

UNIVERSITE TOULOUSE III – PAUL SABATIER
FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

ANNEE 2013

2013-TOU3-3025

THESE

POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

présentée et soutenue publiquement

par

Marina BLIN

le 28 Mai 2013

LE SELF-ADJUSTING FILE

Directeur de thèse : Docteur Franck DIEMER

JURY

Président :	Professeur Danièle DUFFAUT-LAGARRIGUE
1 ^{er} assesseur :	Docteur Franck DIEMER
2 ^{ème} assesseur :	Docteur Marie GURGEL-GEORGELIN
3 ^{ème} assesseur :	Docteur Mélanie DEDIEU





FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE

➔ DIRECTION

DOYEN

Mr SIXOU Michel

ASSESSEURS DU DOYEN

• ENSEIGNANTS :

Mme GRÉGOIRE Geneviève

Mr CHAMPION Jean

Mr HAMEL Olivier

Mr POMAR Philippe

• PRÉSIDENTE DU COMITÉ SCIENTIFIQUE

Mme GRIMOUD Anne-Marie

• ÉTUDIANT :

Mr HAURET-CLOS Mathieu

CHARGÉS DE MISSION

Mr PALOUDIER Gérard

Mr AUTHER Alain

RESPONSABLE ADMINISTRATIF

Mme GRAPELOUP Claude

➔ HONORARIAT

DOYENS HONORAIRES

Mr LAGARRIGUE Jean †

Mr LODTER Jean-Philippe

Mr PALOUDIER Gérard

Mr SOULET Henri

➔ ÉMÉRITAT

Mr PALOUDIER Gérard

➔ PERSONNEL ENSEIGNANT

56.01 PÉDODONTIE

Chef de la sous-section :

Mr VAYSSE

Professeur d'Université :

Mme BAILLEUL-FORESTIER

Maîtres de Conférences :

Mme NOIRRIT-ESCLASSAN, Mr VAYSSE

Assistants :

Mr DOMINÉ, Mme GÖTTLE

Chargés d'Enseignement :

Mme BACQUÉ, Mme PRINCE-AGBODJAN, Mr TOULOUSE

56.02 ORTHOPÉDIE DENTO-FACIALE

Chef de la sous-section :

Mr BARON

Maîtres de Conférences :

Mr BARON, Mme LODTER, Mme MARCHAL-SIXOU, Mr ROTENBERG,

Assistants :

Mme ELICEGUI, Mme OBACH-DEJEAN, Mr PUJOL

Chargés d'Enseignement :

Mr GARNAULT, Mme MECHRAOUI, Mr MIQUEL

56.03 PRÉVENTION, ÉPIDÉMIOLOGIE, ÉCONOMIE DE LA SANTÉ, ODONTOLOGIE LÉGALE

Chef de la sous-section :

Mr HAMEL

Professeur d'Université :

Mme NABET, Mr PALOUDIER, Mr SIXOU

Maître de Conférences :

Mr HAMEL

Assistant :

Mr MONSARRAT

Chargés d'Enseignement :

Mr DURAND, Mr PARAYRE, Mr VERGNES

57.01 PARODONTOLOGIE**Chef de la sous-section :** **Mr BARTHET**

Maîtres de Conférences : Mr BARTHET

Assistants : Mr MOURGUES, Mme VINEL

Chargés d'Enseignement : Mr. CALVO, Mme DALICIEUX-LAURENCIN, Mr LAFFORGUE, Mr PIOTROWSKI, Mr SANCIER

57.02 CHIRURGIE BUCCALE, PATHOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE, ANESTHÉSIOLOGIE ET RÉANIMATION**Chef de la sous-section :** **Mr CAMPAN**

Professeur d'Université : Mr DURAN

Maîtres de Conférences : Mr CAMPAN, Mr COURTOIS, Mme COUSTY

Assistants : Mme BOULANGER, Mr FAUXPOINT, Mme FERNET-MAGNAVAL

Chargés d'Enseignement : Mr GANTE, Mr L'HOMME, Mme LABADIE, Mr PLANCHAND, Mr SALEFRANQUE

57.03 SCIENCES BIOLOGIQUES (BIOCHIMIE, IMMUNOLOGIE, HISTOLOGIE, EMBRYOLOGIE, GÉNÉTIQUE, ANATOMIE PATHOLOGIQUE, BACTÉRIOLOGIE, PHARMACOLOGIE**Chef de la sous-section :** **Mr KÉMOUN**

Professeurs d'Université : Mme DUFFAUT

Maîtres de Conférences : Mme GRIMOUD, Mr KÉMOUN, Mr POULET

Assistants : Mr BLASCO-BAQUE, Mme GAROBY-SALOM, Mme SOUBIELLE, Mme VALERA

Chargés d'Enseignement : Mr BARRÉ, Mme DJOUADI-ARAMA, Mr SIGNAT

58.01 ODONTOLOGIE CONSERVATRICE, ENDODONTIE**Chef de la sous-section :** **Mr GUIGNES**

Maîtres de Conférences : Mr DIEMER, Mr GUIGNES, Mme GURGEL-GEORGELIN, Mme MARET-COMTESSE

Assistants : Mr ARCAUTE, Mlle DARDÉ, Mme DEDIEU, Mme DUEYMES, Mme FOURQUET, Mr MICHETTI

Chargés d'Enseignement : Mr BALGUERIE, Mr BELAID, Mlle BORIES, Mr ELBEZE, Mr MALLET, Mlle PRATS, Mlle VALLAEYS

58.02 PROTHÈSES (PROTHÈSE CONJOINTE, PROTHÈSE ADJOINTE PARTIELLE, PROTHÈSE COMPLÈTE, PROTHÈSE MAXILLO-FACIALE)**Chef de la sous-section :** **Mr CHAMPION**

Professeurs d'Université : Mr ARMAND, Mr POMAR

Maîtres de Conférences : Mr BLANDIN, Mr CHAMPION, Mr ESCLASSAN

Assistants : Mr CHABRERON, Mr DESTRUHAUT, Mr GALIBOURG, Mr HOBEILAH, Mme SOULES

Chargés d'Enseignement : Mr ABGRALL, Mr DEILHES, Mr FARRÉ, Mr FLORENTIN, Mr FOLCH, Mr GHRENASSIA, Mr KAHIL, Mme LACOSTE-FERRE, Mme LASMOLLES, Mr LUCAS, Mr MIR, Mr POGEANT, Mr RAYNALDY

58.03 SCIENCES ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES, OCCLUSODONTIQUES, BIOMATÉRIAUX, BIOPHYSIQUE, RADIOLOGIE**Chef de la sous-section :** **Mme GRÉGOIRE**

Professeur d'Université : Mme GRÉGOIRE

Maîtres de Conférences : Mme JONJOT, Mr NASR

Assistants : Mr AHMED, Mr CANIVET, Mr DELANNÉE

Chargés d'Enseignement : Mme BAYLE-DELANNÉE, Mme MAGNE, Mr TREIL, Mr VERGÉ

*L'université Paul Sabatier déclare n'être pas responsable des opinions émises par les candidats.
(Délibération en date du 12 Mai 1891).*

Mise à jour au 4 février 2013

Je dédie cette thèse...

A mes parents,

pour leur amour, leur soutien inconditionnel et leurs précieux conseils au cours de ces années universitaires. Vous avez su me faire confiance et je ne vous remercierai jamais assez.

A Manu,

pour tout son amour, sa patience et ses encouragements.
Je nous souhaite le meilleur pour l'avenir.

A ma grand-mère, mes tantes, mes oncles,

pour les très bons moments passés en famille.

A mes chers cousins et cousines,

merci pour tous ces moments inoubliables passés ensemble et pour ceux à venir.

A Marie,

ma cousine, ma sœur, mon amie et ma confidente.

A Annie et Pierre,

toujours accueillants et attentionnés.

A Cécé,

ma binôme et surtout mon amie sur qui je peux compter. Je te souhaite beaucoup de bonheur avec Audric et une belle réussite professionnelle.

A Lulu,

mon amie rencontrée en première année de médecine.

A Vané et Leslie,

avec qui je partage une amitié sincère depuis l'école primaire.

A mes amis d'Albi : Amandine, Amélie, Arezki, Chris, Delph, Elo, Fred, Gégé, Lolo, Marine, Marion, Nico, Nouré, Sarah, Yannick,
tous différents et pourtant si proches. Merci !

A mes amis de promo : Agathe, Anissa, Aurélie, François, Fred, Hugo, Laura, Laurie, Laurine, Núria, Olivier, Pacou, Sophie et Sullivan,
pour toutes ces années passées ensemble, ces moments de stress, de convivialité et d'amitié.

A toute l'équipe d'endodontie,

Avec qui j'ai le plaisir de partager et d'améliorer mes connaissances dans cette spécialité.

A notre président de thèse,

Madame le Professeur Danièle DUFFAUT-LAGARRIGUE

- Professeur des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Lauréat de la Faculté de Médecine,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Docteur en Sciences Odontologiques,
- Docteur d'État en Odontologie,
- Habilitation à Diriger des Recherches.

*Nous sommes très sensibles à l'honneur que vous nous faites
en acceptant la présidence de notre jury de thèse.*

*Soyez assurée de notre sincère reconnaissance
et veuillez trouver ici l'expression de notre profond respect
pour l'attention que vous portez à vos étudiants
et la qualité de votre enseignement.*

A notre directeur de thèse,

Monsieur le Docteur Franck DIEMER

-Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier
d'Odontologie,

-Docteur en Chirurgie Dentaire,

-Diplôme d'Etudes Approfondies en Education, Formation et Insertion -
Toulouse-Le Mirail,

-Docteur de l'Université Paul Sabatier,

-Lauréat de l'Université Paul Sabatier,

-Habilitation à Diriger des Recherches.

Vous me faites l'honneur de diriger cette thèse.

*Pour votre gentillesse, votre disponibilité et tout le savoir que vous m'avez
apporté pendant mes années d'études et de pratique clinique,
veuillez trouver dans ce travail, l'expression de mes remerciements
les plus sincères et de mon profond respect.*

A notre jury de thèse,

Madame le Docteur Marie GURGEL-GEORGELIN

-Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier
d'Odontologie,

-Docteur en Chirurgie Dentaire,

-Ancienne Interne des Hôpitaux,

-D.E.A. MASS « Lyon III »,

-Maîtrise des Sciences Biologiques et Médicales

*Nous vous remercions d'avoir accepté si spontanément
de bien vouloir faire partie de notre jury de thèse.*

*Pour votre conception de la pédagogie et les connaissances
que vous nous avez apportées, soyez assurée
de notre gratitude et de nos sincères remerciements.*

A notre jury de thèse,

Mademoiselle le Docteur Mélanie DEDIEU

-Assistante hospitalo-universitaire d’Odontologie,

-Docteur en Chirurgie Dentaire,

-Master 1 « Biosanté », mention Anthropologie, ethnologie et sociologie
de la santé

*Nous vous remercions chaleureusement
d’avoir accepté de juger ce travail.*

*Veuillez trouver ici, l’assurance de nos sentiments les meilleurs
et de notre vive reconnaissance.*

Table des matières

INTRODUCTION.....	12
CHAPITRE I : LE NETTOYAGE CANALAIRE.....	13
I-1) Une anatomie canalaire complexe.....	13
I-2) La préparation mécanique.....	21
I-3) La préparation chimique.....	25
I-3.1) Les différentes solutions d'irrigation.....	25
I-3.1.1) L'hypochlorite de sodium.....	25
I-3.1.2) Le digluconate de chlorexidine.....	26
I-3.1.3) Le rinçage final.....	27
I-3.2) Les systèmes d'irrigation.....	27
I-3.2.1) La seringue d'irrigation.....	27
I-3.2.2) Le maître cône de gutta-percha.....	28
I-3.2.3) L'EndoActivator®.....	28
I-3.2.4) Les ultrasons et l'irrigation passive ultrasonore.....	29
I-3.2.5) Le RinsEndo.....	30
I-3.2.6) La seringue Vibringe®.....	31
I-3.2.7) L'EndoVac®.....	31
I-3.2.8) La désinfection par photo-activation.....	31
I-3.2.9) Le Self-Adjusting File®.....	32

CHAPITRE II: LE SELF-ADJUSTING FILE, UN NOUVEAU CONCEPT.....	33
II-1) Présentation de l'instrument.....	33
II-1.1) Concept et caractéristiques.....	33
II-1.2) Protocole d'utilisation.....	37
II-1.3) Contre-indications.....	38
II-2) Les principales publications relatives au Self-Adjusting File.....	39
II-2.1) Concept et caractéristiques.....	40
II-2.2) La préparation chimio-mécanique.....	43
II-2.3) Le retraitement canalaire.....	78
II-2.4) Expérience clinique.....	82
 CONCLUSION.....	 83
BIBLIOGRAPHIE.....	84
ANNEXES.....	89

INTRODUCTION

L'endodontie est une discipline odontologique complexe qui nécessite une grande concentration, beaucoup de rigueur et de connaissances sur la complexité de l'anatomie canalaire [36, 54]. La configuration excessivement variable du réseau canalaire radiculaire représente un réel défi pour le praticien [48].

La thérapeutique endodontique a pour objectifs d'éliminer le tissu pulpaire, les micro-organismes planctoniques, le biofilm bactérien, la dentine infiltrée et les débris occasionnés par la préparation mécanique en respectant la géométrie canalaire [32, 36, 42]. La finalité du traitement canalaire est de soigner une inflammation ou une nécrose pulpaire afin de prévenir une éventuelle propagation de l'infection aux tissus péri-apicaux [48, 49, 53].

La mise en forme et la désinfection sont deux étapes clés du protocole [30]. La préparation mécanique fait appel à des systèmes de limes manuelles ou rotatives et s'effectue en alternance avec une préparation chimique utilisant des solutions d'irrigation adéquates. Nous utilisons le terme de préparation « chimio-mécanique » [36].

L'objectif de cette thèse est de décrire les limites de l'instrumentation endodontique actuelle et ainsi de pouvoir présenter un nouveau système de mise en forme : le Self-Adjusting File.

Dans une première partie, nous allons nous intéresser aux difficultés successives rencontrées au cours de la préparation chimio-mécanique.

Nous étudierons ensuite le Self-Adjusting File : une lime dont le concept de préparation chimio-mécanique est très innovant. Pour cela, nous nous appuierons sur de récentes publications et nous développerons les quatre notions suivantes : son concept et ses caractéristiques, sa préparation chimio-mécanique, ses qualités pour les retraitements canalaires et enfin son application clinique.

CHAPITRE I :

LE NETTOYAGE CANALAIRE

La préparation du réseau canalaire radiculaire est une étape fondamentale du traitement endodontique. Elle allie une préparation mécanique effectuée par les limes endodontiques et une préparation chimique avec des solutions d'irrigation : il s'agit de la préparation « chimio-mécanique » [42].

La complexité morphologique canalaire nécessite d'associer une mise en forme canalaire mécanique et une phase d'irrigation/désinfection. Comme nous allons le voir, ces deux phases sont indissociables et leurs actions complémentaires.

I-1) Une anatomie canalaire complexe

L'anatomie canalaire radiculaire est complexe et représente un réel défi en endodontie [7, 11, 17, 26, 36, 48, 54]. Sa connaissance est un pré requis indispensable pour réaliser la thérapeutique endodontique dans de bonnes conditions [54]. Il est nécessaire de prendre conscience de cet obstacle physique pour comprendre les principes de l'endodontie et ainsi les difficultés rencontrées au cours de la mise en forme canalaire et de l'irrigation [54].

L'endodonte est un véritable réseau (Fig.1). Outre la chambre pulpaire et les canaux principaux, il est caractérisé par la présence de [16] :

- ✓ Canaux latéraux,
- ✓ Canaux accessoires,
- ✓ Canaux furcataires,
- ✓ Anastomoses intercanalaires,
- ✓ Isthmes,
- ✓ Deltas apicaux,
- ✓ Rétrécissements,
- ✓ Minéralisations...

Les canaux radiculaires ne s'apparentent que très rarement à de longs « entonnoirs » droits avec une entrée circulaire [36, 39]. De plus, une racine qui contient un seul canal étroit et qui se termine par un unique foramen apical est une exception à la règle [54].



Fig. 1 – Exemples de variations anatomiques : (A) Deuxième molaire mandibulaire avec trois canaux mésiaux. (B) Prémolaires mandibulaires de type V dans la classification de Vertucci. (C) Prémolaire mandibulaire avec trois canaux et des anastomoses inter-canalaies. (D) Deuxième molaire maxillaire avec deux canaux palatins. (E) Première molaire maxillaire avec deux canaux qui se séparent en trois canaux dans la racine vestibulo-mésiale. Le canal vestibulo-mésial 2 rejoint l'entrée canalaire du canal palatin [54].

Cette planche illustre explicitement les variations anatomiques (Fig. 1) auxquelles nous sommes confrontés au quotidien. La coloration du réseau canalaire radiculaire est obtenue grâce à l'hématoxaline qui est un colorant tissulaire [54].

Vertucci propose une classification plus complète que celle de Weine. En collaboration avec son équipe, il définit huit configurations différentes de réseaux pulpaire (Fig. 2). L'ensemble de ces configurations pulpaire a été retrouvé uniquement sur la deuxième prémolaire maxillaire. L'étude de Caliskan et al. sur une population turque obtient des résultats similaires à ceux de Vertucci [54].

Kartal et Yanikoglu définissent deux nouvelles organisations pulpaire d'après une étude faite sur 100 dents antérieures mandibulaires. La première configuration commence avec 2 canaux qui débutent au niveau du plancher pulpaire puis le canal lingual se dédouble au niveau du tiers moyen et les trois canaux convergent dans le tiers apical pour se terminer par un seul foramen apical. Dans le deuxième cas, un unique canal part de la chambre pulpaire puis il se divise en deux canaux distincts dans le tiers moyen. Ils se rejoignent plus loin pour se diviser à nouveau en trois canaux se terminant chacun par un foramen apical [54].

Gulabivala et al. ajoutent sept autres configurations pulpaire à la classification de Vertucci après avoir examiné des molaires mandibulaires sur une population birmane (Fig. 3) [54].

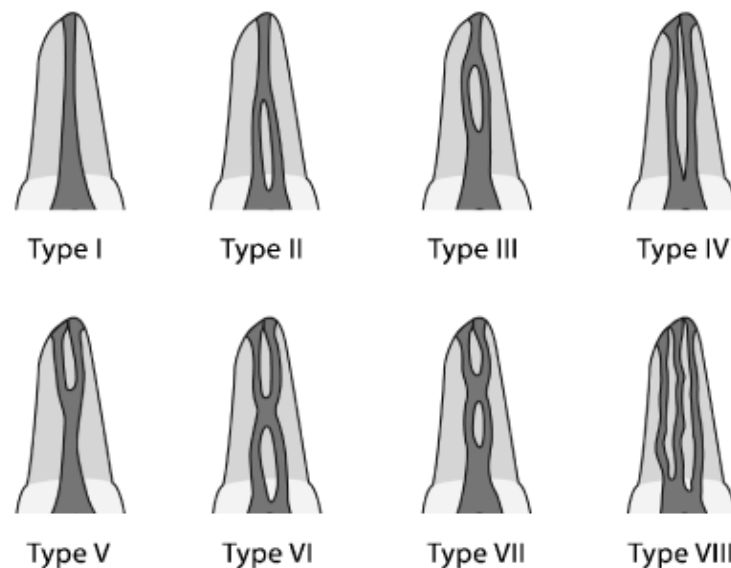


Fig. 2 – Schémas illustrant la classification de Vertucci [54].

