10/26/les-differents-types-de-fraises-dentaires/?fbclid=IwAR2a7oFqbt2rR_fG4EnVOohDXNIWGeXx79psYVYN4UA7xMewQH6YWeAaQ7o)
- 8-<https://www.dentaltix.com/fr/maillefer/fraise-en-acier-batt-conique-d0041-no-012-6ux225mm>
- 9-<https://fr.slideshare.net/oussamadahili/traitement-endodontique-cavit-daccs-endodontique>
- 10-<https://micro-mega.com/Endo-flare?lang=en>
- 11-. Castellengo M, « Les sources acoustiques », dans Denis Mercier (direction), Le livre des techniques du son, tome 1 - Notions fondamentales, Paris : Eyrolles, Paris, 1987 : 58
- 12-. Gagnot G, Ultrasons et vibration. In : les ultrasons en odontologie- application thérapeutiques, Paris : CdP, 2008. 131p.
- 13-Simon S. Cavité d'accès en endodontie. In : Endodontie. Volume 1. Traitements. Rueil-Malmaison : CdP, 2008 : 47-56.
- 14-[https://www.henryscheinmateriel.fr/wpcontent/uploads/2015/07/SONICflex\\_Spitzenbuch\\_fr\\_1\\_008\\_7297\\_28s.pdf](https://www.henryscheinmateriel.fr/wpcontent/uploads/2015/07/SONICflex_Spitzenbuch_fr_1_008_7297_28s.pdf)
- 15-Gianluca P, Cornelis H, Pameijer P, Grande N M, Somma F, Ultrasonics in Endodontics: A Review of the Literature. J. Endod., 2007 : 33, 81-95.
- 16-FS Weine (1975) journal of endodontics
- 17-Mullaney, (1979) Instrumentation of finely curved canals
- 18-J M Laurichesse, J P Santoro (mai 1971) Biological Technics in Endodontics

- 19-Marshall F, Papin J, A crown-down pressurless root canal preparation enlargement Technique. Oregon health sciences university, 1980
- 20-S. Medioni 1995
- 21-S, Simon (2010) le traitement endodontique
- 22-L, Tronstad (1992) Recent development in endodontic research
- 23-Leo J. Miserendino, DDS, MS <sup>1</sup>J.B. Moser, PhD <sup>1</sup>M.A. Heuer, DDS, MS <sup>1</sup>E.M. Osetek, DDS, MS <sup>1</sup> (1986) Cutting efficiency of endodontic instruments. Part II: Analysis of tip design
- 24-L, Sabala (1988) Instrumentation of curved canals using a modified tipped instrument: A comparison study
- 25-J B Roane, C L Sabala, M G Duncanson Jr The "Balanced Force" Concept for Instrumentation of Curved Canals
- 26-Shäfer E relationship between design features of endodontic instruments and their properties Part 2, Instruments of curved canal, Journal of endodontics 1999
- 27-Walia H, An initial investigation of the bending and torsional properties of nitinol root canal files
- 28-Comparison of Canal Preparation With Nickel-Titanium and Stainless Steel Instruments P T Esposito <sup>1</sup>, C J Cunningham 1995
- 29-Introduction du Nickel-Titane en endodontie (LASFARGUES, 97)
- 30-Sattapan B, defects in rotary NiTi files after clinical use Joe 2000
- 31-ME Anderson, JWH Price,P Parashos - Journal of endodontics , 2007 –Elsevier
- 32-Evaluation of Root Canal Transportation, Centering Ratio, and Remaining Dentin Thickness Associated With ProTaper Next Instruments With and Without Glide Path Amr M Elnaghy , Shaymaa E Elsaka 2014
- 33-Stojicic, Y Shen, W Qian, B Johnson, M Haapasalo Revue internationale d'endodontie 45 (4), 363-371, 2012
- 34-Critical evaluation of root canal transportation by instrumentation Sebastian Bürklein Edgar Schäfer 2013
- 35-Gambarini G ; Plotino G Fatigue resistance of engine-driven rotary NiTi instruments produced by new manufacturing methods J ENDOD 2008
- 36-CALAS P. Préparation canalaire en rotation continue : le concept du pas adapté. Inf. Dent., 2003

- 37-[http://cms.kometdental.de/fileadmin/\\_migrated/media/413124\\_KF\\_F6\\_SkyTaper.pdf](http://cms.kometdental.de/fileadmin/_migrated/media/413124_KF_F6_SkyTaper.pdf) (accessed June 10, 2016)
- 38-Luzi A, Forner L, Almenar A, Llena C ; Microstructure alterations of rotary files after Medicina Oral Patologia Oral Y Cirurgia ; 2010
- 39-CLAISSE-CRINQUETTE A. Systèmes RECIPROC® et WaveOne™. Mise en forme mono-instrumentale. *Clinic*. 2011;32:591-601.
- 40-Alternating Versus Continuous Rotation: A Comparative Study of the Effect on Instrument Life Purificación Varela-Patiño 2010
- 41-Canal preparation using only one Ni-Ti rotary instrument: preliminary observations ; G, Yared 2008
- 42-The self-adjusting file (SAF) system: An evidence-based update ; Zvi Metzger 2014
- 43-Ingle JJ, Beveridge EE, Glick DH, Weichman JA, Abou-Rass M. Modern endodontic therapy. *Endodontics*. 1994;2:1-57.
- 44-CANTATORE G. Obturation canalaire et préservation radiculaire. *Réalités cliniques* 2004; 15:33-53
- 45-Portal P. Étude comparative de deux techniques d'obturation canalaire par thermocompactage: Gutta Condensor® et Revo Condensor®. 2014.
- 46-Verchere L. - Henri Lentulo, inventeur du bourre-pâte 1889-1981. *Revue d'odontologie*, 1981, tome X, n°2, p. 175- 178.
- 47-Lentulo, H. - Présentation d'un instrument pour l'obturation des canaux dentaires. *L'odontologie*, 1928, 66, n°2, p.87-95
- 48-Joineau C., Peli J.F. (1985): La technique de condensation latérale : sélection des fouloirs et des cônes accessoires *Rev. Franc.Endod*;4(2):13.40.
- 49-Allison D.A, Michelich RJ, Walton RE (1981): the influence of the master cone adaptation on the quality of the apical seal. *J. Endod*. 2:61-65
- 50- Walton, Richard E, and Mahmoud Torabinejad. *Endodontics: Principles and Practice*. , 2015
- 51- B FR GUTC DFU WEB / Rev.10 / 11-2017 (Old ZF 190308.FR)CARNEIRO SMBS, SOUSA-NETO MD, RACHED-JÚNIOR FA, MIRANDA CES, SILVA SRC &. SILVA-SOUSA YTC. Push-out strenght of root filling with or without thermomechanical compaction. *International Endodontic Journal*. 2012. 45.p.821-828.
- 52- Maggiore, Francesco. "MicroSeal systems and modified technique." *Dental clinics of North America* 48 1 (2004): 217-64 .