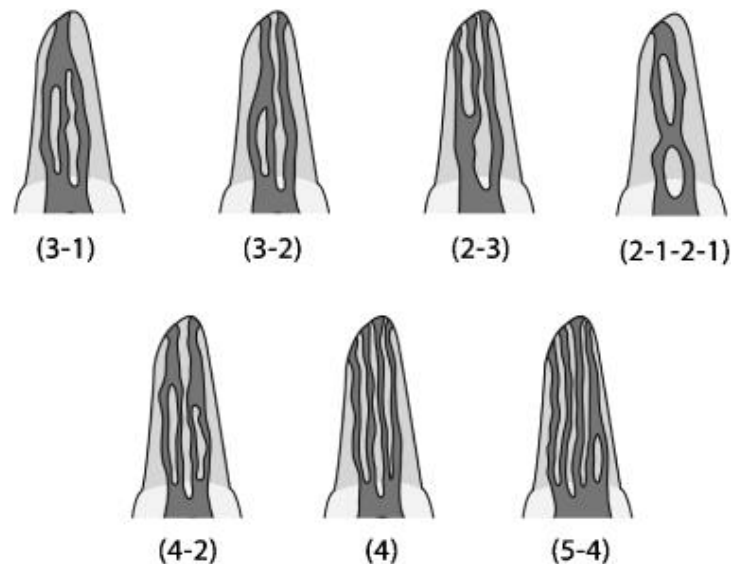


Fig. 3 – Schémas illustrant de nouvelles configurations pulpaire d’après Gulabivala et al. [54]

La quasi-totalité des canaux radiculaires est courbe et particulièrement dans le sens vestibulo-palatin/lingual. La courbure peut être progressive et s’étendre à toute la longueur radiculaire et/ou franche à proximité de l’apex ou même double en formant un S (Fig. 4) [54].



Fig. 4 – Coupes longitudinales de dents qui montrent plusieurs variations anatomiques.

Il existe aussi des variations dans le sens transversal. Ces changements de formes transversales s’observent entre des canaux différents mais aussi pour un même canal à des sections différentes [38]. Ces variations anatomiques ont été classées par Jou et al. en 2004 selon leur forme géométrique horizontale [36, 38, 48] :

- ✓ Ronde,
- ✓ Ovale : le diamètre maximal vestibulo-lingual/palatin est deux fois supérieur au diamètre mésio-distal,

- ✓ « Long-ovale » : le diamètre maximal vestibulo-lingual/palatin est quatre fois supérieur au diamètre mésio-distal,
- ✓ Aplatie ou en forme de ruban jusqu'à être en forme de C,

La forme « long-ovale » est largement retrouvée au niveau du canal distal des molaires mandibulaires, pour les prémolaires maxillaires et mandibulaires et aussi pour les incisives et les canines mandibulaires [32].

La présence de canaux en C a une prévalence variable de 5% à 32% selon l'origine ethnique des sujets. En effet, cette morphologie est plus commune chez les Asiatiques (au Japon et en Chine : 31,5% et en Corée : 32,7%) que chez les Caucasiens (5%). Ils sont particulièrement présents pour les deuxièmes molaires mandibulaires mais ils sont aussi retrouvés sur les premières molaires mandibulaires, sur les premières et deuxièmes molaires maxillaires, sur les troisièmes molaires maxillaires et mandibulaires et sur la première prémolaire mandibulaire (Fig.5) [50, 54].



Fig. 5 – Reconstruction tridimensionnelle de canaux en C d'une molaire mandibulaire [50].

L'étude des radiographies rétro-alvéolaires pré opératoires apporte de précieuses informations sur l'anatomie canalaire.

Soulignons que le diamètre maximal des canaux ovales et aplatis étant dans le sens vestibulo-palatin/lingual, il n'est pas détecté avec une radiographie bidimensionnelle sous incidence conventionnelle [36, 48]. Nous ne faisons pas de différence entre un canal de forme ovale, un canal de section ronde et 2 canaux qui se superposent (Fig. 6) [32].

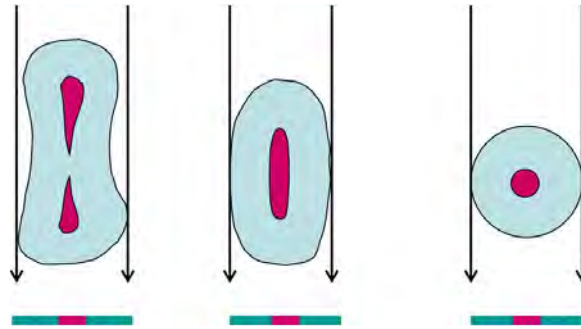


Fig. 6 - Les limites de la radiographie en deux dimensions : la projection de ces trois canaux est identique pourtant ils n'ont absolument pas la même forme [32].

Il est ainsi vivement recommandé d'effectuer au minimum deux incidences différentes : une incidence conventionnelle centrée et une incidence excentrée afin d'apprécier au mieux la morphologie canalaire (Figs.7 et 8) [7, 54].

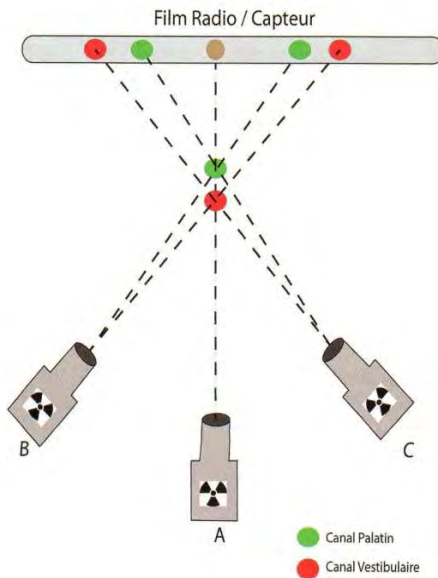


Fig. 7 - (A) incidence centrée, (B) et (C) sous incidences excentrées [9].

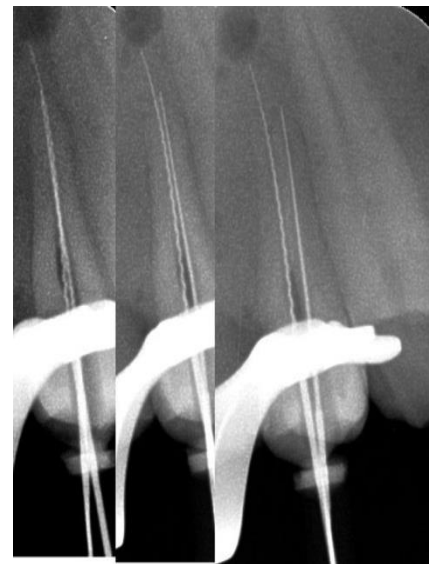


Fig. 8 - Trois clichés radiologiques trois incidences différentes.

Le chirurgien-dentiste doit travailler avec un plateau technique de base adapté et performant. Il peut se procurer des aides visuelles (loupes, microscope...) et/ou lumineuses, des colorants (bleu de méthylène) afin d'optimiser son travail (Figs. 9 et 10). En effet, le microscope améliore significativement la capacité du chirurgien-dentiste à localiser et négocier les canaux radiculaires ; notamment le deuxième canal vestibulo-mésial des molaires maxillaires [54].



Figs. 9 et 10 – Aides visuelles et lumineuses utilisées pour les traitements endodontiques.

Le micro-CT permet de créer des reconstructions tridimensionnelles et de très fines coupes (Fig. 11) du réseau canalaire radiculaire de dents extraites. Cette nouvelle technologie nous a permis de mieux appréhender la complexité anatomique canalaire grâce à sa très haute résolution qui est en moyenne de 20 μm [43]. De nombreuses études s'appuient sur le micro-CT pour analyser précisément les préparations et les obturations canalaires réalisées sans endommager les racines en les sectionnant.

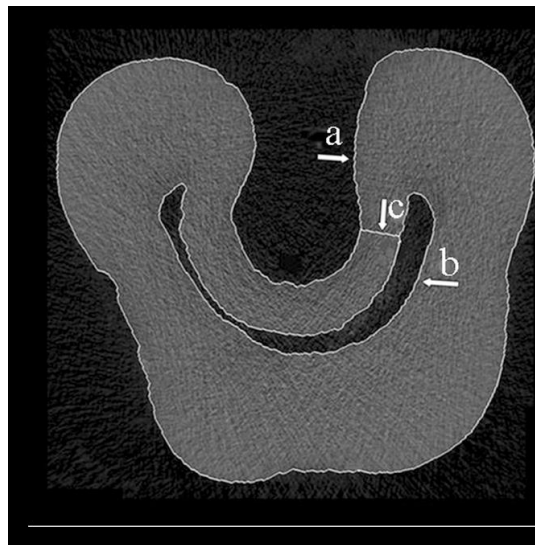


Fig. 11 – Coupe micro-CT d'un canal en C. (a) Surface externe de la racine (b) La paroi canalaire interne (c) La finesse de la paroi canalaire [19].

Le cone beam computed tomography (CBCT) aussi appelé tomographie volumique à faisceaux coniques permet une approche clinique en analysant très finement les tissus de la sphère oro-faciale. Sa résolution est légèrement plus grossière que celle du micro-CT et est en moyenne de 100 μm . L'utilisation du CBCT est règlementée par la Haute Autorité de Santé. Cette avancée technique répond aux exigences de l'endodontie en amenant davantage de précisions sur la complexité anatomique : le nombre de canaux, leur localisation, leur forme... (Figs. 12 et 13)



Fig. 12 – Coupe CBCT transversale qui met en évidence un canal en forme de C sur la 37 [16].



Fig. 13 – Coupes CBCT longitudinales : (A) Type III de Vertucci sur la 14 ; (B) Tiers apical de la 25 en forme de baïonnette [16].

I-2) La préparation mécanique

L'objectif de la préparation mécanique est de réaliser une mise en forme canalaire respectant au mieux la géométrie du réseau canalaire radiculaire [2] pour créer un chemin d'accès aux solutions d'irrigation [42]. Cette séquence instrumentale indispensable détruit une partie du biofilm qui adhère aux parois canalaire et élimine une épaisseur de dentine infiltrée [42].

La découverte des instruments de rotation continue en Nickel-Titane a révolutionné la sphère endodontique tant sur leur capacité de mise en forme que sur la négociation des canaux courbes et sur le gain de temps conséquent [24, 29, 32]. Mais, comme tout système, la perfection n'est pas atteinte et outre les incidents possibles tels que la création de butées, de microfissures, la perte de la longueur de travail, la déchirure du foramen apical ou même la perforation, nous allons voir que la rotation continue avec des instruments en Nickel-Titane a ses limites.

En effet, elle est responsable de « dommages collatéraux » [34] comme :

✓ La production de boue dentinaire.

Cette structure amorphe, appelée smear layer par les anglo-saxons regroupe un ensemble de composants organiques (débris nécrotiques, processus odontoblastiques...) et inorganiques (particules dentinaires...) (Fig. 14). Elle se loge au niveau des orifices des tubulis dentinaires, empêche la pénétration des solutions d'irrigation et la réalisation d'une obturation canalaire étanche de qualité [25, 59].

La boue dentinaire sera éliminée au cours de la désinfection canalaire grâce à une solution d'irrigation qui agit sur sa composante organique et un agent chélatant qui détruit la partie minérale (Fig. 15) [7, 15].

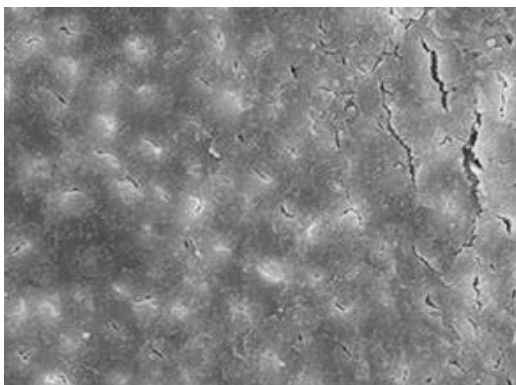


Fig. 14 – Photographie de la boue dentinaire [25].

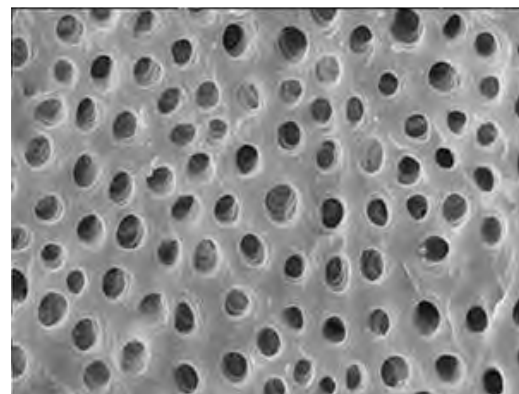


Fig. 15 – Photographie de la perméabilité des tubulis dentinaires [25].

✓ L'apparition de fissures dentinaires.

L'étude de Yoldas et al. en 2012 a analysé les conséquences dentinaires de 4 systèmes rotatifs en Nickel-Titane à 3, 6 et 9 mm de l'apex. Dans 25 à 60% des cas (selon le système utilisé) il a révélé la survenue de microfissures dentinaires pouvant aller jusqu'à la fracture dentinaire (Fig. 16) [60].

En 2013, Hin et al. réalisent une étude similaire (avec des coupes à 3, 6 et 9 mm également) et obtiennent des pourcentages plus faibles : 25% des cas avec Mtwo et 35% avec Protaper [23].



Fig. 16 – (E) Fracture dentinaire due à la préparation avec le ProTaper [60].

✓ Une modification de la morphologie canalaire associée à une accumulation de débris dans des zones inaccessibles à l'instrumentation rotative (données applicables aux limes manuelles).

D'après les informations recueillies précédemment nous savons que l'anatomie canalaire est complexe et variable. Les limes rotatives classiques en Nickel-Titane (ProTaper, FlexMaster, HERO 642, ProFile, Lightspeed, WaveOne®, Reciproc®...) ont chacune leur protocole d'utilisation, leurs propriétés mais elles présentent toutes au minimum un point en commun : il s'agit de limes métalliques « pleines » exerçant des mouvements circulaires dans les canaux (Fig.17) [24].

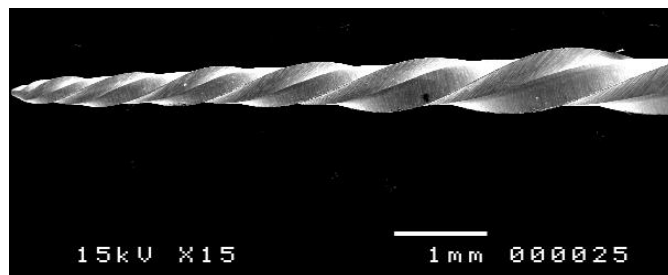


Fig. 17 – Image en microscopie électronique à balayage (× 15) d'un instrument WaveOne® [40].

Pour mettre en forme des canaux droits ou courbes dont la section transversale est ronde, ce type de limes est adapté [30, 31, 32, 50, 59]. L'étude de Paqué et al. en 2005 sur des racines mésiales courbes (moyenne comprise entre 28° et 28,5°) de molaires mandibulaires a montré un faible degré de redressement de l'axe canalaire de 0,8° pour ProTaper et 0,9° pour RaCe après une préparation mécanique ISO 30 [35].

Les canaux ovales, « longs-ovales » et en ruban représentent un réel défi [14, 47]. Les limes endodontiques classiques tendent à transformer chaque canal en une préparation cylindro-conique calibrée sans respecter les proportions des parois radiculaires (Fig. 18) [28, 29].

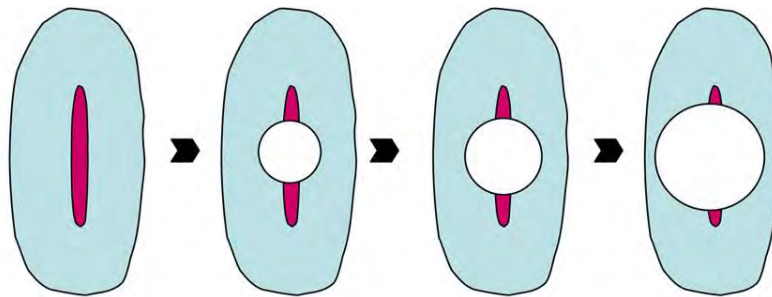


Fig. 18 – Schéma illustrant la préparation d'un canal « long-ovale » avec un système de rotation continue classique en Nickel-Titane [32].

Par conséquent, seule une partie du réseau canalaire radiculaire est accessible et nettoyée, il n'y a pas de mise en forme homothétique respectant la géométrie initiale du canal (Fig. 18) [14, 28, 47].

En effet, Solomonov et al. en 2012 obtiennent 66% +/- 6% de la paroi canalaire non préparée par ProTaper [50]; Metzger et al. en 2010 obtiennent 60,2% +/- 13,6% avec ce même système [31]. Des études faites en 2003 enregistrent 47,4% des surfaces canalaires non traitées [41]. Comme nous pouvons le constater, les pourcentages varient, nous retenons une fourchette de 40% à 60% de surface canalaire inchangée après une préparation en rotation continue classique en Nickel-Titane [49].

Les anfractuosités, les isthmes, les canaux latéraux, les extensions vestibulaire et/ou linguale/palatine n'étant pas atteints par la préparation vont se transformer en véritables réservoirs de débris tissulaires (occasionnés par le travail des limes), de micro-organismes... [5, 12, 13, 14, 24, 28, 31, 32, 42, 44, 49, 60] (Fig. 19). Siqueira et al. en 2010 ont détecté 55% des réseaux canalaires encore positifs à *E. faecalis* après un traitement chimio-mécanique avec le BioRaCe [48].

Paqué et al. en 2012 ont évalué à 10,1% le volume canalaire obturé par les débris de tissus durs après une préparation chimio-mécanique avec le ProTaper en alternance avec de l'hypochlorite de sodium à 3% sur des canaux mésiaux reliés entre eux par un isthme. Ce pourcentage diminue à 7,9% après un rinçage final à l'EDTA 17% [33].

L'accumulation de ces débris n'est pas sans conséquence. Elle peut interférer avec les solutions d'irrigation notamment en neutralisant de façon plus ou moins prononcée l'action du NaOCl et empêcher l'obturation canalaire de se lier aux parois [33,14]. En 2010, Metzger et al. observent que 44,6% +/- 14,5% de l'obturation canalaire réalisée après une préparation en rotation continue classique ne touche pas les parois canalaire [31].

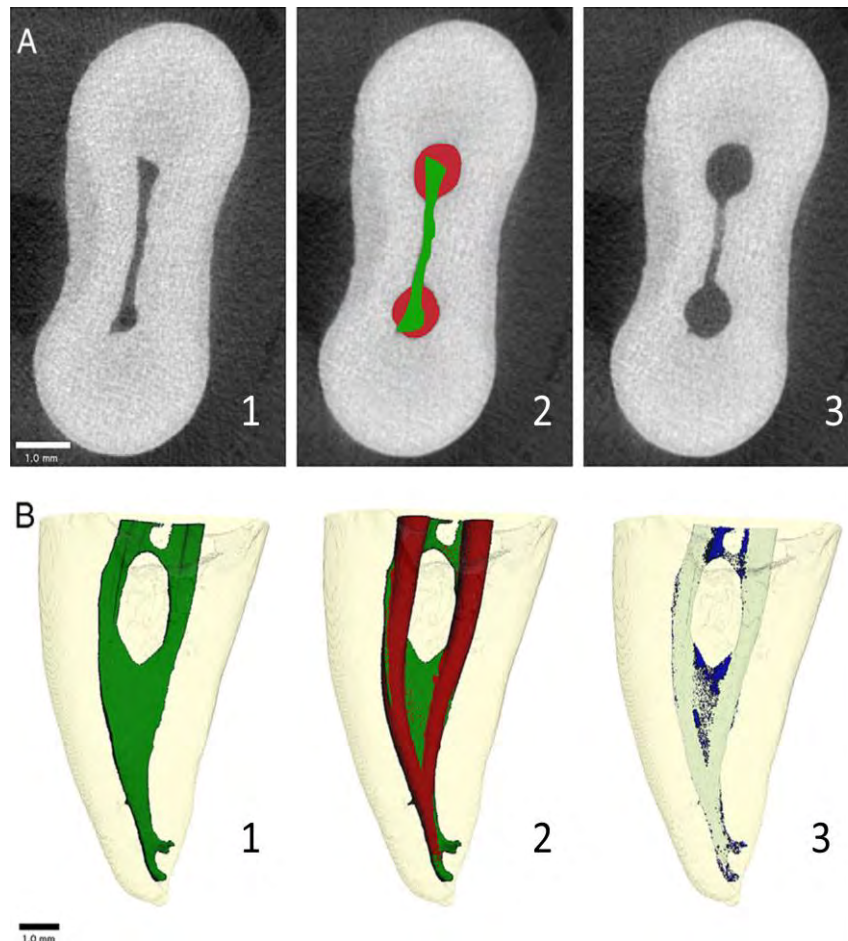


Fig. 19 – Analyses micro-CT d'une racine mésiale d'une molaire mandibulaire mise en forme avec ProTaper et irriguée avec du NaOCl. (A) coupes transversales. 1 : préopératoire, 3 : postopératoire et 2 : superposition des 2 images - en vert l'anatomie initiale et en rouge l'anatomie modifiée après la préparation.

Reconstitutions tridimensionnelles du réseau canalaire radulaire (B) 1 : préopératoire, 3 : postopératoire avec l'accumulation des débris en bleu et 2 : superposition des 2 images – en vert l'anatomie initiale et en rouge le volume canalaire préparé [37].

La qualité de la mise en forme dépend de la morphologie canalaire [28]. De plus, les systèmes manuels et de rotation continue « classiques » ne répondent pas aux exigences de l'endodontie [13].

Nous avons pris conscience que « puisque les manœuvres instrumentales ne peuvent gérer la totalité du réseau canalaire, leur fonction première de parage canalaire s'est vue substituée par celle de fournir un accès radiculaire aux solutions d'irrigation pour qu'elles puissent atteindre ces zones difficiles. » [21].

I-3) La préparation chimique

L'irrigation s'effectue en alternance avec la préparation mécanique depuis l'ouverture des voies d'accès jusqu'à l'obturation [16, 20].

La préparation chimique consiste à déposer puis activer la solution d'irrigation choisie dans le réseau canalaire radiculaire grâce à un système d'irrigation adéquat. Un flux de liquide est ainsi créé à l'intérieur du canal radiculaire. Il véhicule des débris organiques et/ou minéraux, vivants et/ou nécrosés et facilite ainsi leur élimination [15].

Cette étape indispensable atteint les anfractuosités qui échappent à l'instrumentation mécanique et favorise ainsi la destruction du biofilm bactérien qui adhère aux parois canalaire. En effet, les micro-organismes peuvent être à l'état planctonique (en suspension) ou organisés sous forme d'un agrégat en multicouches de micro-organismes protégé par une matrice extracellulaire polysaccharidique (biofilm bactérien) ; ils sont alors 100 à 1000 fois plus résistants que leurs homologues en suspension [26, 27].

I-3.1) Les différentes solutions d'irrigation

La solution d'irrigation idéale n'existe pas. Le choix du ou des solution(s) d'irrigation résulte d'un compromis entre ses propriétés antibactériennes et désinfectantes et ses effets potentiellement nocifs sur les tissus vivants environnants [27]. Après avoir sélectionné la solution, une concentration adaptée est essentielle pour lui permettre d'être efficace sans qu'elle ne soit responsable de trop de dommages collatéraux.

I-3.1.1) L'hypochlorite de sodium (NaOCl)

L'hypochlorite de sodium est utilisé en endodontie comme irrigant principal peropératoire depuis 1920 [15].

Le NaOCl présente de nombreuses qualités qui en font l'irrigant de choix en endodontie. En effet, il possède :

- ✓ Une action bactéricide sur les bactéries Gram+ et Gram- même à faible concentration [15].

- ✓ Une efficacité sur les spores, les virus (VIH, HSV 1 et 2, Hépatites A et B) et les levures [15, 27].
- ✓ Une action solvante même à faible concentration qui concerne aussi bien les tissus organiques (pulpe, une partie de la boue dentinaire...) vivants que les tissus nécrotiques. Comme précédemment, cet effet augmente si la concentration en NaOCl augmente [15].
- ✓ Une durée de vie correcte et un faible coût [15].

Ce solvant présente des limites et occasionne des gênes voire des dommages. Nous pouvons citer :

- ✓ Une inefficacité sur les parties minérales [15].
- ✓ Une instabilité dans l'air et lorsqu'il est exposé à la lumière [15].
- ✓ Un goût désagréable et une mauvaise odeur [15, 27].
- ✓ Une décoloration éventuelle de la dent et des tissus mous [15].
- ✓ Une cytotoxicité pour les tissus périapicaux [15, 27].
- ✓ Une érosion des parois canalaire pour de fortes concentrations [25].

I-3.1.2) Le digluconate de chlorhexidine

La chlorhexidine est utilisée pour les traitements endodontiques à une concentration de 2% [15, 27].

Elle possède de nombreux avantages comme :

- ✓ Une efficacité antibactérienne rémanente (elle se fixe à l'hydroxyapatite) à large spectre [15, 27]. Elle est bactéricide contre les Gram+ et de façon inférieure pour les Gram- [15].
- ✓ Une action antifongique efficace (*Candida albicans*) [15, 27].
- ✓ Une faible toxicité tissulaire et un effet caustique inférieur au NaOCl [15, 27].
- ✓ Une odeur plus neutre [27].

Par ailleurs, elle présente de gros inconvénients qui suffisent à préférer l'hypochlorite de sodium comme irrigant peropératoire:

- ✓ Une incapacité à dissoudre les tissus organiques vivants et nécrosés ainsi que les débris minéraux [15, 27].
- ✓ Elle libère spontanément de la parachloroaniline (PCA) lorsqu'elle est exposée à la chaleur et/ou à la lumière. Le PCA est considéré comme potentiellement carcinogène pour l'être humain [15].
- ✓ Mélangée à d'autres solutions (NaOCl, EDTA, Ca(OH)₂) elle libère de la parachloroaniline (PCA) et forme un précipité brun-rouge avec le NaOCl et blanc-rosé avec l'EDTA [27].

I-3.1.3) Le rinçage final

L'EDTA ou acide éthylène diamine tétraacétique se présente communément sous forme de gel ou de liquide et sa concentration varie entre 8 et 17% [15]. Il ne possède pas ou peu d'effet antibactérien mais une forte action chélatante qui permet de faciliter le passage des limes dans les canaux calcifiés (lubrification), d'éliminer la composante minérale de la boue dentinaire et de déstructurer le biofilm adhérent aux parois canalaire [7, 15]. L'adjonction du Cétavlon (l'EDTA est devenu l'E.D.T.A.C ou Cétrimide) majore la mouillabilité de l'EDTA [15].

L'acide citrique généralement dilué à 10% avec un temps d'application légèrement supérieur (environ 5 minutes) a une efficacité comparable à celle de l'EDTA dans l'élimination de la smear layer [27].

Le MTAD est un mélange de doxycycline, d'acide citrique et d'un détergent (Biopure, Tulsa Densply). Ce produit n'est pas commercialisé en France. Il éliminerait la composante organique et inorganique de la smear layer. Il serait moins érosif pour les parois canalaire que l'EDTA mais utilisé en rinçage final avec le NaOCl, ils formeraient une solution brune [15].

I-3.2) Les systèmes d'irrigation

Le choix du système d'irrigation est déterminant. En effet, « le meilleur des produits ne sera d'aucune utilité s'il ne peut pénétrer profondément dans les canaux, entrer en contact avec les tissus et/ou les bactéries et être renouvelé. » [27]

I-3.2.1) La seringue d'irrigation

La seringue d'irrigation est largement employée. Avec cette technique, il est nécessaire de contrôler la force développée sur le piston afin de délivrer la solution lentement et de manière passive, sans pression. Pour cela, il est recommandé d'utiliser des seringues de 3 à 5 mL Luer-Lock (Fig. 20) [27].

Ces seringues se composent d'un embout centré fileté (système de verrouillage de l'aiguille), d'un corps en polypropylène, d'un piston muni d'un joint d'étanchéité en silicone [15].



Fig. 20 - Seringue Monoject Luer Lock.

Le calibre de l'aiguille le plus fréquemment employé est de 27 G soit 0,40 mm de diamètre mais une efficacité supérieure est obtenue avec des aiguilles plus fines de 0,30 mm soit 30 G (Navy Tips, Ultradent) qui pénètrent davantage dans le canal radiculaire facilitant ainsi l'irrigation de la partie apicale [27].

Actuellement il n'y a pas de consensus quant au choix de l'aiguille. Il existe des aiguilles ouvertes à leur extrémité qui favorisent l'échange de la solution mais aussi qui provoquent une pression apicale plus importante et des aiguilles à déflexion latérale [27].

Il est recommandé d'utiliser une seringue différente pour chaque solution [27]. Ce conseil s'applique par exemple pour la séance de chélation en fin de préparation qui associe l'acide éthylène diamine tétraacétique et l'hypochlorite de sodium.

Cette irrigation est dite statique [15] et il est maintenant admis que l'activation de l'hypochlorite de sodium améliore son efficacité [27]. En effet, les solutions activées désinfectent en profondeur et peuvent atteindre les canaux latéraux, les isthmes ainsi que les anastomoses [15].

I-3.2.2) Le maître cône de gutta-percha

Cette activation mécanique grâce au maître cône de gutta-percha est relativement simple et réalisable par tous les chirurgiens-dentistes car elle ne nécessite aucun dispositif spécifique.

Le praticien effectue des mouvements de 2 mm d'amplitude avec le maître cône de gutta percha de diamètre et de conicité identiques à la lime apicale maîtresse pour créer des déplacements apicaux et latéraux de la solution d'irrigation [27]. Nous pouvons qualifier cette technique d'irrigation manuelle dynamique [15].

Deux études de 2008 ont démontré que l'efficacité de l'activation par le maître cône est significativement supérieure à l'irrigation à la seringue et à celle obtenue par le RinsEndo [27].

I-3.2.3) L'EndoActivator® (Dentsply, Tulsa Dental Specialities)

Ce système d'activation sonore s'est inspiré de la technique du maître cône précédemment développée [27].

Il s'agit d'une pièce à main sonore sans fil (ergonomique) qui autorise la vibration d'inserts en plastique flexibles à une fréquence allant à 2000, 6000 ou 10000 cycles par minute (Fig. 21) [15, 27].

Le chirurgien-dentiste choisit l'insert avec un diamètre apical correspondant à celui obtenu en fin de préparation. Trois embouts de 22 mm de longueur sont disponibles : le jaune (15, conicité 2%), le rouge (25, conicité 4%) et le bleu (35, conicité 4%) [15].



Fig. 21 - L'Endoactivator®.

Le protocole est identique à celui du maître cône : l'EndoActivator® est inséré à 1 mm de la longueur de travail puis il effectue un mouvement vertical de va et vient de faible amplitude [27].

D'après de récentes études à ce sujet (Desai et Himel, 2009 ; *Shen et al.*, 2010a), l'EndoActivator® est significativement plus efficace que la technique conventionnelle d'irrigation à la seringue. La capacité de pénétration de la solution est augmentée ainsi que la sécurité d'utilisation : la qualité de la désinfection obtenue est améliorée. Ces résultats sont en contradiction avec d'autres études (Townsend et Maki, 2009 ; Huffaker et al., 2010) qui ne voient pas de différence entre les deux protocoles [27].

I-3.2.4) Les ultrasons et irrigation passive ultrasonore

Les ultrasons qui initialement étaient destinés en endodontie à la mise en forme canalaire ont été réorientés en partie vers la préparation chimique des canaux [27]. Ils représentent une aide précieuse pour pénétrer dans les canaux radiculaires, pour retirer des instruments fracturés mais aussi lors de chirurgies périapicales (Fig. 22) [15].



Fig. 22 - Insert d'irrigation ultrasonique.



Fig. 23- Insert ultrasonique en action [52].

Les ondes ultrasonores ont des fréquences comprises entre 25 et 30 kHz, elles génèrent une série de nœuds (zones d'oscillation minimum) et d'anti-nœuds (zones d'oscillation maximum) sur la longueur de la lime et un nœud à l'extrémité. Les effets provoqués par ces ondes s'appellent des « turbulences acoustiques » (Fig. 23) [27].

Deux méthodes « d'irrigation passive ultrasonore » sont utilisées : l'irrigation continue ou intermittente. Pour que la lime ultrasonore soit efficace sans créer de boue dentinaire, elle doit vibrer dans la solution d'irrigation sans toucher les parois canalaire [27].

Cette exigence semble pouvoir être atteinte pour les canaux droits suffisamment préparés mais plus difficilement réalisable voire impossible lors de l'irrigation de canaux courbes et/ou étroits [15, 27].

L'efficacité de la solution d'irrigation serait significativement augmentée avec l'utilisation des ultrasons si nous la comparons à celle obtenue avec l'EndoActivator®. Il est important de souligner que de nombreuses études ont été faites sur des canaux droits [27]. De plus, les résultats très satisfaisants de l'irrigation passive ultrasonore associée à l'hypochlorite de sodium pourraient être le résultat de l'augmentation de la température de la solution occasionnée par les ultrasons [27].

I-3.2.5) Le RinsEndo (Dürr Dental)



Fig. 24 - Le RinsEndo.

Il s'agit d'une irrigation hydrodynamique qui fonctionne par répétition d'injection-aspiration de la solution d'irrigation à un rythme de 100 cycles par minute (Fig. 24) [27].

Peu d'études ont été réalisées sur ce système d'irrigation et les résultats obtenus sont significativement moins bons qu'avec l'irrigation manuelle dynamique (maître-cône de gutta percha) mais de meilleure qualité que l'irrigation statique conventionnelle [15, 27]. De plus, ce système d'irrigation provoquerait une augmentation significative du risque d'extrusion au-delà de l'apex [22].

I-3.2.6) La seringue Vibringe® (Vibringe BV)



Fig. 25 - Seringue Vibringe®.

Cette seringue non commercialisée en France produit des vibrations sonores à un rythme de 9000 cycles par minute. Une seule étude a été conduite pour évaluer l'élimination des débris et elle a montré une efficacité inférieure à l'irrigation passive ultrasonique (Fig. 25) [27].

I-3.2.7) L'EndoVac® (irrigation par pression négative)

L'EndoVac proposé par Schoeffel en 2007 n'est pas un système d'activation classique. En effet, il n'a pas été conçu pour activer véritablement la solution d'irrigation mais pour sécuriser son injection dans les derniers millimètres apicaux (Fig. 26) [27].



Fig. 26 - L'EndoVac®.

Ce système diminue de manière significative le risque d'extrusion de solution dans le péri-apex si nous le comparons à l'irrigation statique à la seringue et aux autres systèmes étudiés précédemment (il n'y a pas de différence significative avec l'EndoActivator®) [27].

L'EndoVac® est efficient pour le nettoyage canalaire lorsque le diamètre apical est égal à ISO 40 [27].

Par ailleurs, sa pratique clinique est fastidieuse et son coût n'est pas négligeable [27].

I-3.2.8) La désinfection par photo-activation

Actuellement, la photo-activation offre des résultats prometteurs [27].

Les bactéries sont marquées avec du bleu de toluidine, colorant qui attire le rayonnement d'un laser à basse puissance (laser à diodes) pour les détruire. Des études *in vitro* ont montré une efficacité de ces lasers sur les biofilms polymicrobiens et notamment sur *Enterococcus faecalis*. Les études *in vivo* ont révélé une réduction significative du

nombre de bactéries intra-canalaire mais sans jamais les éliminer totalement. Elle est à ce jour utilisée en complément de l'irrigation passive ultrasonore et de l'EndoActivator®. En effet, la solution d'irrigation doit préalablement être activée pour pénétrer dans les anfractuosités, les canaux latéraux, les isthmes ainsi que les anastomoses [27].

Une étude *in vitro* a analysé la capacité d'élimination de différentes bactéries en suspension à l'aide d'une lampe à polymériser classique. Ce processus a permis de diminuer efficacement la flore bactérienne [27].

Ce mode de désinfection mérite d'être davantage exploré et perfectionné [27].

I-3.2.9) Le Self-Adjusting File® (RedentNova)

La conception du Self-Adjusting File aussi appelé la lime auto-ajustable est basée sur la notion de préparations mécanique et chimique simultanées (Fig. 27) [46]. Ce système innovant sera développé dans notre seconde partie.



Fig. 27 – Le Self-Adjusting File® (SAF).

Malgré l'utilisation de limes rotatives en Nickel-Titane, de solutions d'irrigation adéquates et l'adoption de systèmes d'irrigation performants, la préparation chimio-mécanique reste encore trop souvent imparfaite et fonction de la complexité anatomique [3]. La mise en forme et l'irrigation sont réalisées en alternance et de manière répétée mais sans jamais obtenir un réseau canalaire radiculaire stérile [15, 48, 53].

N'existerai-t-il pas une lime endodontique qui effectuerait simultanément la préparation mécanique et la préparation chimique du réseau canalaire radiculaire.

CHAPITRE II :

LE SELF-ADJUSTING FILE, UN NOUVEAU CONCEPT

Le chapitre précédent nous a exposé les aléas rencontrés au cours de la préparation chimio-mécanique avec les systèmes « classiques » de rotation continue en Nickel-Titane. Ces difficultés se retrouvent au cours de la mise en forme proprement dite avec des limes à corps plein et rigide sans possibilité de s'adapter à la morphologie canalaire [41]. Elles apparaissent également au moment de l'irrigation qui rappelons-le se fait uniquement en alternance avec la préparation mécanique.

La qualité de nos traitements endodontiques est remise en question, et ce malgré toutes les précautions mises en œuvre, les progrès constants et le respect de l'Evidence Based Dentistry (EBD).

II-1) Présentation de l'instrument

Le Self-Adjusting File (SAF) qui peut être traduit par « lime auto-ajustable » [41, 46] ne s'inscrit aucunement dans la lignée des limes endodontiques manuelles ou rotatives précédentes [2, 32]. Nous allons voir que le concept du SAF s'est inspiré des limites des instruments en Nickel-Titane pour les transformer et en faire son originalité. Cet instrument a été pensé et réalisé pour essayer de palier aux inconvénients des limes actuellement commercialisées [24, 30, 32].

II-1.1) Concept et caractéristiques

Le concept du SAF a été proposé par le Professeur Zvi Metzger de l'université de Tel Aviv en Israël puis produit et commercialisé par la société Redent Nova à Ra'anana (Israël) [45].



Le Pr Metzger s'est inspiré des stents cardiaques (Fig.28) [45] pour mettre au point l'un des premiers instruments uniques de mise en forme canalaire [32].

Fig. 28 – Stent cardiaque.

Le SAF est une lime endodontique avec un concept unique et innovant [1, 12, 13, 17, 24, 39] qui associerait simultanément une mise en forme canalaire tridimensionnelle et une

irrigation continue pendant toute la durée de la préparation [8, 24, 30, 32, 46]. Il est aux normes européennes CE : 0483 [32].

La lime SAF se présente sous la forme d'un cylindre creux flexible et compressible (Fig. 29) avec une extrémité effilée et asymétrique (Fig. 30) [24, 30, 32]. Cette asymétrie augmente la souplesse de l'instrument ce qui facilite la négociation des courbures canalaire [29].

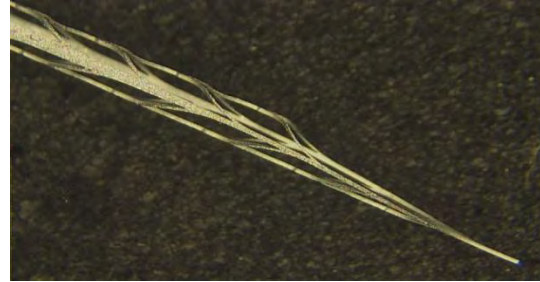
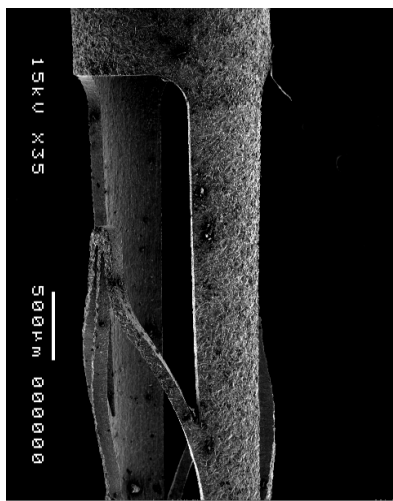


Fig. 29 – Flexibilité du SAF [57].

Fig. 30 – Extrémité asymétrique du SAF [16].

Elle est à usage unique et disponible en deux diamètres [24, 30, 32].