- 53-Marin Vincent. Obturation canalaire en endodontie: techniques actuelles. Sciences du Vivant [q-bio]. 2011. hal-01738943
- 54- Barkins W and Montgomery S (1992). Evaluation of Thermafil obturation in curved canals prepared by the Canal Master-U system. *J Endo* 18: 285 – 9
- 55-Becker TA and Donnelly JC (1997). Thermafil obturation : a literature review. *Gen Dent* 45:46 – 55
- 56- Bertrand MF, Pellegrino JC, Rocca JP, Klinghoffer A and Bolla M (1977). Removal of Thermafil root canal filling material. *J Endo* 23 : 54 – 7
- 57-(Journal de l'Ordre des dentistes du Québec, 44:173-81, 2007
- 58-(Baumgardner et coll., 1995 ; De-Deus et coll., 2007 ; De-Deus et coll., 2008
- 59- Aramouni E., Maalouf E., “Clinical Evaluation of a New Injection Low-Temperature Gutta Percha System: Hygenic’s ULTRAFIL.” Abstract, *Revue Française d’endodontie*, Vol. 5 No. 1, 1986.
- 60- DeMoura A.A.M., Sampaio, J.M.P., De Paiva, J.G., Laguna S., Faculty, Department Odontology, University of São Paulo, Brazil, “Analysis of the quality of root canal filling using gutta percha thermoplasticized at a low temperature (ULTRAFIL System)
- 61- Grassi M., Plazek D., Michanowicz A.E., Chay I., “Changes in the physical properties of the ULTRAFIL low temperature (70° C) Thermoplasticized Gutta Percha System.” *J. Endodon* Vol. 15, No. 11, Nov. 1989.10
- 62- Journal de l'Ordre des dentistes du Québec, 44:177, 2007
- 63-La reprise de traitement canalaire : quand et quel pronostic ? Dr. Majid SAKOUT, Professeur Assistant en Odontologie Conservatrice ; Faculté de Médecine Dentaire ; RABAT. Dr. Bouchra CHRAIBI, Professeur Assistant en Odontologie Conservatrice ; Faculté de Médecine Dentaire ; RABAT.
- 64-L’INFORMATION DENTAIRE n° 19 - 10 mai 2017 .Utilisations cliniques des instruments soniques et ultrasoniques en endodontie. CPEA Rubrique du Cercle Parisien d’Endodontologie Appliquée dirigée par Pierre Machtou et Dominique Martin .Dominique Martin, François Bronnec.
- 65-Retraitement endodontique et endodontie chirurgicale, deux thérapeutiques complémentaires. January 2011 *L’ Information dentaire* 32:16-19 .Frédéric Bukiet ; B. Khayat ; D. Louis-Olszewski
- 66-L’INFORMATION DENTAIRE n° 22 - 2 juin 2010 Le retraitement orthograde une première solution souvent satisfaisante. Ludovic Pommel, Frédéric Bukiet, Guillaume Coudert.
- 67-Dépose des ancrages radiculaires métalliques PAR DR. GRÉGORY CARON ET DR. FRANÇOIS BRONNEC LE 6 JUILLET 2011.

68-Instrumentation canalaire de préparation 28-725-A-10. R. Arbab-Chirani, V. Chevalier, S. Arbab-Chirani, S. Calloch

69-Impact of different file systems on the amount of apically extruded debris during endodontic retreatment Emel Uzunoglu<sup>1</sup> and Sevinc Aktemur Turker<sup>2</sup> Eur J Dent. 2016 Apr-Jun; 10(2): 210–214. doi: 10.4103/1305-7456.178306

70-Efficacy of ProTaper Universal rotary retreatment system for gutta-percha removal from root canals L.-S. Gu, J.-Q. Ling, X. Wei & X.-Y. Huang Department of Operative Dentistry and Endodontics, Guanghua College of Stomatology, Sun Yat-Sen University, Guangzhou, China

71-Les instruments de désobturation en endodontie Par Stéphane Simon Publié le 09.09.2019. Paru dans L'Information Dentaire (page 19-21)

72-RECOMMANDATIONS ET RÉFÉRENCES DENTAIRE 1996 These Pour le DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE Présentée et soutenue publiquement le 10 décembre 2001

73-GADGET GUIDE 2016 WINTER 2016 DOCSeducation.org

74-Stratégie d'éviction des instruments brisés. Serge BAL (Lyon) Sandrine BOURBON KERISIT (Annecy) Faouzia BOUSSETTA (Lyon) .Clinic - Décembre 2005 - vol. 26 .

75-Prévenir et traiter la fracture des instruments endodontiques en NiTi (Nickel-Titane) Arnaud EBLE Actualités Odonto-Stomatologiques - n° 258 - juin 2012

76-[https://endocowboy.com/the-idea/kohrermedical\\_engineering](https://endocowboy.com/the-idea/kohrermedical_engineering)

77-Comparison of the Different Techniques to Remove Fractured Endodontic Instruments from Root Canal Systems .Nimet Gençoğlu .Dilek Yiğit.

78-International Journal of Dental and Health Sciences .Review Article Volume 01, Issue 06 RETRIEVAL OF SEPARATED INTRACANAL INSTRUMENTS: A REVIEW Shilpa Shrivastava<sup>1</sup> , Pradnya Nikhade<sup>2</sup>, Manoj Chandak<sup>3</sup>

79-Dieter GE. Mechanical Metallurgy. London : McGraw-Hill Book ; 1961. Chapter 7, Fracture ; 190-1.

80-Spili P, Parashos P, Messer HH. The impact of instrument fracture on outcome of endodontic treatment. J Endod 2005;31:845–50.

81-Solomonov M, Webber M, Keinan D. Fractured Endodontic Instrument: A Clinical Dilemma Retrieve, Bypass or Entomb? J Mich Dent Assoc 2015;97:44–6.

82-Pruett JP, Clement DJ, Carnes DL. Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments. J Endod 1997;23:77–85.

83-Parashos P, Messer HH. Rotary NiTi instrument fracture and its consequences. J Endod 2006;32:1031–43.