La lime « classique » a un diamètre de 1,5 mm et existe en trois longueurs : 21, 25 et 31 mm ; la lime « retraitement » avec un diamètre de 2 mm existe en deux longueurs : 21 et 25 mm [24, 30, 32, 57].



Ses parois sont constituées d'un fin maillage en Nickel-Titane d'environ 120 µm d'épaisseur [32] avec une faible rugosité de surface [24] évaluée à 2,8 µm +/- 10% par le système Mitutoyo SJ-210P (Fig. 31) [24]. Cette rugosité est identique sur l'ensemble des éléments de la lime [29].

Fig. 31 – Faible rugosité de surface [16].

Ce corps creux permet à la lime de s'adapter intimement au volume (3D) et à la forme du réseau canalaire radiculaire [24, 30, 32]. En effet, grâce à sa capacité de flexion le SAF suit les courbures canalaire longitudinales et il évolue selon la géométrie du canal (section transversale) grâce à ses propriétés de compression [24, 32]. Le SAF respecte l'anatomie initiale du canal : si le canal est rond la lime sera ronde et si le canal est aplati la lime le sera aussi [32].

La lime tend à regagner systématiquement ses dimensions initiales (Fig. 32) [24, 32]. Elle reste en contact intime avec les parois canalaire et exerce une abrasion homothétique circonférentielle de la dentine radiculaire sur une épaisseur de 70 à 100 µm [29, 42] à la

manière du papier de verre [29, 46]. La force développée sur les parois dentinaires radiculaires par la lime SAF décroît à mesure de l'augmentation du diamètre canalaire [29]. Après 30 minutes de fonctionnement, la lime a perdu 40% de son efficacité initiale [24].

La lime peut être compressée jusqu'à 0,25 mm avec une force de 300 grammes [24]. D'après De-Deus et al. en 2011, la lime peut s'étendre jusqu'à 2,4 mm dans le sens vestibulo-lingual/palatin et 0,2 mm dans le sens mésio-distal [13].

De plus, le diamètre apical en fin de préparation serait équivalent à celui obtenu avec une lime 40/10^{ème} [31, 42, 53].



Fig. 32 – Adaptation de la lime SAF [32].

Sa résistance à la torsion atteint 29,7 g/cm +/- 3,2 g/cm. Cette valeur correspond à 7 +/- 0,4 fois 360° avant que la lime se fracture. Ces valeurs sont significativement supérieures à la norme ISO3630-1 qui équivaut à une rotation de 360° soit 18 g/cm [24].

La première défaillance mécanique du SAF apparaît au bout de 29,1 +/- 1,2 minutes sur des simulateurs en résine en réalisant des mouvements de 10 mm d'amplitude. Il s'agit le plus souvent d'un détachement d'un brin (arche) sans fracture complète de la lime (Fig. 33) [24].



Fig. 33 – Détachement d'une arche [24].

La désinfection per opératoire avec de l'hypochlorite de sodium est autorisée par un système d'irrigation qui délivre la solution au sein de la lime SAF à un débit préalablement réglé à 5 mL/min en moyenne (débit de 1 à 10 mL/min). Il s'agit de la pompe péristaltique VATEA (Redent Nova) munie d'un réservoir (500 mL), d'une batterie rechargeable, d'un écran LCD et d'une pédale. La pompe est activée et désactivée par la pédale qui fait office d'interrupteur [29, 58]. Ces mouvements péristaltiques empêchent les éventuelles remontées de solutions d'irrigation pouvant être à l'origine de contaminations [58]. Elle est reliée à la bague tournante du SAF par l'intermédiaire d'une tubulure en silicone à usage unique (diamètre externe de 3,175 mm et diamètre interne de 1,587 mm). La tubulure est maintenue sur le contre-angle par un anneau en silicone (Fig.34) [24, 30, 32]. L'hypochlorite de sodium s'échappe de la lime par son extrémité et au travers du treillis en Nickel-Titane, il est renouvelé continuellement [24, 30, 32, 58].

L'EDTA peut remplacer le NaOCl en fin de mise en forme pour réaliser la séance de chélation.



Fig. 34 – Système d'irrigation [30].

La lime SAF se monte sur une tête de contre-angle spéciale. Elle empêche toute rotation de l'instrument lorsqu'il est en contact avec les parois canalaire radiculaires mais permet une rotation lente pour chaque mouvement de sortie de la lime [29, 46] :

- ✓ RDT3-NX compatible avec Dentsply X-smart/ EndoMate/ Endosequence [56],
- ✓ RDT3-NX NSK compatible avec NSK [56],
- ✓ RDT3 Kavo compatible avec Kavo [56].

La tête RDT3 transforme la rotation du moteur en un mouvement vertical oscillatoire d'une amplitude de 0,4 mm (0,2 mm dans chaque sens) à une fréquence de 83,3 Hz. Le moteur est réglé entre 3000 et 5000 tours/min et génère une vibration de 3000 à 5000 cycles/min [24, 30, 32].

Les vibrations occasionnées (activation sonique) potentialisent l'efficacité de la solution d'irrigation facilitant ainsi le nettoyage et le débridement de l'ensemble du réseau canalaire radiculaire [32].

II-1.2) Protocole d'utilisation [24, 30, 32, 57]

Les précautions classiques en endodontie sont appliquées avec la réalisation de deux clichés radiologiques préopératoires (centré et excentré), la mise en place d'un champ opératoire étanche et une cavité d'accès adaptée à la dent traitée.

Le cathétérisme est effectué avec des limes manuelles en acier de diamètre apical 8, 10 et 15/100^{ème} pour déterminer la longueur de travail (un préflaring est recommandé). Une fois la longueur de travail trouvée, une préparation canalaire jusqu'à la lime K20 est obligatoire afin de sécuriser la trajectoire de la lime SAF 1,5 mm de diamètre et jusqu'à la lime K30 pour le SAF 2 mm de diamètre [24, 30, 32].

Pour un traitement endodontique initial, nous avons le choix entre les deux diamètres disponibles de la lime SAF. Selon les fabricants, pour un diamètre apical compris entre 20 et 40/100^{ème} le SAF 1,5 mm convient et s'il est compris entre 35 et 45/100^{ème} nous devons opter pour le SAF 2 mm de diamètre. Lors d'un retraitement, le diamètre 2 mm est recommandé. La longueur de la lime est fonction de la longueur de travail [57].

Une fois le choix effectué, nous montons le SAF sur la tête du contre-angle RDT3 et nous raccordons l'ensemble au système d'irrigation VATEA préalablement rempli d'hypochlorite de sodium à 2,5% en moyenne et habituellement réglé avec un débit de 5 mL/min [57].

La lime SAF est insérée dans le canal en vibration sous irrigation continue pendant toute la durée de la mise en forme. La lime est délicatement accompagnée jusqu'à la longueur de travail en faisant des mouvements de va et vient. La lime effectue 2 cycles de 2 minutes soit 4 minutes par canal. Elle est examinée à la fin de chaque cycle. Pour terminer, de l'EDTA est déposé et activé par le SAF pendant 30 secondes puis un dernier rinçage avec de l'hypochlorite pendant 1 minute.

Si nous respectons ce protocole (variable selon les études), à la fin de la préparation chimio-mécanique, 30 mL d'hypochlorite de sodium et 2,5 mL d'EDTA ont été utilisés.

A aucun moment il ne faut forcer sur la lime SAF. S'il existe une résistance quelconque, il est nécessaire de l'éliminer avec des limes manuelles [32, 57].

II-1.3) Contre-indications

La lime SAF ne peut pas être utilisée si [57] :

- ✓ Une préparation préalable jusqu'à la lime K20 ou K30 selon le diamètre du SAF n'a pas été effectuée.
- ✓ La longueur de travail de la dent soignée dépasse 31 mm.
- ✓ Le diamètre initial du canal est supérieur à 45/100^{ème} sur l'ensemble de la longueur (inefficacité de la lime et risque de projection d'hypochlorite de sodium au delà de l'apex).

II-2) Principales publications relatives au Self-Adjusting File

Toutes ces études ont été faites sur des dents humaines lorsque rien n'est précisé ou sur des simulateurs en résine.

Avant chaque utilisation du SAF, une lime K20 au minimum (SAF de 1,5 mm de diamètre) ou K30 (SAF de 2 mm de diamètre) a travaillé à la longueur de travail.

Pour chaque sous-partie, les études sont classées chronologiquement.

II-2.1) Concept et caractéristiques:

The self-adjusting file (SAF). Part 1: respecting the root canal anatomy -- a new concept of endodontic files and its implementation[32].

Metzger Z, Teperovich E, Zary R, Cohen R, Hof R.

J Endod. 2010 Apr;36(4):679-90.

La lime auto-ajustable (SAF). Partie 1 : respect de l'anatomie canalaire -- un nouveau concept de limes endodontiques et sa mise en œuvre.

Objectif: Présenter un nouveau concept : la lime auto-ajustable (SAF).

Concept: Le SAF est une lime creuse constituée d'un maillage en Nickel-Titane légèrement abrasif qui s'adapte à la forme et au volume des canaux radiculaires grâce à sa capacité de compression.

Cette lime SAF est évidée ce qui lui permet de réaliser une irrigation continue avec un débit moyen de 5 mL/min (de 1 à 10 mL/min) tout au long de la procédure. L'irrigant de choix est activé par les vibrations de la lime et remplacé continuellement sans risque de dépassement au-delà du foramen apical.

Une seule lime est utilisée pour chaque traitement endodontique.

Les canaux sont préalablement préparés jusqu'à la longueur de travail avec une lime K20 pour un SAF de 1,5 mm de diamètre et K30 pour un SAF de 2 mm de diamètre.

Le SAF est introduit en vibration (3000 à 5000 vibrations par minute) dans le canal et atteint délicatement la longueur de travail en faisant des mouvements de va et vient d'amplitude 0,4 mm pendant 2 cycles de 2 minutes par canal (soit 4 minutes par canal).

La lime exerce une pression sur les parois canalaires pour essayer de regagner son diamètre initial. Cette force centrifuge élimine une épaisseur uniforme de dentine (60 à 70 µm) en conservant la forme originelle du canal et en diminuant son redressement en comparaison aux limes classiques de rotation continue.

Aucune projection de solution d'irrigation au delà de l'apex n'a été rapportée.

La défaillance typiquement observée est le détachement d'un brin ou d'une arche du treillage et non la fracture souvent rencontrée avec des instruments de rotation continue classiques en Nickel-Titane.

Les résultats obtenus révèlent un nettoyage efficace même dans le tiers apical.

Conclusion: Le SAF représente une innovation dans le monde de l'endodontie et contourne quelques limitations attribuées aux limes de rotation continue classiques en Nickel-Titane.

The self-adjusting file (SAF). Part 2: mechanical analysis [24].

Hof R, Perevalov V, Eltanani M, Zary R, Metzger Z.

J Endod. 2010 Apr;36(4):691-6.

La lime auto-ajustable (SAF). Partie 2 : analyse mécanique.

Objectif: Evaluer les propriétés mécaniques du SAF et ses applications sur des canaux radiculaires sous irrigation continue.

Matériels et Méthodes: La compressibilité et la force circonférentielle développées par le SAF sont évaluées grâce à des systèmes de mesure spécialement conçus pour l'étude de cette lime.

La capacité d'abrasion du SAF est testée sur des blocs de dentine reproduisant des canaux radiculaires aplatis.

La résistance de la lime est examinée sous différents angles : fatigue cyclique, fonctionnelle...

L'altération du SAF est évaluée en comparant l'efficacité de limes qui ont préalablement servi pendant 10, 20 ou 30 minutes à celle de limes neuves.

Le risque de dépassement d'irrigant au-delà de l'apex est exploré sur des racines dont l'apex est ouvert.

Résultats: La lime de 1,5 mm de diamètre peut prendre des dimensions similaires à celles des limes manuelles K20 en acier inoxydable. Cette compression est le résultat de la force exercée par les parois canalaire contre le SAF.

Les vibrations de la lime, la force périphérique qu'exerce le maillage en Nickel-Titane contre les parois et sa capacité d'abrasion (rugosité de surface = $2,8 \mu\text{m} \pm 10\%$) éliminent une couche homogène de tissu dur. C'est au cours des 2 premières minutes du protocole qu'une majorité de dentine est éliminée. Ainsi, après 30 minutes de fonctionnement, la lime a perdu 40% de son efficacité initiale.

En respectant les conditions d'expérimentation, la première défaillance (détachement d'un brin) de la lime est survenue après 29,1 ($\pm 1,2$) minutes de fonctionnement et il n'y a pas eu de fracture franche du SAF.

Aucun dépassement de solution d'irrigation au-delà de l'apex n'a pu être constaté.

Conclusion: Le SAF est une lime compressible qui élimine une couche de dentine homogène et qui, en respectant le protocole perd très peu de son efficacité.

Deformation of the self-adjusting file on simulated curved root canals: a time-dependent study [4].

Akçay I, Yiğit-Özer S, Adigüzel Ö, Kaya S.

Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2011 Nov;112(5):e12-7.

Déformation du SAF dans des canaux radiculaires courbés de simulateurs : une étude temps-dépendent.

Objectif: Etudier les modifications de l'état de surface du SAF après la mise en forme de canaux courbes artificiels.

Matériels et Méthodes: Des canaux artificiels sont fabriqués avec un rayon de courbure de 5mm et un angle de courbure de 45° ou de 60°.

40 SAF sont divisés en 2 groupes et ils sont soumis à un test de fatigue jusqu'à la fracture.

20 SAF sont testés sur une courbure à 45° et 20 SAF avec une courbure à 60°. Chaque instrument est inspecté 7 fois : à 2, 6, 10, 14, 18, 22 et 26 minutes.

L'usure des instruments est définie en microscopie électronique.

Résultats: La première défaillance (détachement d'un brin Fig. 33) du SAF survient pour les 2 groupes dans la deuxième période d'essai (entre 2 et 6 minutes). La prévalence des détachements de brins augmente au fur et à mesure de l'expérience.

Ces détachements de brins sont plus nombreux pour la troisième et la quatrième période lorsque la courbure est de 60° en comparaison aux canaux courbés à 45°.

Nous ne constatons pas de réelle différence entre les deux groupes pour la première, la deuxième, la cinquième et la sixième période.

Le détachement d'un brin s'est fait au niveau d'un unique site de l'instrument et dans les 2 groupes au cours de la troisième période.

La « *creeping motion* » est plus évidente sur les SAF qui ont préparé les canaux avec une courbure de 60°.

Les détachements de brins sont observés sur l'ensemble des SAF à la fin de la dernière période mais aucune séparation franche (fracture) n'a été mise en évidence. De plus, la surface légèrement rugueuse du treillage devient lisse.

Conclusion: Sur les dents pluriradiculées avec des canaux courbes, l'utilisation de plusieurs SAF peut être recommandée afin de prévenir une éventuelle défaillance.

II-2.2) La préparation chimio-mécanique:

The self-adjusting file (SAF). Part 3: removal of debris and smear layer. A scanning electron microscope study [30].

Metzger Z, Teperovich E, Cohen R, Zary R, Paqué F, Hülsmann M.

J Endod. 2010 Apr;36(4):697-702.

La Lime Auto-Ajustable (SAF). Partie 3 : élimination des débris et de la boue dentinaire. Une étude en microscopie électronique.

Objectif: Evaluer la capacité d'élimination des débris et de la boue dentinaire du SAF.

Matériels et Méthodes: 20 canaux radiculaires sont préparés avec le SAF sous irrigation continue pendant 4 minutes. Ils ont été préalablement mis en forme jusqu'à la longueur de travail avec une lime manuelle K20.

De l'hypochlorite de sodium à 3% (NaOCl) et de l'acide éthylène diamine tétraacétique à 17% (EDTA) sont utilisés continuellement pendant 4 min en alternance : 1 minute chacun. Puis, un rinçage avec de l'EDTA à 17% est réalisé pendant 30 secondes avec la lime SAF sans qu'elle ne soit activée et pour terminer, un rinçage final avec du NaOCl à 3%.

Ensuite, les racines sont sectionnées longitudinalement et examinées en microscopie électronique à balayage ($\times 200$ et $\times 1000$).

La présence de débris et de boue dentinaire dans les tiers coronaire, moyen et apical du canal est évaluée en analysant les images obtenues avec le microscope électronique.

Selon la quantité détectée de débris ou de smear layer, les images des tiers radiculaires sont classées de 1 à 5. Les scores 1 et 2 signifient que les « parois canalaire sont propres » et les scores 3, 4 et 5 correspondent à la « présence de débris ».

Résultats: L'utilisation du SAF sous irrigation continue en alternant le NaOCl 3% et l'EDTA 17% permet d'obtenir des parois canalaire exempt de débris (scores 1 et 2 = propres) sur toute la longueur de la racine pour 100% des échantillons testés.

Ces résultats diffèrent un peu pour la présence de boue dentinaire. En effet, le tiers coronaire est considéré « propre » dans 100% des cas mais le tiers moyen dans 80% des cas et le tiers apical dans 65% des cas.

Conclusion: La préparation canalaire avec le SAF sous irrigation continue en alternant le NaOCl 3% et l'EDTA 17% permet un nettoyage efficace de l'ensemble des parois canalaire et élimine pratiquement toute la smear layer.

Root canal preparation with a novel nickel-titanium instrument evaluated with micro-computed tomography: canal surface preparation over time [42].

Peters OA, Boessler C, Paqué F.

J Endod. 2010 Jun;36(6):1068-72.

Evaluation par micro-CT de la préparation canalaire d'un nouvel instrument en Nickel-Titane: préparation de la surface canalaire en fonction du temps.

Objectif: Décrire à l'aide d'un micro-CT la capacité du SAF à éliminer la dentine.

Matériels et Méthodes: 20 incisives maxillaires sont scannées avec une résolution de 20 μm en pré opératoire et en post opératoire après leur préparation canalaire faite avec un SAF de 1,5 mm ou 2 mm de diamètre pendant 6 minutes. Le SAF est utilisé sous irrigation continue et est animé d'un mouvement oscillatoire de va et vient.

Les changements de volumes canaux sont comparés aux valeurs pré opératoires et les surfaces canales non instrumentées sont déterminées. Les données sont ensuite réparties et comparées aux analyses de variance et de régression.

Résultats: En pré opératoire, les volumes canaux sont similaires dans les 2 groupes (9,86 $\pm$ 3,97 mm^3 et 9,80 $\pm$ 2,67 mm^3).

Les volumes canaux finaux sont de 13,58 $\pm$ 3,85 mm^3 après 6 minutes de préparation avec un SAF de 1,5 mm de diamètre et de 16,43 $\pm$ 3,64 mm^3 après 5 minutes de mise en forme avec un SAF de 2 mm de diamètre.

Une couche de dentine homogène est retirée sur la majorité du périmètre canalaire sans atteindre une épaisseur de 200 μm .

Les surfaces canales non instrumentées diminuent de 63% $\pm$ 15,1% lorsqu'elles sont préparées pendant 2 minutes avec un SAF de 1,5 mm de diamètre à 8,6% $\pm$ 4,1% après 5 minutes avec un SAF de 2 mm.

Conclusion: La préparation de canaux droits et fins présents dans les incisives maxillaires par le SAF ne laisse qu'une petite partie des parois canales non instrumentées. Le choix du diamètre du SAF est fonction du diamètre initial du canal et de la quantité que nous souhaitons éliminer.

The quality of root canal preparation and root canal obturation in canals treated with rotary versus self-adjusting files: a three-dimensional micro-computed tomographic study [31].

Metzger Z, Zary R, Cohen R, Teperovich E, Paqué F

J Endod. 2010 Sep;36(9):1569-73.

La qualité de la préparation canalaire et de l'obturation canalaire de canaux traités avec les instruments en rotation continue versus le SAF : une étude tridimensionnelle au micro-CT.

Objectif: Evaluer quantitativement avec l'aide du micro-CT la qualité de la préparation canalaire ainsi que celle de l'obturation canalaire des canaux mis en forme soit par ProTaper soit par le SAF.

Matériels et Méthodes: 20 racines ont été sélectionnées : 2 racines mésiales de molaires mandibulaires, 2 racines distales de molaires mandibulaires, 6 prémolaires, 8 incisives et 2 canines. Ces racines sont équitablement réparties en 2 groupes de 10 canaux radiculaires dont un est préparé avec le ProTaper (S1, S2, F1, F2, F3 ; 5 mL de NaOCl 3% entre chaque instrument puis 5 mL d'EDTA 17% et un dernier rinçage avec 5 mL de NaOCl) et l'autre avec le SAF (les 3 premières minutes avec NaOCl 3% puis la dernière minute avec de l'EDTA 17% et pour terminer 5 mL de NaOCl 3%) en respectant les instructions du fabricant.

Chaque canal radiculaire est scanné à 70 kV et 114 μ A avant d'être préparé, après la mise en forme et après l'obturation (compaction latérale et un ciment AH26) avec un micro-CT dont la résolution est de 18 μ m afin d'effectuer des comparaisons.

La corrélation entre ces 2 paramètres (les zones non affectées par la préparation canalaire et les zones non obturées) à l'intérieur des 2 groupes est étudiée.

Résultats: Un fort pourcentage de parois canalaires non instrumentées : 60% +/- 14% et de zones non obturées : 45% +/- 15% résulte d'une préparation faite par le ProTaper.

Ces mêmes paramètres sont nettement moins élevés pour les canaux traités avec le SAF : 17% +/- 9% et 17% +/- 11% respectivement.

Conclusion: Dans les limites de cette étude, le SAF montre un meilleur nettoyage, une préparation canalaire supérieure et une adaptation plus intime de l'obturation canalaire en comparaison avec les résultats obtenus avec le ProTaper.

Ability of chemomechanical preparation with either rotary instruments or self-adjusting file to disinfect oval-shaped root canals [48].

Siqueira JF Jr, Alves FR, Almeida BM, de Oliveira JC, Rôças IN.

J Endod. 2010 Nov;36(11):1860-5.

La capacité de la préparation chimio-mécanique avec les instruments rotatifs ou le SAF pour désinfecter les canaux radiculaires ovales.

Objectif: Comparer la capacité du SAF et celle de BioRaCe pour éliminer *Enterococcus faecalis* présente dans des canaux « longs-ovales » de dents extraites. L'objectif secondaire est l'évaluation de la capacité de modification de l'échantillonnage pour mettre en évidence les bactéries situées dans les anfractuosités des canaux ovales.

Matériels et Méthodes: Les canaux « longs-ovales » des incisives mandibulaires et des secondes prémolaires maxillaires sont infectés avec *E.faecalis* (ATCC 29212) pendant 30 jours. Ces canaux sont ensuite répartis aléatoirement dans 2 groupes expérimentaux.

Dans le groupe 1, les canaux sont préparés avec le BioRaCe de BR2 (25/04) à BR5 (40/04) et irrigués avec 15 mL de NaOCl 2,5% et 5 mL d'EDTA 17% grâce à des seringues de 5 mL et des aiguilles NaviTip de 30-G (10,7 minutes).

Dans le groupe 2, les canaux sont préparés avec le SAF pendant 5 minutes. Les 2 premières minutes l'irrigant utilisé est du NaOCl 2,5% puis 1 minute d'EDTA 17% et les 2 dernières minutes avec du NaOCl 2,5%. Au total, 20 mL de NaOCl par canal (5,8 minutes).

Des échantillons bactériologiques sont prélevés avant (S1) et après la préparation (S2a et S2b).

Résultats: La réduction du nombre de populations bactériennes est très significative dans les 2 groupes. Mais, la préparation de canaux « longs-ovales » avec le SAF est significativement plus efficace qu'avec le BioRaCe ; elle élimine significativement plus de colonies d'*E.faecalis*.

La fréquence de cultures positives dans les échantillons S2ab est de 11/20 soit 55% pour le BioRaCe et 4/20 soit 20% pour le SAF.

Les échantillons S2b (méthode modifiée : 12/40) montrent un nombre plus important d'échantillons positifs par rapport aux échantillons S2a (5/40) mais cette différence n'a pas de signification statistique.

Conclusion: *In vitro*, le SAF est significativement plus efficace que le BioRaCe pour désinfecter les canaux « longs-ovales ».

Root canal preparation of maxillary molars with the self-adjusting file: a micro-computed tomography study [44].

Peters OA, Paqué F.

J Endod. 2011 Jan;37(1):53-7.

Préparation canalaire de molaires maxillaires avec le SAF : une étude au micro-CT.

Objectif: Décrire les propriétés de mise en forme d'un nouvel instrument en Nickel-Titane : le SAF, sur des molaires maxillaires.

Matériels et Méthodes: Les 20 molaires maxillaires sont scannées grâce à un micro-CT dont la résolution est de 20 μm .

Les canaux sont préparés avec un SAF de 1,5 mm de diamètre pendant 4 minutes avec une irrigation continue de NaOCl 3%.

Les changements de volume canalaire, de surface et de forme géométrique sont comparés aux valeurs pré opératoires.

Le déplacement de l'axe canalaire et la portion de surface canalaire non préparée sont déterminés.

Résultats: En pré opératoire, le volume canalaire moyen est de 2,88 +/- 1,32 mm³ pour le canal vestibulo-mésial, de 1,50 +/- 0,99 mm³ pour le canal vestibulo-distal et de 4,30 +/- 1,89 mm³ pour le canal palatin. Ces valeurs sont statistiquement similaires aux études précédentes réalisées avec un protocole identique.

Les volumes et les surfaces ont augmenté de 2,87 +/- 1,14 mm³ pour le vestibulo-mésial, de 2,00 +/- 0,53 mm³ pour le vestibulo-distal et enfin de 2,20 +/- 0,71 mm³ pour le canal palatin.

En moyenne, le canal s'est déplacé pour les tiers moyen et apical dans une fourchette comprise entre 31 et 89 μm mais cette fourchette augmente pour le tiers coronaire et le déplacement canalaire peut aller jusqu'à 149 μm .

Les surfaces non instrumentées ont été mesurées : pour le canal vestibulo-mésial elles représentent 25,8% +/- 12,4%, pour le canal vestibulo-distal 22,1% +/- 12% et pour le canal palatin 25,2% +/- 11,3%.

Au cours de cette étude, aucune fracture instrumentale n'a été rapportée.

Conclusion: En utilisant le SAF *in vitro*, les canaux des molaires maxillaires sont préparés de façon homogène et circonférentielle avec un léger déplacement canalaire.

Micro-computed tomography evaluation of the preparation of long oval root canals in mandibular molars with the self-adjusting file [36].

Paqué F, Peters OA.

J Endod. 2011 Apr;37(4):517-21.

Evaluation au micro-CT de la préparation de canaux « longs-ovales » mandibulaires avec le SAF.

Objectif: Apprécier le potentiel de mise en forme du SAF dans les canaux « longs-ovales » distaux des molaires mandibulaires.

Matériels et Méthodes: 20 molaires mandibulaires avec des canaux « longs-ovales » distaux sont sélectionnées. Elles sont scannées en pré opératoire et en post opératoire avec un micro-CT dont la résolution est de 20 μm .

Les canaux sont mis en forme avec un SAF de 1,5 mm de diamètre pendant 4 minutes (par canal) avec une irrigation continue de NaOCl 3% dont le débit moyen est 5 mL/min.

Les images scannées (avant et après la mise en forme) permettent de reconstruire en trois dimensions les canaux afin d'évaluer le volume canalaire, la surface, le déplacement du canal et les zones préparées.

Résultats: Avant la préparation canalaire (en préopératoire), le volume canalaire moyen de ces canaux est de $7,73 \pm 2,13 \text{ mm}^3$ et sa surface moyenne de $42,83 \pm 8,14 \text{ mm}^2$.

Le volume moyen a augmenté de $4,84 \pm 1,73 \text{ mm}^3$ après le passage du SAF et la surface moyenne de $3,34 \pm 1,73 \text{ mm}^2$.

Le pourcentage de zones non préparées s'élève en moyenne à $23,4\% \pm 8,9\%$. Mais ce résultat est quasiment doublé pour les 4 derniers millimètres apicaux : $40,1\% \pm 13,4\%$. Notons que le pourcentage de surface canalaire mise en forme est significativement supérieur à celui obtenu par des instruments classiques de rotation continue présenté lors de précédentes études.

Le déplacement canalaire est plus important au niveau du tiers coronaire avec $106 \pm 50 \mu\text{m}$ par rapport au tiers apical où il est en moyenne de $81 \pm 49 \mu\text{m}$.

Au cours de cette étude, aucune fracture instrumentale n'a été reportée.

Conclusion: *In vitro*, la préparation de canaux « longs-ovales » de molaires mandibulaires avec le SAF est efficace et sans danger. De plus, la préparation réalisée avec le SAF est plus complète en comparaison avec celle obtenue avec des instruments de rotation continue classiques.

The self-adjusting file optimizes debridement quality in oval-shaped root canals [13].

De-Deus G, Souza EM, Barino B, Maia J, Zamolyi RQ, Reis C, Kfir A.

J Endod. 2011 May;37(5):701-5.

Le SAF optimise la qualité du débridement dans les canaux radiculaires ovales.

Objectif: Evaluer la qualité du nettoyage obtenu par le SAF dans des canaux ovales et la comparer avec celle des instruments en Nickel-Titane classiquement utilisés en rotation continue (ProTaper).

Matériels et Méthodes: 24 canines mandibulaires ayant un canal ovale dont la pulpe était vivante avant l'avulsion sont réparties équitablement dans deux groupes (n=12).

Tous les canaux sélectionnés ont un diamètre vestibulo-lingual 2,5 fois plus grand que leur diamètre mésio-distal. Ce critère sélectif est issu de mesures effectuées sur des radiographies.

Le groupe ProTaper respecte un protocole : Sx, S1, S2, F1, F2 avec 1 mL de NaOCl 5,25% entre chaque passage instrumental, suivit de 3 mL d'EDTA 17% pendant 3 minutes et un rinçage final avec de l'eau bi-distillée pendant 3 minutes.

Le groupe SAF respecte aussi un protocole : utilisation d'un SAF de 1,5 mm de diamètre (K20) pendant 4 minutes avec une irrigation continue au NaOCl 5,25% avec un débit de 4 mL/min. Puis une irrigation avec 3 mL d'EDTA 17% pendant 3 minutes et enfin un rinçage final avec 3 mL d'eau bi-distillée pendant 3 minutes.

Les racines préparées ont subi des coupes histologiques de 0,6 µm d'épaisseur tous les 0,5 mm depuis le premier jusqu'au cinquième millimètre apical.

Une évaluation morphométrique est effectuée sur ces coupes afin de déterminer le pourcentage de tissu pulpaire restant sur les parois canalaires.

Résultats: Le tissu pulpaire résiduel est essentiellement retrouvé dans les extensions canalaires vestibulaires ou linguales non instrumentées.

Les résultats obtenus montrent une différence significative entre les deux groupes : les résidus de pulpe représentent 21,4% après la préparation effectuée avec le ProTaper et 9,3% après le SAF (Fig.35).

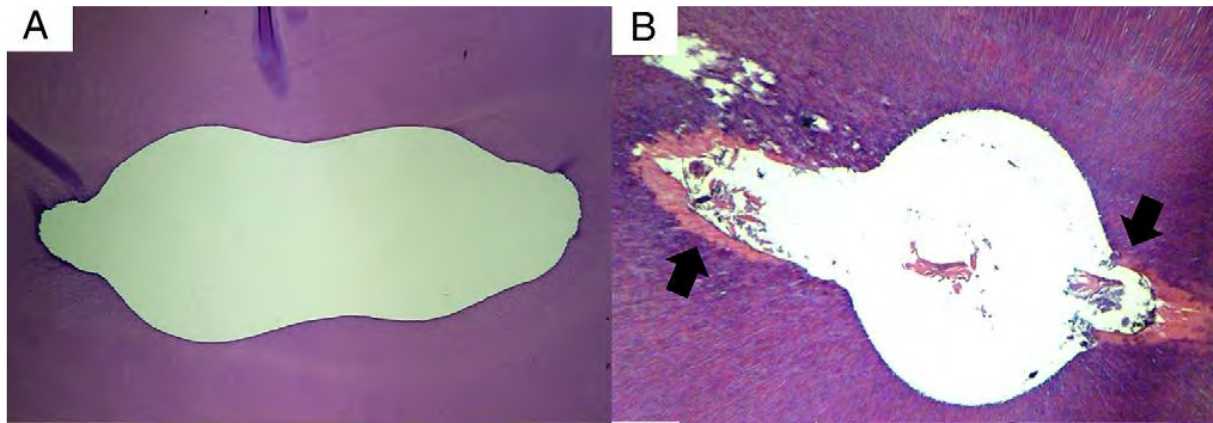


Fig. 35 – (A) Mise en forme canalaire avec le SAF. L'espace canalaire est dépourvu de tissu pulpaire. (B) Une dent dont la morphologie canalaire est similaire à (A) et préparée avec le ProTaper Universal. Les flèches indiquent la présence de tissu pulpaire localisé au niveau des extensions vestibulaire et linguale [13].

Conclusion: Le SAF est plus efficace que le ProTaper pour mettre en forme des canaux ovales. En effet, il accède aux extensions vestibulaires ou linguales plus facilement.

Flat-oval root canal preparation with self-adjusting file instrument: a micro-computed tomography study [53].

Versiani MA, Pécora JD, de Sousa-Neto MD.

J Endod. 2011 Jul;37(7):1002-7.

Préparation de canaux radiculaires aplatis avec le SAF : une étude au micro-CT.

Objectif: Evaluer grâce à une analyse au micro-CT la préparation de canaux radiculaires aplatis obtenue avec le SAF.

Matériels et Méthodes: 40 incisives mandibulaires sont réparties en deux groupes égaux (n=20) et sont scannées par un micro-CT avec une résolution de 19,7 µm (20-50 kV/40W/800 µA) avant et après leur mise en forme.

Le groupe A est préparé avec le SAF de 1,5 mm de diamètre pendant 4 minutes et avec une irrigation continue de NaOCl 2,5% à un débit de 5 mL/min. Rinçage final avec 5 mL d'une solution saline.

Le groupe B est préparé avec un instrument classique de rotation continue en Nickel-Titane (K3). Entre chaque passage instrumental, une irrigation passive ultrasonique est effectuée avec une lime K20 pendant 10 secondes à la longueur de travail. Au total, chaque canal reçoit 20 mL de NaOCl 2,5%. Rinçage final avec 5 mL d'une solution saline.

Les changements de volume canalaire, de surface et de géométrie sont comparés aux données pré opératoires.

Résultats: Evaluation quantitative en 2D : il n'y a pas de différence significative entre les 2 groupes.

Evaluation quantitative en 3D : il n'y a pas de différence significative entre les 2 groupes pour les tiers moyen et apical. En revanche, pour le tiers coronaire les trois paramètres étudiés sont significativement meilleurs avec le SAF. Le pourcentage de parois canalaires préparées, l'augmentation du volume canalaire et l'augmentation de la surface représentent respectivement pour le SAF : 92%, 1,44 +/- 0,49 mm³ et 0,40 +/- 0,14 mm² et pour le K3 : 62%, 0,81 +/- 0,45 mm³ et 0,23 +/- 0,15 mm².

Evaluation qualitative : le SAF élimine une couche uniforme de dentine sur l'ensemble du périmètre du canal, la préparation est plus homogène.

Conclusion: Pour le tiers coronaire, le pourcentage de préparation, le volume et la surface sont significativement supérieurs avec le SAF.

Il permet de mettre en forme les canaux de manière homogène et en fin de préparation, le diamètre apical correspond à une lime ISO 40.

Time-dependent antibacterial effects of the self-adjusting file used with two sodium hypochlorite concentrations [5].

Alves FR, Almeida BM, Neves MA, Rôças IN, Siqueira JF Jr.

J Endod. 2011 Oct;37(10):1451-5.

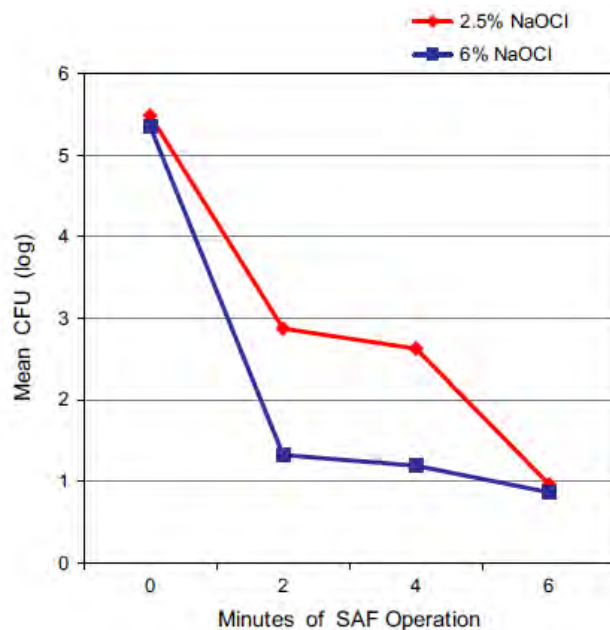
L'effet antibactérien du SAF en fonction du temps avec 2 concentrations d'hypochlorite de sodium.

Objectif: Evaluer *in vitro* la capacité du SAF en fonction du temps utilisé avec deux concentrations de NaOCl pour réduire les populations bactériennes dans les canaux « longs-ovales ».

Matériels et Méthodes: Les canaux ovales des dents extraites sont infectés par *Enterococcus faecalis* pendant 30 jours et sont ensuite préparés avec le SAF sous irrigation continue avec NaOCl 2,5% (n=11) pour le premier groupe ou NaOCl 6% pour le second groupe (n=11).

Des échantillons bactériologiques sont prélevés en pré opératoire et après 2, 4 et 6 minutes de préparation avec le SAF dans les deux groupes.

Résultats: La colonisation par *E.faecalis* a fonctionné dans tous les canaux de façon homogène (analyse par PCR).



Les analyses quantitatives intragroupes révèlent qu'après 2, 4 et 6 minutes de préparation avec le SAF, nous assistons à une diminution significative des colonies bactériennes et ce, quelque soit la concentration de NaOCl utilisée (Fig. 36).

Il n'y a pas de différence significative intragroupe entre les différents temps d'action.

Fig. 36 – Graphique illustrant la diminution des colonies bactériennes selon la concentration du NaOCl [5].

Dans le groupe NaOCl 2,5% : après 2 minutes de préparation, 6 canaux sur 11 présentent des bactéries ; après 4 minutes encore 5 canaux et au bout de 6 minutes, seulement 2 canaux.

Dans le groupe NaOCl 6% : après 2 minutes de préparation, 4 canaux sur 11 présentent des bactéries ; après 4 minutes seulement 2 canaux et enfin 1 seul canal au bout des 6 minutes.

De même, cette étude ne montre pas de différence significative intergroupe.

Conclusion: Quelque soit la concentration de NaOCl utilisée (2,5% ou 6%) et seulement après 2 minutes de mise en forme avec le SAF, nous assistons à une diminution significative des populations d'*E.faecalis*. Les meilleurs résultats apparaissent lorsque le temps d'action du SAF est de 6 minutes.

Le SAF, possède un potentiel significatif pour favoriser la désinfection canalaire en une séance.

Evaluation of radicular dentin erosion and smear layer removal capacity of self-adjusting file using different concentrations of sodium hypochlorite as an initial irrigant [25].

Kaya S, Yiğit-Özer S, Adigüzel Ö.

Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2011 Oct;112(4):524-30.

Evaluation de l'érosion radiculaire et de la capacité à éliminer la boue dentinaire par le SAF en utilisant différentes concentrations d'hypochlorite de sodium comme irrigant initial.

Objectif: Evaluer la capacité du SAF pour éliminer la boue dentinaire et l'impact de trois concentrations différentes de NaOCl associé avec de l'EDTA 1% sur la surface dentinaire. Examiner l'effet érosif de ces modes d'irrigation.

Matériels et Méthodes: Le SAF sous irrigation continue (5 mL/min) est utilisé pour mettre en forme 30 incisives mandibulaires (n=10) dont le foramen apical a été scellé.

Le SAF prépare chaque canal pendant 5 minutes. Au cours des trois premières minutes, l'irrigant de choix est le NaOCl 1,3% ou 2,6% ou 5,25% puis une minute d'EDTA 1%, ensuite 1 minute de NaOCl 1,3% ou 2,6% ou 5,25% selon le groupe et pour terminer un rinçage final avec de l'eau distillée. Au total, chaque canal reçoit 20 mL de NaOCl et 5 mL d'EDTA.