- 84-Arens FC, Hoen MM, Steiman HR, Dietz GC. Evaluation of single-use rotary nickel titanium instruments. *J Endod* 2003;29:664–6.
- 85-Sjogren U, Hagglund B, Sundqvist G, Wing K. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *J Endod* 1990;16:498–504.
- 86-McEvily AJ. *Metal Failures: Mechanisms, Analysis, Prevention*. New York: John Wiley & Sons, Inc.; 2002b. Chapter 5, Brittle and Ductile Fractures; p102–4.
- 87-Alapati SB, Brantley WA, Svec TA, Powers JM, Nusstein JM, Daehn GS. SEM observations of nickel titanium rotary endodontic instruments that fractured during clinical Use. *J Endod* 2005;31:40–3.
- 88-site web de l'École des Mines d'Albi Carmaux <http://nte.mines-albi.fr/SciMat/co/SM6uc1-4.html>.
- 89-<http://www.vgoinc.com/general/fractures-in-the-sem>
- 90-<https://www.vacaero.com/information-resources/metallography-with-georgevandervoort/1427-use-of-the-scanning-electron-microscope-in-failure-analysis.html>
- 91-Kottoor J, Velmurugan N, Gopikrishna V, Krithikadatta J. Effects of multiple root canal usage on the surface topography and fracture of two different Ni-Ti rotary file systems. *Indian J Dent Res Off Publ Indian Soc Dent Res* 2013;24:42–7.
- 92-Darabara M, Bourithis L, Zinelis S, Papadimitriou GD. Susceptibility to localized corrosion of stainless steel and NiTi endodontic instruments in irrigating solutions. *Int Endod J* 2004a;37:705–10.
- 93-Peters OA, Roehlike JO, Baumann MA. Effect of immersion in sodium hypochlorite on torque and fatigue resistance of nickel-titanium instruments. *J Endod* 2007;33:589–93.
- 94-Sonntag D, Peters OA. Effect of prion decontamination protocols on nickel-titanium rotary surfaces. *J Endod* 2007;33:442–6.
- 95-Sundaram KM, Ebenezar RAV, Ghani MF, Martina L, Narayanan A, Mony B. Comparative evaluation of the effects of multiple autoclaving on cyclic fatigue resistance of three different rotary Ni-Ti instruments: An in vitro study. *J Conserv Dent JCD* 2013;16:323–6.
- 96-Pertot WJ, Pommel L. Mise en forme et nettoyage du système canalaire. Dans : Simon S, Machtou P, Pertot WJ. *Endodontie*. Paris : CdP ; 2012. 187–217.
- 97-Haïkel Y, Serfaty R, Bateman G, Senger B, Allemann C. Dynamic and cyclic fatigue of engine-driven rotary nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod* 1999;25:434–40.
- 98-Martín B, Zelada G, Varela P, Bahillo JG, Magán F, Ahn S, et al. Factors influencing the fracture of nickel-titanium rotary instruments. *Int Endod J* 2003;36:262–6.
- 99-Ullmann CJ, Peters OA. Effect of cyclic fatigue on static fracture loads in ProTaper nickel-titanium rotary instruments. *J Endod* 2005;31:183–6.

100-Günday M, Sazak H, Garip Y. A comparative study of three different root canal curvature measurement techniques and measuring the canal access angle in curved canals. *J Endod* 2005;31:796–8.

101- <http://www.tyliitalianoendodontics.com>

102- <https://www.endoenligne.wikispaces.com>

103- Patiño PV, Biedma BM, Liébana CR, Cantatore G, Bahillo JG. The influence of a manual glide path on the separation rate of NiTi rotary instruments. *J Endod* 2005;31:114–6.

104- Booth JR, Scheetz JP, Lemons JE, Eleazer PD. A comparison of torque required to fracture three different nickel-titanium rotary instruments around curves of the same angle but of different radius when bound at the tip. *J Endod* 2003;29:55–7.

105- Wu GL. Instrument Separation Analysis of Multi-used ProTaper Universal Rotary System during Root Canal Therapy. *J Endod*. 2011;37(6):758-763

106-Tsujimoto M, Irifune Y, Tsujimoto Y, Yamada S, Watanabe I, Hayashi Y. Comparison of Conventional and New-generation Nickel-Titanium Files in Regard to Their Physical Properties. *J Endod*. 2014;40(11):1824-1829.

107- Yared G, Bou Dagher F, Kulkarni K. Influence of torque control motors and the operator's proficiency on ProTaper failures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*.2003;96(2):229-233.

108- RaCe® (FKG™) Brochure commerciale  
[http://www.fkg.ch/sites/default/files/fkg\\_race\\_family\\_brochure\\_fr.pdf](http://www.fkg.ch/sites/default/files/fkg_race_family_brochure_fr.pdf) (consulté le 14/02/2015)

109-ProFile® (Dentsply Maillefer™), Brochure commerciale.

110-<http://www.medicalexpo.fr/prod/dentsply-maillefer/lime-endodontique-rotative-niti-72098-464726.html> (consulté le 26/03/2015)

111-ProTaper Next®, (Dentsply™), Brochure commerciale.

112-[http://www.dentsply.fr/export/sites/default/.content/datas/technicalsupports/Brochures/081\\_03.2013\\_brochure\\_protaper\\_next.pdf](http://www.dentsply.fr/export/sites/default/.content/datas/technicalsupports/Brochures/081_03.2013_brochure_protaper_next.pdf) (consulté le 15/03/2015)

113- Elnaghy AM, Elsaka SE. Assessment of the Mechanical Properties of ProTaper Next Nickel-Titanium Rotary Files. *J Endod*. 2014;40(11):1830-1834

114- Xu X, Eng M, Zheng Y, Eng D. Comparative Study of Torsional and Bending Properties for Six Models of Nickel-Titanium Root Canal Instruments with Different Cross-Sections. *J Endod*. 2006;32(4):372-375.

115- Zinelis S, Eliades T, Eliades G. A metallurgical characterization of ten endodontic Ni-Ti instruments: assessing the clinical relevance of shape memory and superelastic properties of Ni-Ti endodontic instruments. *Int Endod J.* 2010;43(2):125-134.

116- Alapati SB, Brantley WA, Iijima M, Clark WAT, Kovarik L, Buie C, et al. Metallurgical characterization of a new nickel-titanium wire for rotary endodontic instruments. *J Endod.* 2009;35(11):1589-1593.