Les racines sont sectionnées longitudinalement et soumises à une analyse au microscope électronique.

La quantité de boue dentinaire est relevée et classée de 1 (absence de smear layer) à 5 (smear layer sur toute la longueur radiculaire). Les scores 1 et 2 correspondent à un « canal propre » et les scores 3, 4, et 5 « la boue dentinaire n'est pas éliminée ».

La quantité d'érosion est elle aussi classifiée : 1 (absence d'érosion), 2 (érosion modérée) et 3 (érosion sévère).

Résultats: Lorsque le NaOCl est employé seul, la boue dentinaire est présente sur toute la longueur canalaire.

Il n'y a pas de différence significative dans l'élimination de la boue dentinaire entre les différentes concentrations de NaOCl.

Les scores 1 et 2 (canal propre) représentent pour le tiers apical 80% avec du NaOCl 1,3%, 70% avec du NaOCl 2,6% et 5,25%.

Les concentrations de NaOCl égales à 1,3% et 2,6% révèlent des schémas d'érosion similaires sans différence significative. En effet, aucune de ces concentrations (1,3% ou 2,6%) ne provoque de sévères érosions.

Les résultats sont très différents pour le NaOCl 5,25% qui pour plus de la moitié des canaux traités montrent des érosions sévères (60% des échantillons irrigués avec NaOCl 5,25% présentent des scores de 3 alors qu'il n'y en a aucun pour les 2 précédents groupes).

Conclusion: Le SAF est efficace (même pour le tiers apical) pour éliminer la smear layer sans créer de grosses érosions lorsqu'il est employé avec des concentrations de NaOCl et d'EDTA faibles.

Effectiveness of ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) and MTAD on debris and smear layer removal using a self-adjusting file [3].

Adigüzel Ö, Yiğit-Özer S, Kaya S, Uysal İ, Ganidağlı-Ayaz S, Akkuş Z.

Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2011 Dec;112(6):803-8.

Efficacité de l'acide éthylène diamine tétraacétique (EDTA) et du MTAD sur l'élimination des débris et de la boue dentinaire en utilisant le SAF.

Objectif: Explorer l'efficacité de l'acide éthylène diamine tétraacétique (EDTA 17%) ou du MTAD sur l'élimination des débris tissulaires et de la boue dentinaire en utilisant le SAF dans un système clos.

Matériels et Méthodes: 45 incisives maxillaires sont réparties en 2 groupes de 20 canaux chacun (ayant un diamètre proche) et un groupe contrôle de 5 canaux.

Chaque groupe a comme irrigant initial du NaOCl 1,3% pendant les deux premières minutes de la préparation. Lors des deux dernières minutes, l'irrigant des 2 groupes est différent : il s'agit soit de l'EDTA 17% ou du MTAD.

Le groupe contrôle : est uniquement irrigué pendant 4 minutes avec du NaOCl 1,3%.

Le groupe EDTA : les deux premières minutes SAF+NaOCl 1,3% et les deux dernières SAF+EDTA 17% à un débit de 5 mL/min.

Le groupe MTAD : les deux premières minutes SAF+NaOCl 1,3% et les deux dernières SAF+MTAD à un débit de 5 mL/min.

Un dernier rinçage avec 10 mL d'eau distillée est effectué dans les 2 groupes grâce à une aiguille de 30G.

Chaque racine est découpée longitudinalement et soumise à une analyse en microscopie électronique avec un grossissement $\times 200$ ou $\times 2000$. La présence de smear layer et de débris tissulaires dans le tiers coronaire, moyen et apical est classée grâce à un système de score gradué de 1 à 5. Les scores 1 et 2 signifient que « les parois canalaire sont propres » et les scores 3, 4 et 5 signifient « la présence de boue dentinaire et de débris tissulaires »

Résultats:

Le groupe contrôle : les parois canalaire sont totalement recouvertes de débris et de smear layer.

Le groupe EDTA : les canaux sont exempts de boue dentinaire dans 85% pour le tiers coronaire, 60% pour le tiers moyen et 50% pour le tiers apical. Les canaux sont exempts de débris dans 95%, 90% et 85% respectivement.

Le groupe MTAD : les canaux ne sont pas recouverts de boue dentinaire dans 85% pour le tiers coronaire, 70% pour le tiers moyen et 60% pour le tiers apical. Pour les débris, 95%, 90% et 95% respectivement.

Cette étude n'a pas montré de différence significative entre l'EDTA et le MTAD mais une inefficacité du NaOCl comme unique irrigant.

Conclusion: Le protocole d'utilisation du SAF est efficace pour le débridement de toutes les régions canalaire y compris pour le tiers apical.

Removal of debris and smear layer in curved root canals using self-adjusting file with different operation times – a scanning electron microscope study [59].

Yigit Özer S, Adigüzel Ö, Kaya S.

Int Dent Res 2011;1:1-6.

Elimination de la smear layer et des débris dans des canaux radiculaires courbes par le SAF avec différents temps opératoires – une étude en microscopie électronique.

Objectif: Evaluer la capacité de débridement du SAF lorsqu'il est utilisé dans des canaux courbes en respectant le temps opératoire recommandé par le fabricant.

Matériels et Méthodes: 30 canaux mésio-vestibulaires courbes (32 à 45°) de molaires maxillaires sont équitablement répartis en 3 groupes de 10 dents préalablement préparés jusqu'à la lime K20.

Pour les 3 groupes expérimentaux, le SAF est utilisé pendant 4 minutes sous irrigation continue de NaOCl 2,6% les trois premières minutes (15 mL) et d'EDTA 17% (5 mL) la dernière minute à un débit de 5 mL/min. Un rinçage final est effectué avec 5 mL de NaOCl puis avec de l'eau distillée.

Les canaux du groupe 1 (4 minutes) sont préparés grâce à 10 nouveaux SAF pendant 4 minutes, les canaux du groupe 2 (8 minutes) sont mis en forme avec ces mêmes SAF (qui ont déjà servi 4 minutes) pendant 4 minutes et les canaux du groupe 3 (12 minutes) sont également amplifiés avec ces SAF qui ont déjà servi pendant 8 minutes.

Les racines sont sectionnées longitudinalement en 2 parties pour examiner le tiers apical en microscopie électronique : $\times 2000$ pour évaluer la présence de boue dentinaire et $\times 200$ pour les débris. La présence de smear layer et de débris est évaluée séparément et un score de 1 à 5 leur est attribué. 1 et 2 correspondent à des « parois canalaire propres » et 3, 4 et 5 à la présence de débris et/ou de boue dentinaire .

Résultats: Pour les débris : tous les canaux sont « propres » en obtenant pour le groupe 1 : 90% de scores 1 et 2, 87% pour le groupe 2 et 74% pour le groupe 3. Il n'y a pas de différence significative entre les 3 groupes.

Pour la présence de smear layer : tous les canaux sont « propres ». 64% de scores 1 et 2 ont été totalisés pour le groupe 1, 61% pour le groupe 2 et 57% pour le groupe 3. Il n'y a pas de différence significative entre les 3 groupes.

Conclusion: Le SAF est efficace pendant les 12 minutes expérimentales pour éliminer les débris et la boue dentinaire situés au niveau du tiers apical de canaux courbes.

Efficacy of the self-adjusting file system on cleaning and shaping oval canals: a microbiological and microscopic evaluation [39].

Paranjpe A, de Gregorio C, Gonzalez AM, Gomez A, Silva Herzog D, Piña AA, Cohenca N.

J Endod. 2012 Feb;38(2):226-31.

Efficacité du SAF pour le nettoyage et la mise en forme de canaux ovales : une évaluation microbiologique et microscopique.

Objectif: Evaluer l'efficacité du SAF et du ProTaper dans l'élimination des débris, de la smear layer et des bactéries grâce à la microbiologie et la microscopie électronique à balayage.

Matériels et Méthodes: 50 prémolaires maxillaires avec un canal ovale dont le ratio entre le diamètre maximal (vestibulo-palatin) et minimal (mésio-distal) est 3-1 sont sélectionnées et inoculées par *Enterococcus faecalis* pendant 30 jours. Elles sont réparties en 4 groupes :

Le groupe 1 : n=20 ; Préparation avec ProTaper jusqu'à la lime F3. 5 mL de NaOCl 6% entre chaque passage instrumental (aiguille 30G à ouverture latérale positionnée à 2 mm de la longueur de travail) soit un total de 20 mL en 4 minutes de préparation.

Le groupe 2 : n=20 ; mise en forme avec le SAF pendant 4 minutes sous irrigation continue avec du NaOCl 6% à un débit de 5mL/min soit un total de 20 mL de solution.

Une séance de chélation est effectuée dans les 2 groupes : 3 mL de NaOCl 6% puis 3 mL d'EDTA 17% et enfin 3 mL de NaOCl 6% à 2 mm de la longueur de travail.

Le groupe contrôle positif : n=5 ; Préparation avec ProTaper jusqu'à la lime F3. 5 mL d'une solution saline stérile entre chaque passage instrumental (aiguille 30G à ouverture latérale positionnée à 2 mm de la longueur de travail) soit un total de 20 mL en 4 minutes de préparation.

Le groupe contrôle négatif : n=5 ; les dents de cet échantillon ne sont pas contaminées par *E.faecalis*. Préparation avec ProTaper jusqu'à la lime F3. 5 mL de NaOCl 6% entre chaque passage instrumental (aiguille 30G à ouverture latérale positionnée à 2 mm de la longueur de travail) soit un total de 20 mL en 4 minutes de préparation.

Des échantillons bactériologiques sont prélevés avant (S1) et après la mise en forme (S2a : prélèvement avec des pointes de papier et S2b : échantillons dentinaires). Toutes les racines sont découpées longitudinalement en 2 parties et analysées en microscopie électronique à balayage selon 3 évaluations à l'aveugle.

Résultats: Le groupe contrôle négatif : il est négatif pour S1, S2a et S2b.

Le groupe contrôle positif : il est positif pour S1, S2a et S2b.

Le groupe 1 : S1 est positif, les cultures sont négatives dans 40% (8/20) des cas pour S2a et 45% (9/20) pour S2b.

Le groupe 2 : S1 est positif, les cultures sont négatives dans 20% (4/20) des cas pour S2a et 15% (3/20) pour S2b.

Il n'y a pas de différence significative intergroupe pour S1. Nous notons une diminution statistique pour les 2 groupes expérimentaux (1 et 2) entre S1, S2a et S2b.

Pour S2a et S2b il existe une différence significative entre le groupe 1 et 2 mais les 2 types de préparations sont efficaces.

Les résultats en microscopie électronique à balayage confirment les conclusions microbiologiques.

Conclusion: La lime SAF ne permet pas de contrôler l'élargissement apical et par conséquent limite l'efficacité prévisible de la désinfection.

The challenge of C-shaped canal systems: a comparative study of the self-adjusting file and ProTaper [50].

Solomonov M, Paqué F, Fan B, Eilat Y, Berman LH.

J Endod. 2012 Feb;38(2):209-14.

Le défi des réseaux canaux en C : une étude comparative entre le SAF et ProTaper.

Objectif: Comparer l'efficacité du SAF à celle de ProTaper dans la mise en forme des canaux en C.

Matériels et Méthodes: 16 deuxième molaires mandibulaires et 4 deuxième molaires maxillaires avec des canaux en C (configurations C1, C2 et C3) sont issues d'une population chinoise. Chaque dent est analysée au micro-CT pour évaluer la morphologie canalaire afin de les répartir équitablement (en fonction de l'anatomie canalaire) dans 2 groupes expérimentaux de 10 dents.

Un groupe est mis en forme avec le SAF pendant 4 minutes : les 3 premières minutes avec une irrigation continue au NaOCl 3% suivit d'1 minute avec de l'EDTA 17%. Un dernier rinçage avec 5 mL de NaOCl 3% .

Le deuxième groupe est préparé avec le ProTaper : S1, S2, F1 et F2. 2 mL de NaOCl 3% sont utilisés après chaque passage instrumental. Puis l'opérateur effectue une séance de chélation avec de l'EDTA 17% et un dernier rinçage avec du NaOCl 3%.

Des images tridimensionnelles sont construites avec le micro-CT avant et après la préparation canalaire. La superposition avant et après mise en forme permet de calculer le pourcentage de zones canales non instrumentées par les limes pour chaque dent.

Résultats: Avec le SAF, 41% +/- 14% (de 21% à 70%) des parois canales ne sont pas atteintes en moyenne contre 66% +/- 6% (de 54% à 75%) avec le ProTaper. Cette différence est significative (Fig. 37).

Aucune fracture instrumentale n'a été comptabilisée.

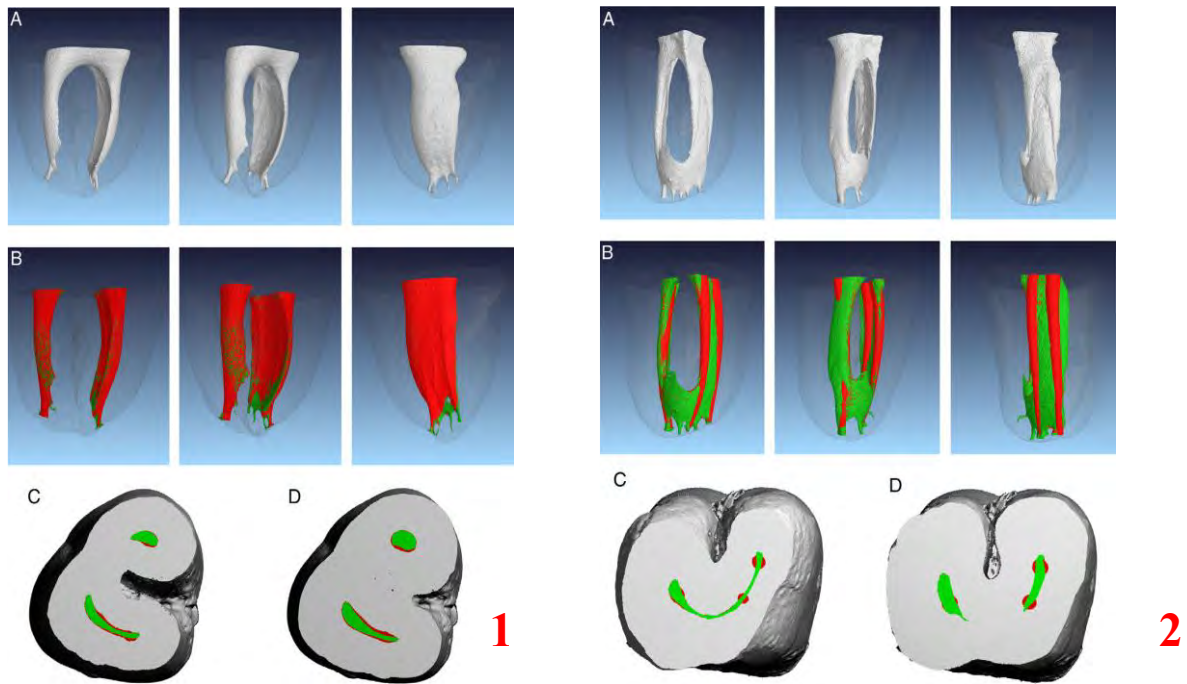


Fig. 37 – (1) : Mise en forme avec le SAF et **(2) :** Mise en forme avec ProTaper
 A : Anatomie canalaire préopératoire, B : Anatomie canalaire postopératoire avec en vert les zones non instrumentées, C et D : Coupes transversales à 4 et 6 mm de l'apex [50].

Conclusion: La lime SAF est plus efficace pour préparer les canaux en C par rapport au ProTaper.

Dental microcrack formation during root canal preparations by different NiTi rotary instruments and the self-adjusting file [60].

Yoldas O, Yilmaz S, Atakan G, Kuden C, Kasan Z.

J Endod. 2012 Feb;38(2):232-5.

La formation de microfissures dentinaires au cours des préparations canalaires effectuées par différents instruments rotatifs en NiTi et le SAF.

Objectif: Comparer la formation de microfissures en fonction des limes utilisées : les limes manuelles (HF), 4 types de limes rotatives en Nickel-Titane et le SAF.

Matériels et Méthodes: Les canaux mésiaux (au nombre de 2) de 140 premières molaires mandibulaires sans microfissure sont sélectionnés pour participer à cette étude. 20 dents pour chaque groupe : groupe contrôle (canaux non préparés), limes manuelles (HF), HERO Shaper (HS), Revo-S (RS), Twisted File (TF), ProTaper (PT) et SAF.

Les canaux sont préparés sous irrigation (pour les 4 systèmes en Nickel-Titane après chaque instrument et pour le SAF de façon continue à un débit de 3 mL/min) avec de l'hypochlorite de sodium 2,5%.

Les racines sont ensuite sectionnées transversalement à 3, 6 et 9 mm de l'apex puis examinées en microscope par 2 opérateurs différents. Au total nous recensons 60 coupes par groupe.

« Le défaut » est comptabilisé lorsqu'il y a la moindre ligne, microfissure ou fracture de la dentine radiculaire.

Résultats: Aucun défaut (microfissure) n'est mis en évidence pour les groupes contrôle, limes manuelles et SAF.

60% des canaux préparés avec HERO Shaper présentent des fissures, 44% avec Twisted File, 30% avec ProTaper dont 1 fracture complète radiculaire (Fig. 38) et 25% avec Revo-S.

Il existe une différence significative entre les groupes contrôle, limes manuelles, SAF et les 4 groupes avec des instruments rotatifs en Nickel-Titane. Par contre, il n'y a pas de différence significative entre les 4 instruments en Nickel-Titane.



Fig. 38 – (F) Préparation avec le SAF respectant les parois radiculaires [60].

Conclusion: Même si les études *in vitro* ne reflètent pas exactement la réalité clinique, nous pouvons conclure en disant que les instruments rotatifs en Nickel-Titane ont tendance à provoquer des dommages dentinaires variables (microfissures, fracture) au cours de la préparation chimio-mécanique.

D'un autre côté, les instruments manuels et le SAF présentent des résultats satisfaisants sans microfissures dentinaires.

Efficacy of irrigation systems on penetration of sodium hypochlorite to working length and to simulated uninstrumented areas in oval shaped root canals [11].

de Gregorio C, Paranjpe A, Garcia A, Navarrete N, Estevez R, Esplugues EO, Cohenca N.

Int Endod J. 2012 May;45(5):475-81.

Efficacité des systèmes d'irrigation sur la pénétration d'hypochlorite de sodium à la longueur de travail et au niveau des zones non instrumentées de canaux radiculaires ovales.

Objectif: Evaluer la capacité de pénétration du NaOCl délivré par le SAF dans les canaux latéraux et jusqu'à la longueur de travail.

Matériels et Méthodes: 70 dents monoradiculées avec un canal ovale et dont le foramen apical ne dépasse pas 30/100^{ème} sont sélectionnées et leur longueur de travail est standardisée à 18 mm.

Les canaux sont préparés pendant 5 minutes avec le SAF qui délivre au total 20 mL de NaOCl 5,25% et 5 mL d'EDTA 17%. Puis les foramens sont standardisés avec des limes manuelles 35/100.

420 canaux latéraux sont créés et les foramina sont recouverts de cire pour obtenir un système clos.

Ces 70 canaux préparés sont randomisés en 4 groupes expérimentaux et 1 groupe contrôle :

Groupe 1 : n=15 pression positive,

Groupe 2 : n=15 SAF sans mouvement de va et vient,

Groupe 3 : n=15 SAF avec mouvements de va et vient,

Groupe 4 : n=15 pression négative à l'apex (PNA) grâce au système EndoVac®

Groupe 5 : n=10 groupe contrôle.

Les échantillons sont évalués sur la capacité de la solution de contraste (90% de NaOCl 5,25% et 10% d'un marqueur) à atteindre la longueur de travail et à pénétrer 50% de la longueur des canaux latéraux.

Résultats: Les mouvements de va et vient réalisés dans le groupe 3 ont favorisé la pénétration de l'irrigant en comparaison avec le groupe 2 mais ce n'est pas suffisant pour arriver à la longueur de travail.

L'irriguant injecté avec une pression négative à l'apex (groupe 4) arrive jusqu'à la longueur de travail ce qui n'est pas le cas pour les autres groupes étudiés : la différence est significative.

Conclusion: Sur ces canaux artificiels, l'EndoVac® est le seul système qui irrigue constamment à la longueur de travail.

Par contre, aucun système d'irrigation testé ne permet la désinfection complète des canaux latéraux.

Hard-tissue debris accumulation created by conventional rotary versus self-adjusting file instrumentation in mesial root canal systems of mandibular molars [33].

Paqué F, Al-Jadaa A, Kfir A.

Int Endod J. 2012 May;45(5):413-8.

Accumulation de débris de tissus durs crée par les instruments de rotation continue conventionnels versus le SAF dans le réseau canalaire mésial des molaires mandibulaires.

Objectif: Evaluer l'accumulation de débris de tissus durs générés par le SAF dans les canaux mésiaux de molaires mandibulaires pour la comparer à celle obtenue avec le ProTaper.

Matériels et Méthodes: 40 molaires mandibulaires avec des canaux mésiaux qui se rejoignent à l'apex et qui possèdent des isthmes (entre les 2 canaux) sont réparties aléatoirement dans deux groupes égaux (n=20). Elles sont scannées pré opératoirement par un micro-CT de résolution 20 µm (70kV et 114µA).

Le groupe contrôle (n=20): mise en forme avec le ProTaper Sx, S1, S2 F1, F2 et F3 et irrigation avec 1 mL de NaOCl 3% après chaque passage instrumental avec une aiguille 30G.

Le groupe SAF (n=20): mise en forme avec le SAF pendant 4 minutes avec une irrigation continue de NaOCl 3% (débit 4 mL/min).

Les racines sont scannées et sont ensuite irriguées avec 5 mL d'EDTA 17% (chacun avec son système) pendant 2 minutes. Un dernier rinçage avec NaOCl 3% pour éliminer l'EDTA.

Les canaux sont scannés pour la troisième fois et analysés pour déterminer le pourcentage du réseau canalaire obturé par les débris tissulaires.

Résultats: Avant la séance de chélation, 10,1% du volume canalaire est recouvert par des débris tissulaires lorsque la mise en forme est faite avec ProTaper et ce pourcentage représente seulement 1,7% avec le SAF : cette différence est significative.

Ces valeurs diminuent significativement après l'irrigation à l'EDTA et sont de 7,9% avec le ProTaper et 1,3% avec le SAF.

Conclusion: La mise en forme avec le SAF élimine davantage de débris tissulaires en comparaison avec le ProTaper. La séance de chélation reste indispensable mais une partie des débris générés par la mise en forme n'est pas évacuée.

Self-adjusting file cleaning-shaping-irrigation system optimizes the filling of oval-shaped canals with thermoplasticized gutta-percha [12].

De-Deus G, Barino B, Marins J, Magalhães K, Thuanne E, Kfir A.

J Endod. 2012 Jun;38(6):846-9.

Le système de mise en forme-nettoyage-irrigation SAF permet d'optimiser l'obturation à la gutta-percha thermoplastique de canaux ovales.

Objectif: Comparer la qualité de l'obturation canalaire avec de la gutta-percha thermoplastique réalisée après une mise en forme soit par le ProTaper soit par le SAF dans des canaux ovales et aplatis.

Matériels et Méthodes: 26 canaux ovales (ratio vestibulo-lingual et mésio-distal $\geq 2,5$ à 5 mm de l'apex) sont sélectionnés et répartis en deux groupes de 13 canaux chacun.

Le groupe ProTaper : Sx, S1, S2, F1, F2 et F3. 1 mL de NaOCl 5,25% est injecté passivement entre chaque séquence instrumentale puis 3 mL d'EDTA 17% pendant 3 minutes et enfin 3mL d'eau bi-distillée.

Le groupe SAF : lime K 20 jusqu'à la longueur de travail puis le SAF pendant 4 minutes sous irrigation continue avec du NaOCl 5,25% à un débit de 4 mL/min puis 3 mL d'EDTA 17% pendant 3 minutes et enfin 3 mL d'eau bi-distillée (avec une seringue).

Les obturations canalaires sont faites avec Thermafil® (30/100) sans ciment de scellement.

Les racines sont ensuite sectionnées à 6, 5, 4, 3 et 2 mm de l'apex. Ces sections sont examinées sous microscope (grossissement $\times 100$), et un pourcentage de surface obturée à la gutta-percha (SOGP) est calculé.

Résultats: La moyenne de SOGP obtenue avec le ProTaper est 77,8% et avec le SAF : 88,1% : la technique de mise en forme avec le SAF permet d'obtenir significativement plus de SOGP (Fig. 39).

17,8% des canaux traités avec le SAF ont un SOGP supérieur ou égal à 95% (9% ont un SOGP à 100%) et seulement 5,8% (1,5% a un SOGP à 100%) pour le ProTaper.

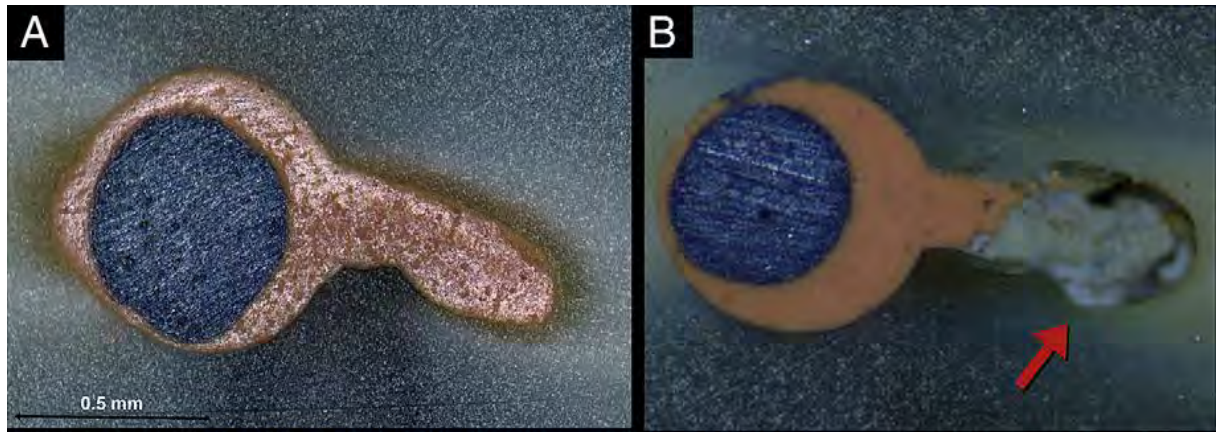


Fig. 39 – Obturation avec Thermafil® sans ciment canalair. (A) Obturation obtenue après une mise en forme avec le SAF. (B) Obturation obtenue après une mise en forme avec le ProTaper. La flèche montre une zone non obturée [12].

Conclusion: Le SAF permet pour ces canaux ovales et aplatis d'augmenter significativement la SOGP en comparaison avec le ProTaper.

In vitro canal and isthmus debris removal of the self-adjusting file, K3, and WaveOne files in the mesial root of human mandibular molars [17].

Dietrich MA, Kirkpatrick TC, Yaccino JM.

J Endod. 2012 Aug;38(8):1140-4.

L'élimination in vitro des débris contenus dans le canal et les isthmes par le SAF, K3 et le WaveOne dans les racines mésiales de molaires mandibulaires humaines.

Objectif: Comparer l'efficacité de l'élimination des débris dentinaires entre le SAF, le WaveOne et le K3 dans des racines mésiales de molaires mandibulaires. De plus, le SAF a été testé comme un complément potentiel des instrumentations rotatives.

Matériels et Méthodes: 30 molaires mandibulaires extraites ayant un isthme au niveau du tiers apical sont sélectionnées pour cette étude. Elles sont pré instrumentées jusqu'à un diamètre 20/100^{ème} et une conicité de 02 avec des limes manuelles puis chaque racine mésiale est montée dans de la résine. La racine distale est amputée et le foramen comblé avec un gel. Elles sont ensuite sectionnées à 2 et 4 mm de la longueur de travail et analysées.

Les racines sont réparties aléatoirement dans 3 groupes de 10 molaires.

Le groupe 1 est préparé avec les limes K3 jusqu'à un diamètre apical 35/100^{ème} et une conicité de 04. 0,5 mL de NaOCl 6% entre chaque passage instrumental avec une aiguille 30G.

Le groupe 2 est préparé avec le WaveOne (25/100^{ème} et une conicité de 08) selon les recommandations du fabricant. 0,5 mL de NaOCl 6% entre chaque passage instrumental avec une aiguille 30G.

Le groupe 3 est préparé avec un SAF de 1,5 mm de diamètre pendant 4 minutes sous irrigation continue à un débit de 5 mL/min de NaOCl 6%. Au total, 20 mL de NaOCl 6% est délivré pendant la mise en forme canalaire.

Un pourcentage de propreté est calculé après la pré instrumentation, après l'instrumentation, après l'irrigation finale et enfin, après l'irrigation supplémentaire avec le SAF.

L'irrigation finale commune est une irrigation passive avec 2 mL d'EDTA 17% pendant 2 minutes. Pour les groupes 1 et 3 un rinçage avec 1 mL de NaOCl 6% à 1 mm de la longueur de travail avec une aiguille 30G. Le groupe 2 reçoit 0,5 mL de NaOCl 6% qui est activé par l'EndoActivator® (insert 15/100^{ème} et conicité 02) pendant 45 secondes suivit de 0,5 mL de NaOCl 6%.

Une irrigation supplémentaire est délivrée par le SAF pour les groupes 1 et 2. Le SAF est placé à la longueur de travail pendant 1 minute à un débit de 5 mL/min et enfin un dernier rinçage avec 0,5 mL de NaOCl.

Résultats: Au total, pour le groupe 1 le volume de NaOCl utilisé est de 3,5 mL, pour le groupe 2 il est de 2,5 mL et pour le groupe 3 de 21 mL.

Il n'y a pas de différence significative entre les sections à 2 et 4 mm de l'apex après l'irrigation finale.

Il n'y a pas de différence significative de nettoyage entre les 3 groupes testés mais les limes K3 et SAF sont significativement plus efficace pour nettoyer les isthmes.

L'utilisation du SAF en complément de préparation augmente significativement la propreté canalaire dans le groupe 1 (limes K3) à 2 mm de l'apex.

Conclusion: Utiliser le SAF en complément d'irrigation permet une légère amélioration du nettoyage à 2 mm de l'apex uniquement dans le groupe 1. Le WaveOne est significativement moins efficace dans le nettoyage des isthmes.

Shaping ability of three nickel-titanium endodontic file systems in simulated S-shaped root canals [10].

Burroughs JR, Bergeron BE, Roberts MD, Hagan JL, Himel VT.

J Endod. 2012 Dec;38(12):1618-21.

Capacité de mise en forme de trois systèmes de limes endodontiques en Nickel-Titane sur des simulateurs de canaux radiculaires en forme de S.

Objectif: Déterminer la capacité de mise en forme de simulateurs en forme de S par 3 systèmes en Nickel-Titane en mesurant le déplacement canalaire.

Matériels et Méthodes: 72 simulateurs en résine avec une courbure apicale de 20° (rayon de 3,5 mm), une courbure coronaire de 30° (rayon de 5 mm) et une longueur canalaire de 16 mm. Ils sont répartis en 3 groupes de 24 simulateurs chacun : le groupe SAF, le groupe Typhoon et le groupe Vortex. Tous les simulateurs sont pré instrumentés, colorés au bleu de méthylène et photographiés.

Les groupes Vortex et Typhoon sont préparés jusqu'à un diamètre apical de 30/100^{ème} et une conicité de 04 et 0,5 mL d'eau stérile entre chaque instrument. Le groupe SAF pendant 3 minutes après avoir atteint la longueur de travail sous irrigation continue (5 mL/min) avec de l'eau stérile. L'irrigation finale est commune aux 3 groupes : 2 mL d'eau stérile (aiguille 30G) à 2 mm de la longueur de travail. Tous les simulateurs sont photographiés après la préparation.

Les photographies pré et post instrumentation sont superposées (Fig. 40) et le déplacement canalaire est calculée pour les 8 positions : de 0 (apex) à 7 mm.

Les niveaux de 0 à 4 représentent la courbure apicale et les niveaux de 3 à 7 la courbure coronaire.

Résultats: Le degré de déplacement canalaire est significativement moins important pour le SAF. Le Typhoon est le système qui modifie significativement plus la trajectoire canalaire.

Il n'y a pas de différence entre les 3 types d'instrumentation pour la paroi interne de la courbure apicale à 0 et 2 mm.

Aucune fracture instrumentale n'a été constatée.

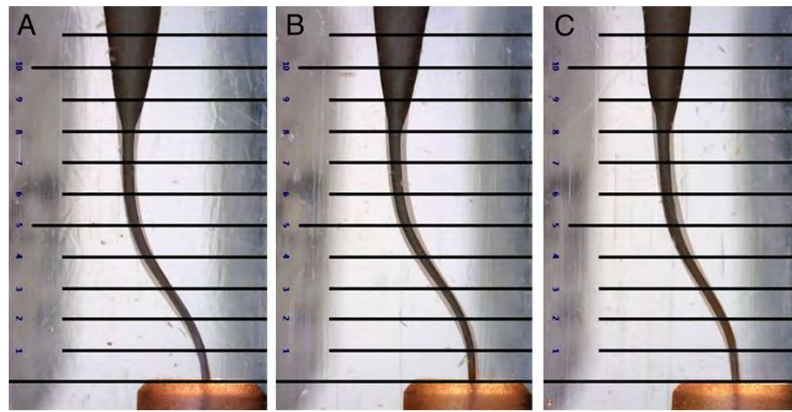


Fig. 40 – (A) Le SAF. (B) Le Typhoon. (C) Le Vortex. Le canal noir correspond au simulateur non instrumenté et en arrière-plan de couleur grise, la forme canalaire longitudinale après préparation [10].

Conclusion: Selon les conditions de cette étude, le SAF déplace moins l'axe canalaire que Vortex et Typhoon dans des simulateurs résines en forme de S.

Comparison of the self-adjusting file with rotary and hand instrumentation in long-oval-shaped root canals [47].

Ruckman JE, Whitten B, Sedgley CM, Svec T.

J Endod. 2013 Jan;39(1):92-5.

Comparaison du SAF avec l'instrumentation rotative et manuelle sur des canaux radiculaires « longs-ovales »

Objectif: Comparer la capacité de débridement du SAF, du ProFile et des limes manuelles dans des canaux « longs-ovales ».

Matériels et Méthodes: 30 canaux « longs-ovales » (ratio $\geq 2,5 : 1$ à 5 mm de l'apex) issue d'une collection sont répartis de façon égale dans 3 groupes (n=10). Un groupe SAF (ratio moyen 5,2), un groupe ProFile (5,4) et un groupe de limes manuelles (5,3).

Toutes les dents sont pré instrumentées jusqu'à la lime K20 et irriguées au NaOCl 6%. Les canaux sont séchés et un produit radio-opaque (Vitapex®) est disposé dans les canaux à l'aide d'une lime K15. 2 radiographies sont faites (vestibulo-lingual et mésio-distal) pour vérifier la bonne distribution du Vitapex®. Pour la mise en forme, l'irrigant de choix pour cette étude est l'eau stérile saline car l'hypochlorite de sodium dissout le Vitapex.

Le groupe SAF: Préparation avec une lime SAF de 1,5 mm de diamètre pendant 4 minutes sous irrigation d'eau stérile saline à un débit de 5 mL/min (soit 20 mL au total).

Le groupe ProFile : La séquence suivante est utilisée : 20.04, 25.04, 30.04, 35.04 et 40.04 avec appui pariétal. Après chaque instrument, le canal est irrigué avec 4 mL d'eau stérile saline avec une aiguille de 28G introduite à 1 mm de la longueur de travail (soit 20 mL au total).

Le groupe des limes manuelles : il s'agit des limes K 20.02, 25.02, 30.02, 35.02 et 40.02 selon la technique du step-back. L'irrigation est identique au groupe ProFile.

Des radiographies post opératoires sont effectuées en respectant le même protocole que celles en pré opératoire. Ainsi, nous pouvons voir l'efficacité de la préparation pour chaque groupe et quantifier le Vitapex® restant dans la partie apicale 0 (apex)-5 mm et > 5-10 mm (Fig. 41).

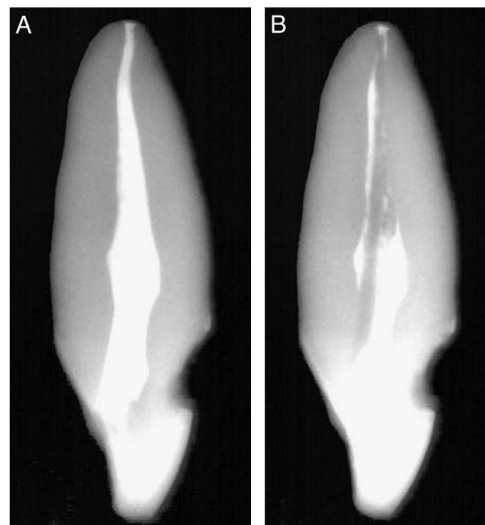


Fig. 41 – (A) Radiographie pré opératoire : le canal est rempli avec du Vitapex®. (B) Radiographie post opératoire : une partie du Vitapex® a été éliminé par la mise en forme canalaire [47].

Résultats: Le Vitapex® est significativement mieux éliminé en associant la préparation mécanique à l'irrigation seule.

Il n'y a pas de différence significative dans l'élimination du Vitapex® entre les 3 systèmes de mise en forme pour la portion apicale (0-5 mm).

Le SAF élimine significativement plus de produit de contraste que les limes manuelles dans la partie située à 5-10 mm de l'apex.

Partie du canal	Préparation mécanique associé à l'irrigation (%)			Irrigation seule (contrôles en %)	
	SAF	ProFile	Limes manuelles K	Aiguille	Irrigation SAF
0-5 mm	80,6 +/-14,1	84,2 +/- 7,7	76,5 +/- 10,2	60,9 +/- 10,2	45,9 +/- 15,1
>5-10 mm	75,5 +/- 10,8	72,3 +/- 12,0	60,9 +/- 11,3	23,4 +/- 12,6	28,8 +/-16,2

Tableau 1 – Pourcentage de Vitapex® éliminé de canaux « longs-ovales ».

Conclusion: Le SAF est significativement plus efficace pour débriquer la partie > 5-10 mm de canaux « longs-ovales » que les limes manuelles mais il n'y a aucune différence significative entre les 3 systèmes pour la qualité du débriquement apical (0-5 mm).

Le SAF n'est pas plus efficace que les autres techniques pour préparer le tiers apical.

Self-adjusting file cleaning-shaping-irrigation system improves root-filling bond strength [14].

De-Deus G, Accorsi-Mendonça T, de Carvalho E Silva L, de Souza Leite CA, da Silva D, Lima Moreira EJ.

J Endod. 2013 Feb;39(2):254-7.

Le système de nettoyage - mise en forme - irrigation SAF améliore la liaison de l'obturation canalaire aux parois radiculaires.

Objectif: Evaluer la qualité de la liaison de l'obturation canalaire de canaux ovales préparés avec le SAF.

Matériels et Méthodes: 26 incisives mandibulaires sont rangées par paires selon leur forme et leur diamètre canalaire. Pour chaque paire, une dent est attribuée aléatoirement dans un groupe et la deuxième dans l'autre groupe.

Le groupe ProTaper (référence): n=13 ; la séquence utilisée est celle des limes universelles : SX, S1, S2, F1, F2 et F3. 1 mL de NaOCl 5,25% est déposé après chaque passage instrumental avec une aiguille ouverte à son extrémité. Puis 3 mL d'EDTA 17% pendant 3 minutes et enfin 3 mL d'eau bi-distillée pendant 3 minutes pour éliminer l'EDTA.

Le groupe SAF : n=13 ; Une préparation préalable à la longueur de travail avec une lime K20 est effectuée. Le SAF prépare chaque canal pendant 4 minutes sous irrigation continue de NaOCl 5,25% à un débit de 4 mL/min. Puis 3 mL d'EDTA 17% pendant 3 minutes et enfin 3 mL d'eau bi-distillée pendant 3 minutes pour éliminer l'EDTA.