117-Pérez-Higueras JJ, Arias A, de la Macorra JC, Peters OA. Differences in Cyclic Fatigue Resistance between ProTaper Next and ProTaper Universal Instruments at Different Levels. *J Endod.* 2014;40(9):1477-1481.

118- Gao Y, Gutmann JL, Wilkinson K, Maxwell R, Ammon D. Evaluation of the Impact of RawMaterials on the Fatigue and Mechanical Properties of ProFile Vortex Rotary Instruments. *J Endod.* 2012;38(3):398-401.

119-Ha J-H, Kim SK, Cohenca N, Kim H-C. Effect of R-phase heat treatment on torsional resistance and cyclic fatigue fracture. *J Endod.* 2013;39(3):389-393.

120-Shen Y, Zhou H, Zheng Y, Campbell L, Peng B, Haapasalo M. Metallurgical Characterization of Controlled Memory Wire Nickel-Titanium Rotary Instruments. *J Endod.* 2011;37(11):1566-1571.

121-Testarelli L, Plotino G, Al-Sudani D, Vincenzi V, Giansiracusa A, Grande NM, et al. Bending properties of a new nickel-titanium alloy with a lower percent by weight of nickel. *J Endod.* 2011;37(9):1293-1295.

122-Peters OA, Gluskin AK, Weiss RA, Han JT. An in vitro assessment of the physical properties of novel Hyflex nickel-titanium rotary instruments. *Int Endod J.* 2012;45(11):1027-1034

122-Bui TB, Mitchell JC, Baumgartner JC. Effect of Electropolishing ProFile Nickel–Titanium Rotary Instruments on Cyclic Fatigue Resistance, Torsional Resistance, and Cutting Efficiency. *J Endod.* 2008;34(2):190-193.

123-Praisarnti C, Chang JWW, Cheung GSP. Electropolishing enhances the resistance of nickeltitanium rotary files to corrosion-fatigue failure in hypochlorite. *J Endod.* août 2010;36(8):1354-1357.

124-Li UM, Chiang YC, Chang WH. Study of the effects of thermal nitriding surface modification of nickel titanium rotary instruments on the wear resistance and cutting efficiency. *J Dent Sci* 2006;1(2):53-58.

125-Alphakite® (Komet™) Brochure commerciale.  
[http://www.kometdental.de/uploads/media/404400V0\\_Fly\\_KF\\_AKS\\_05.pdf](http://www.kometdental.de/uploads/media/404400V0_Fly_KF_AKS_05.pdf) (consulté le 25/03/2015)

126-Gambarini G, Plotino G, Grande NM, Al-Sudani D, De Luca M, Testarelli L. Mechanical properties of nickel-titanium rotary instruments produced with a new manufacturing technique. *Int Endod J.* 2011;44(4):337-341.

127-Revo-S® MICROMEGA™, Brochure commerciale. [http://micro-mega.com/wpcontent/uploads/2012/10/MMRevo-S\\_brochure.pdf](http://micro-mega.com/wpcontent/uploads/2012/10/MMRevo-S_brochure.pdf) (consulté le 14/02/2015).

128-Pedullà E, Franciosi G, Ounsi HF, Tricarico M, Rapisarda E, Grandini S. Cyclic Fatigue Resistance of Nickel-Titanium Instruments after Immersion in Irrigant Solutions with or without Surfactants. *J Endod.* 2014;40(8):1245-1249.

129-Peters OA, Roehlike JO, Baumann MA. Effect of immersion in sodium hypochlorite on torque and fatigue resistance of nickel-titanium instruments. *J Endod.* 2007;33(5):589-593.

130-Spagnuolo G, Ametrano G, D'Antò V, Rengo C, Simeone M, Riccitiello F, et al. Effect of autoclaving on the surfaces of TiN-coated and conventional nickel-titanium rotary instruments. *Int Endod J.* 2012;45(12):1148-1155.

131-Vadhana S, SaravanaKarthikeyan B, Nandini S, Velmurugan N. Cyclic fatigue resistance of RaCe and Mtwo rotary files in continuous rotation and reciprocating motion. *J Endod.* 2014;40(7):995-999.

132-Gambarini G, Gergi R, Naaman A, Osta N, Al Sudani D. Cyclic fatigue analysis of twisted file rotary NiTi instruments used in reciprocating motion. *Int Endod J.* 2012;45(9):802-806.

133-Gambarini G, Rubini AG, Al Sudani D, Gergi R, Culla A, De Angelis F, et al. Influence of different angles of reciprocation on the cyclic fatigue of nickel-titanium endodontic instruments 2012. *J Endod.* 2012;38(10):1408-1411.

134-Ha J-H, Kim S-R, Versluis A, Cheung GS-P, Kim J-W, Kim H-C. Elastic Limits in Torsion of Reciprocating Nickel-Titanium Instruments. *J Endod.* 2015;41(5):715-719.

135-Arias A, Perez-Higuera JJ, de la Macorra JC. Differences in Cyclic Fatigue Resistance at Apical and Coronal Levels of Reciproc and WaveOne New Files. *J Endod.* sept 2012;38(9):1244-8.

136-Plotino G, Grande NM, Testarelli L, Gambarini G. Cyclic fatigue of Reciproc and WaveOne reciprocating instruments: Cyclic fatigue of reciprocating instruments. *Int*

137-Scelza P, Harry D, Silva LE da, Barbosa IB, Scelza MZ. A comparison of two reciprocating instruments using bending stress and cyclic fatigue tests. *Braz Oral Res.* 2015;29(1):1-7.

138-Elnaghy AM, Elsaka SE. Torsion and Bending Properties of OneShape and WaveOne Instruments. *J Endod.* avr 2015;41(4):544-7.

- 139-Silva EJNL, Villarino LS, Vieira VTL, Accorsi-Mendonça T, Antunes H dos S, De-Deus G, et al. Bending Resistance and Cyclic Fatigue Life of Reciproc, Unicone, and WaveOne Reciprocating Instruments. *J Endod.* déc 2016;42(12):1789-93.
- 140- De-Deus G, Leal Vieira VT, Nogueira da Silva EJ, Lopes H, Elias CN, Moreira EJ. Bending Resistance and Dynamic and Static Cyclic Fatigue Life of Reciproc and WaveOne Large Instruments. *J Endod.* avr 2014;40(4):575-9.
- 141-Varghese N, Pillai R, Sujathen U-N, Sainudeen S, Antony A, Paul S. Resistance to torsional failure and cyclic fatigue resistance of ProTaper Next, WaveOne, and Mtwo files in continuous and reciprocating motion: An in vitro study. *J Conserv Dent.* 2016;19(3):225.
- 142-Kim H-C, Kwak S-W, Cheung GS-P, Ko D-H, Chung S-M, Lee W. Cyclic Fatigue and Torsional Resistance of Two New Nickel-Titanium Instruments Used in Reciprocation Motion: Reciproc Versus WaveOne. *J Endod.* avr 2012;38(4):541-4.
- 143-De-Deus G, Moreira EJJ, Lopes HP, Elias CN. Extended cyclic fatigue life of F2 ProTaper instruments used in reciprocating movement: Cyclic fatigue life of F2 ProTaper instrument. *Int Endod J.* déc 2010;43(12):1063-8.
- 144-Gavini G, Caldeira CL, Akisue E, Candeiro GT de M, Kawakami DAS. Resistance to Flexural Fatigue of Reciproc R25 Files under Continuous Rotation and Reciprocating Movement. *J Endod.* mai 2012;38(5):684-7.
- 145-Castelló-Escrivá R, Alegre-Domingo T, Faus-Matoses V, Román-Richon S, Faus-Llácer VJ. In Vitro Comparison of Cyclic Fatigue Resistance of ProTaper, WaveOne, and Twisted Files. *J Endod.* nov 2012;38(11):1521-4.
- 146-Pedullà E, Grande NM, Plotino G, Gambarini G, Rapisarda E. Influence of Continuous or Reciprocating Motion on Cyclic Fatigue Resistance of 4 Different Nickel-Titanium Rotary Instruments. *J Endod.* févr 2013;39(2):258-61.
- 147-Poggio C, Beltrami R, Colombo M, Chiesa M, Bianchi S, Dagna A. Cyclic fatigue resistance of OneShape, Reciproc, and WaveOne: An in vitro comparative study. *J Conserv Dent.* 2014;17(3):250.
- 148-Higuera O, Plotino G, Tocci L, Carrillo G, Gambarini G, Jaramillo DE. Cyclic Fatigue Resistance of 3 Different Nickel-Titanium Reciprocating Instruments in Artificial Canals. *J Endod.* juin 2015;41(6):913-5.
- 149-Sekar V, Kumar R, Nandini S, Ballal S, Velmurugan N. Assessment of the role of cross section on fatigue resistance of rotary files when used in reciprocation. *Eur J Dent.* 2016;10(4):541.
- 150-Elsaka SE, Elnaghy AM, Badr AE. Torsional and bending resistance of WaveOne Gold, Reciproc and Twisted File Adaptive instruments. *Int Endod J.* nov 2017;50(11):1077-83.

- 151-Gundogar M, Ozyurek T. Cyclic Fatigue Resistance of OneShape, HyFlex EDM, WaveOne Gold, and Reciproc Blue Nickel-titanium Instruments. *J Endod.* Juill 2017;43(7):1192-6.
- 152-Zuolo ML, Carvalho MC, De-Deus G. Negotiability of Second Mesio Buccal Canals in Maxillary Molars Using a Reciprocating System. *J Endod.* nov 2015;41(11):1913-7.
- 153-Madarati AA, Watts DC, Qualtrough AJE. Opinions and attitudes of endodontists and general dental practitioners in the UK towards the intra-canal fracture of endodontic instruments. Part 2. *Int Endod J* 2008c;41:1079–87.
- 154-Wolcott S, Wolcott J, Ishley D, Kennedy W, Johnson S, Minnich S, et al. Separation incidence of protaper rotary instruments: a large cohort clinical evaluation. *J Endod* 2006;32:1139–41.
- 155-Lopes HP, Elias CN, Vieira MVB, Siqueira JF, Mangelli M, Lopes WSP, et al. Fatigue Life of Reciproc and Mtwo Instruments Subjected to Static and Dynamic Tests. *J Endod.* mai 2013;39(5):693-6.
- 156-F. da Frota M, G. Espir C, L. C. V. Berbert F, A. F. Marques A, C. Sponchiado-Junior E, Tanomaru-Filho M, et al. Comparison of cyclic fatigue and torsional resistance in reciprocating single-file systems and continuous rotary instrumentation systems. *J Oral Sci.* 2014;56(4):269-75.

## **Annexes :**

### **Analyse de la recherche bibliographique**

Les résultats des études considérées sont présentés ci-dessous sous forme de tableaux.

Pour plus de lisibilité les abréviations, légendes et code couleur suivants ont été retenus :

#### **Abréviations :**

- ProTaper : PT
- Wave One : WO
- Wave One Gold : WOG
- Reciproc : R
- Twisted File : TF
- One Shape : OS
- Résistance à la fatigue cyclique : RFC
- Résistance à la torsion : RTor
- Résistance à la flexion : RFlex
- Rotation continue : RC
- Réciprocité : REC

#### **Légende:**

[\*]différence significative ( $p < 0,05$ )

[NS] différence non significative ( $p > 0,05$ )

#### **Code couleur:**

Instruments utilisant la rotation continue : **rouge**

-Instruments utilisant le mouvement de réciprocité : **bleu**

Auteurs, Année	Objectifs de l'étude	Type d'instrument testé	Protocole expérimental	Résultats	Conclusions
De-Deus et al. 2010	Évaluer la RFC d'un même instrument soumis à deux types de mouvement : RC et REC	PT F2	RFC : Canal artificiel à partir d'un tube en acier inoxydable 3 groupes expérimentaux : - G1 : RC 250 tr/min - G2 : RC 400tr/min - G3 : REC 400tr/min	Nombre moyen de cycles avant fracture : - G1 : 160 cycles - G2 : 120 cycles - G3 : 630 cycles RFC : REC > RC (*)	- Le mouvement de réciprocité améliore la RFC par rapport à la rotation continue (*) - La cinématique du mouvement est un facteur déterminant dans la RFC
Kim H-C et al. 2012	Comparer la RFC et la RTor de plusieurs instruments utilisés selon la dynamique instrumentale recommandée (REC ou RC	WO Primaire R25 PT F2	- RFC <u>dynamique</u> : bloc avec simulateur canal courbe en acier trempé, mouvement de va-et-vient - RTor : bloc de métal permettant de bloquer la pointe des instruments dans de la résine	- RFC: R>WO>PT (*) - RTor: WO>R>PT (*) - Résultats [NS] dans la longueur moyenne du fragment fracturé pour les 3 instruments.	- RFC et RTor sont plus élevées pour les instruments utilisés avec le mouvement de réciprocité que pour ceux utilisés avec un mouvement de rotation continue (*) - R a une meilleure RFC que les autres instruments alors que WO a une meilleure RTor (*)
Gavini G. et al. 2012	Evaluer la RFC d'un même instrument soumis à deux types de mouvement : RC et REC	R25	RFC <u>dynamique</u> : bloc avec simulateur canal courbe en acier trempé, mouvement de va-et-vient. - G1 : RC - G2 : REC	Nombre moyen de cycles avant fracture : - G1 : 816,39 C - G2 : 1787,78 C	- Le mouvement de réciprocité améliore la RFC du R25 par rapport au mouvement de rotation continue. (*) - La cinématique des mouvements des instruments rotatifs Ni-Ti influe de manière significative sur la RFC.
Castillo-Escrima R. et al. 2012	Comparer la RFC de plusieurs instruments utilisés selon la dynamique instrumentale recommandée (REC ou RC)	WO 25.08 PT F2 TF 25.08	RFC : Canaux artificiels courbes en acier inoxydable : 4 angles et rayons de courbure différents	RFC : WO > TF > PT (*)	- La cinématique du mouvement, la vitesse ainsi que le rayon et l'angle de courbure influencent la RFC. Plus la courbure était prononcée moins le nombre de cycle moyen avant fracture était élevé quel que soit le système utilisé (*) - L'instrument WO utilisé en réciprocité a montré une RFC supérieure aux instruments utilisés en RC (*)

Lopes HP. et al. 2013	Évaluer l'influence de la flexibilité et du mouvement de réciprocité sur la RFC de deux types d'instruments utilisés selon la dynamique instrumentale recommandée (REC ou RT)	R25 MTwo	RFlex : Test de flexion RFC : Test de fatigue cyclique dans modèles <u>statique et dynamique</u> à l'aide d'un canal artificiel en acier inoxydable	- RFlex : MTwo > R25 (*) - RFC statique : R > MTwo (*) - RFC dynamique : R > MTwo (*) RFC modèle dynamique > RFC modèle statique (*)	Les tests ont montré une durée de vie plus longue pour les instruments ayant une plus grande flexibilité, animés d'un mouvement de réciprocité et testés dans un modèle dynamique (*)
Pedullà E. et al. 2013	Comparer la RFC de plusieurs instruments soumis à deux types de mouvement : RC et REC. Comparer la longueur des fragments d'instruments fracturés	R25 WO Primaire MTwo TF	RFC : Canal artificiel courbé, Modèle <u>statique</u>	RFC 1/ Pour chaque instrument fonction de la dynamique instrumentale : REC > RC (*) 2/ Entre les 2 types de dynamique en réciprocité [NS] 3/ Avec utilisation du mouvement recommandé pour chaque lime : [TF, MTwo, R25] > WO (*) [NS] entre : TF, MTwo et R25 Longueur des fragments fonction de l'instrument [NS]	- Le mouvement de réciprocité a entraîné une RFC supérieure par rapport à la rotation continue quel que soit le type d'instrument utilisé (*) - Il n'a pas été mis en évidence de différence significative de RFC en fonction de la dynamique de réciprocité utilisée (mode « Reciproc All » ou « Wave One All »). - Utilisé avec le mouvement recommandé, la RFC est apparue plus faible pour le WO qu'avec les autres instruments (*) - Il n'a pas été mis en évidence de différence significative de longueur des fragments fracturés fonction de l'instrument.
F. da Frota, M. et al. 2014	Comparer la RFC et la RTor de plusieurs instruments utilisés selon la dynamique instrumentale recommandée (REC ou RT) Comparer la longueur des fragments d'instruments fracturés	WO Primaire R25 PT universel F2 MTwo 25.06	RFC : Canaux artificiels courbes en acier inoxydable Modèle <u>dynamique</u>	RFC: R/WO > PT/ MTwo (*) Entre les 2 systèmes en rotation continue: [NS] - En cas de déplacement axial : R25 > WO (*) - Lorsque le déplacement axial ne se produit pas : NS entre R25 et WO	- Les RFC et RTor sont plus grandes pour les systèmes utilisés en réciprocité que pour ceux utilisés en rotation continue (*) - La longueur moyenne des fragments fracturés est plus courte pour les systèmes en rotation continue qu'avec le mouvement de réciprocité (*)

				RTor: R/WO > PT/ MTwo (*) WO > R25	
Poggio C. et al. 2014	Évaluer et comparer la RFC d'instruments à usage unique VS instruments prévus pour de l'usage multiple et utilisés selon la dynamique instrumentale recommandée (REC ou RT)	R25 WO Primaire  OS PT F2	RFC : Canaux artificiels courbes en acier inoxydable : 4 angles et rayons de courbure différents	RFC: R25 > OS/ WO > PT F2 (*) Canal le moins courbe > Canal le plus courbe (*)	- Les instruments à usage unique ont une RFC supérieures aux instruments rotatifs prévus pour l'usage multiple (*) - L'instrument R25 était celui qui montrait la meilleur RFC. OS montrait des valeurs de RFC équivalentes à WO
Higuera O. et al. 2015	Évaluer et comparer la RFC de 3 instruments utilisés en réciprocité	WO Primaire R25  TF Adaptive M-L1 (RC ou REC, mouvement adaptatif)	RFC : Bloc métallique avec un canal courbe simulé en acier inoxydable Modèle <u>statique</u>	RFC: R25 > WO [NS] [R25/TFa]>WO (*) Pas de différence significative R25/TFAdaptive	WO a montré la plus basse RFC par rapport à R25 et TF Adaptive L'étude n'a pas trouvé de corrélation entre la vitesse de rotation des instruments et la RFC
Elnaghy A.M. et al. 2015(47)	Comparer RTor et RFlex de deux systèmes mono instrumentaux	WO Primaire  OS	RTor : Bloc métallique avec blocage de la pointe sur 5mm dans de la résine RFlex : Test de flexion Cantileve	RTor: WO > OS (*)  RFlex: OS > WO (*)	- WO s'est révélé plus résistant à la torsion que OS mais également plus flexible. (*) - La section des instruments et l'alliage utilisés pourraient avoir une influence significative sur ces deux paramètres
Varghese N. et al. 2016(45)	Évaluer et comparer la RFC et la RTor d'un même instrument soumis à deux types de mouvement : RC et REC	WO Primaire  PTN X2 MTwo	RFC : Simulateur canalaire courbe acier trempé Modèle statique RTor : bloc de métal et bois permettant de bloquer la pointe des instruments dans de la résine sur 5mm	RFC: WO > [PTN/ MTwo]  Mvt REC > Mvt RC  RTor: WO > PTN >MTwo	- Le mouvement de réciprocité améliore la RFC par rapport au mode de rotation continue pour tous les systèmes étudiés - WO a montré une RFC et RTor plus élevées que les autres instruments que ce soit en mouvement de rotation continue ou de réciprocité. Les auteurs concluent au rôle de la section et de l'alliage
				RFC :	- Le mouvement de

<p>Sekar V. et al. 2016</p>	<p>Évaluer le rôle de la section transversale sur la RFC de systèmes utilisés en mouvement de rotation continue et de réciprocité.</p>	<p>OS Revo-S SU MTwo</p>	<p>RFC : Simulateur canalaire courbe acier trempé Modèle <u>dynamique</u></p>	<p>MTwo &gt; OS &gt; Revo-S SU dans les 2 mouvements (*) La longueur moyenne des fragments après fracture était de 3,5 à 4,5mm et on ne notait pas de différence significative entre les systèmes et le type de mouvement employé.</p>	<p>réciprocité améliore la RFC pour tous ces systèmes qui sont normalement conçus pour être utilisés en RC (*) - MTwo a une RFC supérieure aux autres instruments en mouvement de réciprocité et de rotation continue (*) - Il n'a pas été mis en évidence de différence significative de longueur des fragments fracturés fonction de l'instrument ou de la dynamique utilisée</p>
<p>Elsaka S.E. et al. 2017</p>	<p>Comparer la RTor et la RFlex de 3 instruments utilisés en réciprocité</p>	<p>- WOG - R25 - TF Adaptive M-L1 (RC ou REC, mouvement adaptatif)</p>	<p>- RTor : Bloc métallique permettant de bloquer les 3mm apicaux de chaque instrument dans de la résine et application d'une rotation constante à 2 tours par minute. - RFlex : machine d'essai universelle</p>	<p>- RTor: WOG &gt; R &gt; TF Adaptive (*) - RFlex: (R/TF Adaptive) &gt; WOG (*) R &gt; TF Adaptive (*)</p>	<p>WOG a une RTor plus élevée que R et TF Adaptive et R a une RTor plus élevée que TF Adaptive. * WOG est plus flexible que les instruments R et TF Adaptive et TF Adaptive a une flexibilité supérieure au R (*) RTor et RFlex peuvent être affectés par l'alliage et la conception transversale des instruments</p>
<p>Gündogar M. et al. 2017</p>	<p>Évaluer et comparer la RFC d'instruments utilisés selon la dynamique instrumentale recommandée (REC ou RT)</p>	<p>R25 Blue WO Gold Primaire OS HyFlex EDM</p>	<p>RFC : Simulateur canalaire courbe acier trempé. Modèle <u>statique</u></p>	<p>RFC: HyFlex EDM &gt; R Blue &gt; WOGold &gt; OS (*)</p>	<p>La RFC des instruments HyFlex EDM est plus élevée que celle des OS, R Blue et WO Gold (*) - Le nouvel instrument rotatif R Blue a montré une meilleure RFC que WO Gold et OS (*) - Il n'a pas été mis en évidence de différence significative de longueur des fragments fracturés fonction de l'instrument</p>

**Tableau 8 : Comparaison de la résistance mécanique d'instruments animés par un Mouvement de réciprocité avec des instruments dédiés à la rotation continue**

### **Conclusions du tableau :**

- Les systèmes instrumentaux dédiés à la réciprocité présentent des propriétés mécaniques supérieures aux systèmes instrumentaux utilisés en rotation continue que ce soit en RFC ou en RTor .Quelques études ont montré ponctuellement une supériorité en RFC d'instruments utilisés en rotation continue par rapport à des instruments utilisés en réciprocité : Pedullà (Twisted file et MTwo versus WO) et Gündogar (Hy Flex EDM versus R Blue et WO Gold). Il faut noter que dans ces études le modèle expérimental est statique, ce qui éloigne un peu plus des conditions cliniques attendues.
- Pour un même instrument le mouvement de réciprocité par rapport à la rotation continue permet une meilleure RFC et par conséquent un allongement de la durée de vie instrumentale, et ce y compris pour des instruments qui sont initialement exclusivement conçus pour de l'usage en rotation continue. (155)
- Une seule étude conclue à une longueur de fracture instrumentale significativement supérieure pour les instruments utilisés en réciprocité tandis que deux autres concluent à une absence de différence significative de longueur instrumentale fracturée que ce soit fonction du type d'instrument ou de la dynamique instrumentale considérée. (156)

# Résumé :

L'instrumentation joue un rôle majeur dans divers domaines et secteurs d'activités, c'est aussi le cas en endodontie, en moins d'un siècle, cette discipline a considérablement évolué, Les principes fondamentaux sont restés inchangés mais les moyens de les mettre en œuvre se sont considérablement améliorés en termes d'efficacité, de reproductibilité et de sûreté du geste opératoire, aujourd'hui un nouvel instrument apparaît sur le marché pratiquement tous les 6 mois, tous aussi performants les uns que les autres.

Dans les premières années de vie de la rotation continue, l'évolution se faisait essentiellement sur les dessins des instruments, des lames coupantes, du radial land, une conicité régulière ou variable, des pitch variables, etc.... Une fois que tout a été breveté, l'innovation s'est déplacée. Puis, cela a été le tour des alliages, puis sont apparus alors les traitements thermiques.

Ce que l'industrie peut proposer dorénavant c'est non pas de proposer des instruments moins fragiles ou plus résistants, mais plutôt des instruments plus « tolérants ». Plus tolérant à l'utilisation. Moins opérateur dépendant. Aussi sûr dans les mains d'experts que dans celles d'un étudiant débutant. Telle devrait être là la véritable évolution. C'est en cela que ces mouvements deviennent intéressants. S'adapter à l'erreur de manipulation, ce qui pourrait transformer un instrument considéré comme « fragile » en un instrument « sécurisant ». Le succès de la thérapeutique endodontique doit être imposé déjà lors de l'étape primordiale qui est la réalisation de la cavité d'accès. Cette dernière nécessite un ensemble d'instruments manuels tel que l'excavateur et la sonde endodontique et d'instruments rotatifs comme les fraises et forets endodontiques, aussi les gammes sonores et les instruments ultrasonores.

Dans un second temps, la préparation ou la mise en forme canalaire constitue une des étapes du traitement endodontique dans laquelle l'instrumentation est très variée et omniprésente et reste indispensable pour atteindre les objectifs biologiques et mécaniques de la préparation canalaire Il existe actuellement une très grande variété d'instruments sur le marché, constitués d'acier inoxydable ou de nickel-titane (Ni-Ti), utilisés avec des techniques manuelles et/ou mécanisées, encore appelées assistées. Des instruments sonores et ultrasonores peuvent également compléter la préparation, les trois instruments de référence de l'instrumentation manuelle sont toujours les limes K et H ainsi que les broches qui répondant à la norme ISO (International Standard Organisation) ainsi que l'instrumentation mécanique qui se repose sur divers systèmes. L'obturation du système canalaire constitue la dernière étape de la triade endodontique, L'instrumentation utilisés dans cette étape reste divers, variés et intimement liés à la technique utilisée, son but est de pérenniser les résultats de la désinfection canalaire initiale en permettant à long terme par l'insertion de matériaux d'isoler le milieu intérieur par rapport au milieu extérieur, c'est l'équivalent d'une suture en chirurgie. Lorsque le traitement canalaire des dents se déroule dans des conditions favorable le taux de réussite est élevé, mais il peut aboutir dans certains cas à un échec, dans ces cas nous avons recours à un retraitement endodontique basé sur des instruments aussi spéciaux qu'innovants ainsi que des procédures strictes pour assurer le succès de ce dernier.

L'objectif de ce travail est de découvrir les instruments utilisés pendant tout le processus du traitement endodontique ainsi que leurs caractéristiques.

**Mots clés :** Endodontie, Instrumentation manuelle, Instrumentation mécanisée, Rotation continue, Ni-Ti (Nickel-Titane)

## نبذة مختصرة:

لقد تطورت الأجهزة بشكل كبير ولعبت دورا رئيسيا في مختلف مجالات وقطاعات طب الأسنان، واستند تطور مفاهيمها وتقنياتها على تحليل الإخفاقات، ودراسة الجدران العاجية بعدا لأجهزة ودراسة الواجهة بين الحشو و الأنسجة العاجية و التفكير في مراحل العلاج و آلية الأدوات. و قد اغيرت جميع هذه المعايير النهج العلاجي و يجب تحديثا المعارف أن يصاحب تلك التغيرات. في اقل من قرن ، هذا النظام تطور إلى حد كبير . و ظلت المبادئ الأساسية دون تغيير و لكن وسائل تنفيذها تحسنت كثيرا . حاليا أجهزة جديدة تظهر في السوق كل ستة أشهر، كلها لها نفس الفعالية.

في السنوات الأولى من حياة الأجهزة ذات الدوران المستمر، كان التطور مركزا على تصاميم الأجهزة، شفرات حادة، مسطحات فعالة، مخروطية بانتظام و مختلفة .... الخ بمجرد تسجيل براءة اختراع كل شيء هو مقترح الآن ليس الأداة الأقل ، انتقل الابتكار إلى السبائك ، ثم ظهرت علاجات الحرارة. ومع ذلك ما ضعفا أو الأكثر مقاومة، بل الأكثر تسامحا في الاستخدام و الأقل تشغيلًا و وأمنة في أيدي الخبراء كما هو الحال عند الطالب المبتدئ، مما يجعل هذه الحركات مهمة عن طريق التكيف مع أخطاء الاستعمال و الذي يغير الأداة من كونها هشة إلى أداة آمنة

أيضا هذا التطور الواضع للأجهزة يسمح للممارس للتقليل من وقت العمل و تحسين تنظيف و تطهير القنوات و تجنب كسور الأدوات و فعاليتها على جدران الجذرية التي تطور علاج اللب نحو مبادئ أكثر حفظا أين ن جاءت فكرة الأقل ضررا في الطب ألبني للأسنان و الهدف من هذا العمل هو شرح اثر الأجهزة المستخدمة أثناء العلاج ألبني الذي يهدف إلى تسهيل عمل الممارس و يسمح بنجاح الفعل المطبق في طب الأسنان

## **Abstract :**

Instrumentation plays a major role in various fields and sectors of activity, this is also the case in endodontics, in less than a century, this discipline has evolved considerably. The fundamental principles have remained unchanged but the means of implementing them have improved considerably in terms of efficiency, reproducibility and safety of the operating procedure, today a new instrument appears on the market practically every 6 months, all equally effective. In the first years of the life of continuous rotation, the evolution was essentially based on the designs of the instruments, the cutting blades, the radial land, regular or variable conicity, variable pitch, etc. Once everything was patented, the innovation moved on. Then it was the turn of the alloys, and then came the heat treatments.

What the industry can now offer is not to propose less fragile or more resistant instruments, but rather instruments that are more "tolerant", more tolerant to use. Less dependent operator. As safe in the hands of experts as in the hands of a beginner student. This should be the real evolution. This is where these movements become interesting. Adapting to handling errors, which could transform an instrument considered "fragile" into a "safe" instrument. The success of endodontic therapy must be imposed already at the primordial stage, which is the creation of the access cavity. The success of endodontic therapy must be imposed already at the primordial stage, which is the creation of the access cavity, which requires a set of manual instruments such as the excavator and the endodontic probe and rotating instruments such as burs and endodontic drills, as well as sound ranges and ultrasonic instruments.

Secondly, root canal preparation or shaping is one of the stages of endodontic treatment in which instrumentation is very varied and omnipresent and remains indispensable for achieving the biological and mechanical objectives of root canal preparation. There is currently a very wide variety of instruments on the market, made of stainless steel or nickel-titanium (Ni-Ti), used with manual and/or mechanised techniques, also known as assisted techniques. Sound and ultrasonic instruments can also complete the preparation. The three reference instruments for manual instrumentation are always the K and H files as well as the spindles which meet the ISO (International Standard Organisation) standard, and the mechanical instrumentation which is based on various systems. Filling the root canal system is the last stage of the endodontic triad. The instrumentation used in this stage remains diverse, varied and intimately linked to the technique used, its aim is to perpetuate the results of the initial root canal disinfection by allowing in the long term by the insertion of materials to isolate the internal environment from the external environment, it is the equivalent of a

suture in surgery. When root canal treatment of teeth takes place under favourable conditions the success rate is high, but in some cases it can lead to failure. In these cases we use endodontic reprocessing based on instruments that are as special as they are innovative, and strict procedures to ensure its success.

The aim of this work is to explain the instrumentation used throughout the endodontic treatment process, which facilitates the practitioner's work and allows the success of the procedure.

**Keywords:** Endodontics, Manual instrumentation, Mechanized instrumentation, Continuous rotation, Ni-Ti (Nickel-Titanium)