Tous les canaux sont séchés avec des pointes de papier et obturés avec de la résine époxy AH Plus (Dentsply).

Les dents sont radiographiées sous différents angles pour vérifier la qualité de l'obturation canalaire et la présence de bulles. Elles sont laissées pendant 7 jours dans un milieu 100% humide.

Elles sont sectionnées transversalement (2 coupes par tiers) soit 6 par racine, pour être soumises au « *micropush-out assess* ».

Résultats: Toutes les obturations ont montré des propriétés d'adhésion à la dentine radiculaire sans détachement prématuré.

La force de liaison de l'obturation est la plus importante dans le tiers coronaire et la plus faible pour le tiers apical.

Les canaux mis en forme avec le SAF présentent une force de liaison de l'obturation significativement supérieure à l'autre groupe.

Conclusion: La préparation avec le SAF améliore nettement la qualité de la liaison de l'obturation canalaire de canaux ovales. De nouvelles recherches sont attendues afin de mieux comprendre les modifications physico-chimiques de la dentine issues de la mise en forme avec le SAF.

N.B : Cette étude comporte des incohérences au niveau des nombres de dents, d'échantillons, de coupes. La qualité scientifique de cet article est peut être à mettre en doute.

Effects of self-adjusting file, Mtwo, and ProTaper on the root canal wall [23].

Hin ES, Wu MK, Wesselink PR, Shemesh H.

J Endod. 2013 Feb;39(2):262-4.

Effets du SAF, Mtwo et ProTaper sur les parois canales radiculaires.

Objectif: Evaluer *in vitro* l'apparition de fissures dentinaires après préparation avec des limes manuelles, le SAF, le ProTaper et le Mtwo.

Matériels et Méthodes: 100 prémolaires mandibulaires possédant un seul canal sont sélectionnées (sans fissure ou défaut dentinaire). Elles sont réparties dans 5 groupes de 20 dents avec des volumes canaux comparables (mesure prise à 9 mm de l'apex). 2

radiographies par dent : sens vestibulo-lingual et mésio-distal et les groupes 2, 3, 4 et 5 sont pré instrumentés jusqu'à la lime Flexofiles K20.

Groupe 1 : contrôle négatif sans mise en forme.

Groupe 2 : groupe mis en forme avec K-Flexofiles selon la technique du crown-down jusqu'à un diamètre 40/100^{ème}.

Groupe 3 : groupe préparé par ProTaper jusqu'à la lime F4 soit un diamètre de 40/100^{ème} et une conicité de 06. Une séquence instrumentale est utilisée pour 4 canaux (ce qui correspond à une dent).

Groupe 4 : groupe amplifié avec Mtwo jusqu'à obtenir un diamètre de 40/100^{ème} et une conicité de 04. Une séquence instrumentale est utilisée pour 4 canaux (ce qui correspond à une dent).

Pour les groupe 2, 3 et 4 après chaque passage instrumental 2 mL de NaOCl 2% sont déposés avec une aiguille 29G à 1 mm de la longueur de travail. Au total, 16 mL de NaOCl 2% par canal.

Groupe 5 : groupe mis en forme avec un SAF de 2 mm de diamètre pendant 4 minutes sous irrigation continue de NaOCl 2% à un débit de 4 mL/min. Au total, 16 mL de NaOCl 2% par canal. A la fin de la préparation chimio-mécanique, une lime manuelle est insérée K35 jusqu'à l'apex. 1 SAF prépare 4 canaux.

Chaque prémolaire est sectionnée horizontalement à 3, 6 et 9 mm de l'apex. Chaque section est analysée en microscopie optique à un grossissement $\times 12$ et les fissures répertoriées.

Résultats: Aucun défaut pour le groupe 1 contrôle négatif et les canaux du groupe 2 préparés avec des limes manuelles. Des défauts sont retrouvés pour les 3 autres groupes.

Nous notons une différence significative entre les 4 groupes expérimentaux. 35% des racines présentent des fissures dans le groupe 3 de ProTaper, 25% pour le groupe 4 de Mtwo et 10% avec le SAF. Le Protaper et le Mtwo causent significativement davantage de fissures par rapport aux limes manuelles.

Les fissures complètes (fractures) sont uniquement retrouvées pour les groupes ProTaper et Mtwo.

Conclusion: La mise en forme par le SAF, le ProTaper ou le Mtwo provoque des dommages dentinaires collatéraux.

En revanche, le SAF a tendance à en causer moins par rapport autres systèmes précédemment cités.

Comparison of the cleaning efficacy of self-adjusting file and rotary systems in the apical third of oval-shaped canals [28].

Melo Ribeiro MV, Silva-Sousa YT, Versiani MA, Lamira A, Steier L, Pécora JD, Sousa-Neto MD.

J Endod. 2013 Mar;39(3):398-401.

Comparaison de l'efficacité du nettoyage canalaire entre le SAF et les systèmes de rotation continue dans le tiers apical de canaux ovales.

Objectif: Comparer l'efficacité du débridement tissulaire du tiers apical de canaux ovales entre le SAF et un système de rotation continue en Nickel-Titane (K3).

Matériels et Méthodes: 26 incisives mandibulaires avec un canal ovale sont pré instrumentées (flaring avec les forets de Gates 2 et 3, irrigation au NaOCl et préparation jusqu'à la lime K20). Les dents sont réparties aléatoirement dans 4 groupes :

Le groupe contrôle négatif : n=2 ; absence de préparation et d'irrigation.

Le groupe contrôle positif : n=2 ; pas de préparation mécanique mais une irrigation pendant 4 minutes (soit 20 mL) avec de l'eau distillée.

Le groupe SAF : n=11 ; préparation chimio-mécanique avec une lime SAF de 1,5 mm de diamètre pendant 4 minutes (selon les recommandations d'utilisation) sous irrigation continue au NaOCl 2,5% à un débit de 5 mL/min (au total 20 mL de NaOCl).

Le groupe K3 : n=11 ; préparation avec K3 (25/.12, 25/.10, 25/.08) puis X-Smart (25/.02, 25/.04, 30/.02, 30/.04, 35/.02, 35/.04 et 40/.02). Entre chaque passage instrumental, irrigation passive ultrasonique au NaOCl 2,5% à la longueur de travail pendant 10 secondes (au total 20 mL de NaOCl).

Un rinçage final est effectué avec 3 mL d'eau distillée pour les 2 groupes expérimentaux.

Les dents sont ensuite préparées histologiquement et coupées transversalement (à 5 mm de l'apex et mis dans de la paraffine.)

Résultats: Les 2 groupes expérimentaux révèlent une diminution significative des débris et des zones non instrumentées.

La quantité de débris tissulaires restante et le pourcentage de zones non instrumentées sont significativement plus faibles pour le groupe SAF.

	Débris restants (%)	Périmètre canalaire non instrumenté (%)
SAF	2,18 +/- 2,71	12,33 +/- 7,85
Rotation continue en Nickel-Titane	13,11 +/- 12,98	53,54 +/- 15,95

Tableau 2 – Pourcentages de débris restant et de zones non instrumentées.

De plus, dans le groupe K3, 53% des canaux possèdent encore des débris après leur mise en forme.

Conclusion: La lime SAF entretient significativement plus de contacts avec les parois canalaires et élimine plus de débris dans le tiers apical d'incisives mandibulaires en comparaison avec les limes K3.

Ex vivo evaluation of various instrumentation techniques and irrigants in reducing *E. faecalis* within root canals [6].

Basmaci F, Öztan MD, Kiyan M.

Int Endod J. 2013 Jan.

Evaluation ex vivo de la réduction d'E. faecalis présente dans les canaux radiculaires avec différentes techniques d'instrumentation et d'irrigation.

Objectif: Evaluer *ex vivo* l'efficacité d'une instrumentation unique et celle d'une séquence instrumentale en Nickel-Titane avec plusieurs protocoles d'irrigation dans l'élimination intra canalaire d'*Enterococcus faecalis*.

Matériels et Méthodes: 81 prémolaires mandibulaires avulsées avec un canal unique droit sont infectées par *E. faecalis* (20 µL d'une suspension). Elles sont réparties dans 9 groupes aléatoirement :

Le groupe 1-A : solution stérile de phosphate de sodium tamponnée (SSPST) + SAF 1,5 mm de diamètre pendant 2 minutes.

Le groupe 1-B : NaOCl 5% (2 mL/min) + EDTA 15% (2 mL) + SAF.

Le groupe 1-C : NaOCl 5% (2 mL/min) + acide maléique 7% (2mL) + SAF.

Le groupe 2-A : SSPST + Reciproc (R25 avec 10 cycles de réciprocity par seconde).

Le groupe 2-B : NaOCl 5% (2 mL/min) + EDTA 15% (2 mL) + Reciproc.

Le groupe 2-C : NaOCl 5% (2 mL/min) + acide maléique 7% (2 mL) + Reciproc.

Le groupe 3-A : SSPST + ProTaper (de la lime Sx jusqu'à la lime F3).

Le groupe 3-B : NaOCl 5% (2 mL/min) + EDTA 15% (2 mL) + ProTaper.

Le groupe 3-C : NaOCl 5% (2 mL/min) + acide maléique 7% (2 mL) + ProTaper.

La concentration bactérienne est calculée avant et après la préparation chimio-mécanique pour chaque groupe expérimental.

Résultats: Tous les protocoles proposés dans cette étude diminuent significativement la flore bactérienne intra-canalair.

Nous relevons des différences significatives de quantités bactériennes restantes entre les groupes 1-A/1-B, 1-A/2-C, 2-A/3-B, 3-B/1-A, 3-C/1-A.

Il n'y a pas de différence significative intra-groupe pour le Reciproc et le ProTaper. En revanche dans le groupe SAF, les résultats obtenus dans le groupe 1-A sont significativement différents de ceux obtenus pour 1-B et 1-C.

Le pourcentage de réduction du nombre de bactéries est le plus faible pour le groupe 1-A avec 29,47%. Les autres groupes révèlent des valeurs comprises entre 41,28% et 70,13%.

Groupes	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Réduction bactérienne (%)	29,47	58,71	48,44	41,28	53,74	64,88	49,33	70,13	58,50

Tableau 3 – Pourcentages moyens de réduction bactérienne.

Conclusion: Les trois protocoles de mise en forme sont efficaces pour réduire *E.faecalis*.

Il n'y a pas de différence significative entre l'instrumentation unique (SAF et Reciproc) et la séquence en Nickel-Titane (ProTaper) pour éliminer *E. faecalis*.

The permanent deformation of the self-adjusting files when used in canals of extracted teeth [18].

Farmakis ETR., Sotiropoulos GG, Pantazis N, Kozyrakis K.

Int Endod J. 2013, Jan.

La déformation permanente du SAF dans les canaux radiculaires de dents extraites.

Objectif: Examiner *ex vivo* la déformation permanente du SAF lorsqu'il est utilisé par des endodontistes non expérimentés avec ce système jusqu'à ce qu'une défaillance apparaisse.

Matériels et Méthodes: Les canaux des molaires sont initialement préparés jusqu'à la lime K20.

Toutes les 4 minutes, le SAF est retiré du canal et inspecté dans son intégralité. Si la lime est intacte, elle est à nouveau utilisée 4 minutes supplémentaires pour un autre canal jusqu'à ce qu'une défaillance survienne.

Chaque lime SAF est examinée à un grossissement $\times 50$ et toutes les dents sont radiographiées pour déterminer la présence éventuelle d'un fragment métallique intra-canaire.

Les défauts sont classés selon le type de défaillance et la localisation : (a) détachement d'un composant de la lime à un seul endroit et qui reste accroché, (b) détachement d'un composant à 2 endroits et le morceau s'est décroché, (c) torsion définitive d'un composant.

Résultats: 52 canaux ont été préparés avec un total de 19 SAF. La majorité des SAF a préparé 3 canaux avant qu'une déformation apparaisse.

Les déformations sont significativement plus fréquentes sur la face du SAF la plus courte et notamment au niveau des arches.

La survenue de défaillances est significativement inférieure au niveau coronaire de la lime.

Les branches externes longitudinales (côtés) de la lime sont significativement moins endommagées par rapport aux arches et à l'entretoise.

Aucune fracture complète n'a été répertoriée ni aucun fragment métallique intra-canaire.

Conclusion: Les défaillances du SAF surviennent principalement au niveau d'une arche ou des liaisons de l'entretoise sur le côté le plus court (particulier) de la lime.

Aucune des défaillances mécaniques n'a conduit à la rétention d'un fragment métallique intra-canaire.

A comparative study of biofilm removal with hand, rotary Nickel-Titanium, and self-adjusting file instrumentation using a novel *in vitro* biofilm model [26].

Lin J, Shen Y, Haapasalo M.

J Endod. 2013;1-6, in press.

Etude comparative in vitro de l'élimination d'un nouveau modèle de biofilm avec les instruments manuels, rotatifs en Nickel-Titane, et le SAF.

Objectif: Quantifier et comparer l'efficacité des limes manuelles, du ProFile et du SAF dans l'élimination d'un biofilm bactérien standardisé.

Matériels et Méthodes: 36 prémolaires maxillaires extraites avec un canal ovale sont sélectionnées et leur géométrie canalaire apicale est standardisée.

Chaque dent est sectionnée longitudinalement et un sillon artificiel de 0,3 mm de profondeur et 0,2 mm de largeur est réalisé sur 3 mm de long (de 1 à 4 mm de la longueur de travail) au niveau des deux moitiés radiculaires. Ce sillon est « divisé » en tiers : apical 1-2 mm, moyen 2-3 mm et coronaire 3-4 mm de la longueur de travail.

Chaque moitié est inoculée avec de la plaque bactérienne sous-gingivale humaine (hétérogène) dans un environnement anaérobie à 37°C pendant 4 semaines. Une fois le temps de contamination écoulé, les deux moitiés sont réassemblées dans un bloc qui simule un système apical clos.

Elles sont réparties dans 3 groupes expérimentaux de 10 dents chacun de manière aléatoire. Les 6 dents restantes ne sont pas instrumentées et forment le groupe contrôle.

Les limes K sont utilisées selon la technique du step-back après avoir mis en forme à la longueur de travail au diamètre 40/100^{ème}. 1 mL de NaOCl 3% est déposé après chaque lime avec une aiguille 30G puis agité manuellement. A la fin de la mise en forme 3 mL de NaOCl 3% supplémentaire est injecté passivement à 3 mm du foramen apical (au total 10 mL de NaOCl) puis 4 mL d'EDTA 17% pendant 2 minutes.

Les limes ProFile sont utilisées selon la technique du crown-down jusqu'à la lime 40/100^{ème}. L'irrigation est similaire au groupe manuel.

Le SAF est utilisé à la longueur de travail pendant 2 minutes sous irrigation continue avec du NaOCl 3% à un débit de 5 mL/min (au total 10 mL de NaOCl). Puis un second cycle de 2 minutes sous irrigation continue d'EDTA 17% à un débit de 2 mL/min (4 mL au total). Le diamètre apical est équivalent à 40/100^{ème}.

Les parois canalaire (à l'intérieur et à l'extérieur du sillon) sont examinées en microscopie électronique.

Résultats: Les analyses issues de la microscopie électronique montrent une épaisse couche de biofilm bactérien après 4 semaines. Il s'agit d'un biofilm hétérogène composé de cocci, de bacilles et de filaments avec une structure qui s'apparente aux biofilms naturels.

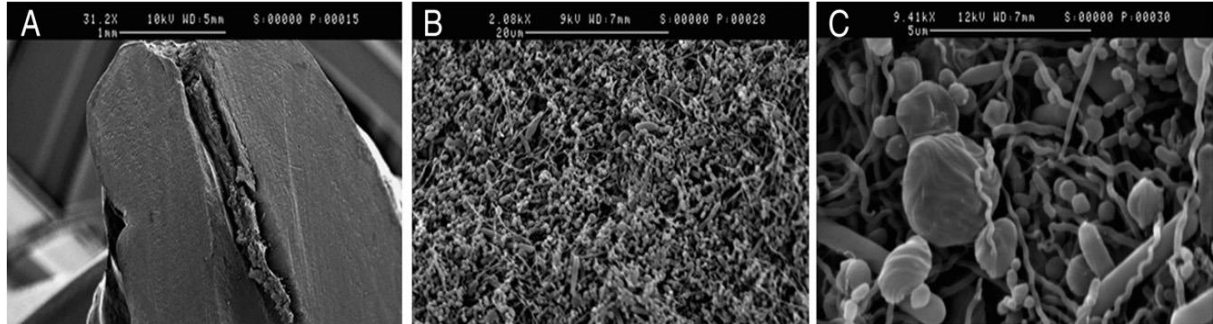


Fig. 42 – (A) Image en microscopie électronique à balayage d'une moitié de racine contenant un biofilm bactérien intra-canalair. (B) Ce même biofilm avec un grossissement $\times 2000$. (C) Avec un grossissement $\times 9000$ qui nous permet d'identifier les différentes espèces bactériennes [26].

Pour les 3 groupes, la quantité de bactéries éliminée est significativement plus importante à l'extérieur du sillon.

A l'intérieur du sillon, une petite zone reste occupée par les bactéries après la mise en forme avec le SAF en comparaison avec les 2 autres groupes.

	Intérieur du sillon (%)	Extérieur du sillon (%)
Limes K	26,98 +/- 4,66	1,01 +/- 0,90
ProFile	19,25 +/- 4,29	1,05 +/- 0,83
SAF	3,25 +/- 1,06	0,82 +/- 1,03

Tableau 4 - Pourcentages moyens de biofilm restant.

Il n'y a pas de différence statistique pour les pourcentages obtenus à l'extérieur du sillon entre les 3 techniques instrumentales.

De plus, au sein d'un même groupe, il n'y a pas de différence significative entre les 3 tiers du sillon (à l'intérieur et à l'extérieur du sillon).

Conclusion: Les 3 techniques de mise en forme canalaire éliminent le biofilm bactérien de façon identique à l'extérieur du sillon.

A l'intérieur du sillon, le SAF élimine significativement davantage de flore bactérienne que les autres systèmes expérimentés.

Aucune technique ne permet d'éliminer la totalité du biofilm bactérien.

II-2.3) Le retraitement canalaire:

The effectiveness of a self-adjusting file to remove residual gutta-percha after retreatment with rotary files [1].

Abramovitz I, Relles-Bonar S, Baransi B, Kfir A.

Int Endod J. 2012 Apr;45(4):386-92.

L'efficacité du SAF pour éliminer les résidus de gutta-percha laissés après un retraitement avec des limes rotatives.

Objectif: Tester l'efficacité du SAF pour éliminer les résidus de gutta percha laissés par le ProTaper lors de retraitements canaux.

Matériels et Méthodes: Seules les molaires mandibulaires avec deux canaux mésiaux sont incluses dans l'étude. 25 sont incluses avec une courbure moyenne de 24,4°.

Ces canaux sont préalablement mis en forme avec le ProTaper (45/100^{ème}) et irrigués avec du NaOCl 3% puis obturés par la technique de compaction latérale (ciment AH-26). 2 clichés radiographiques par canal sont réalisés (sens vestibulo-lingual et mesio-distal) pour pouvoir faire des comparaisons. Ces racines sont laissées 7 jours à 37°C avec 100% d'humidité.

Le retraitement se compose de 2 étapes (50 µL de chloroforme pour chaque étape) :

1. Désobturation des canaux avec les limes D1, D2 et D3 de ProTaper en irriguant après chaque lime avec 1 mL de NaOCl 3%. Prise de clichés radiographiques dans les sens vestibulo-lingual et mésio-distal.
2. Un traitement supplémentaire est réalisé avec le SAF (1 SAF par canal) sans irrigation durant la première minute et avec du NaOCl 3% les 4 dernières (débit 4 mL/min). Prises de nouveaux clichés pour effectuer des comparaisons.

Résultats : Des résidus radio-opaques persistent après l'utilisation de ProTaper:

- ✓ Dans le sens vestibulo-lingual : 7,8% (+/- 12,9%) pour le tiers coronaire, 12,9% (+/- 13,9%) pour le tiers moyen et 34,7% (+/-22,8%) pour le tiers apical.
- ✓ Dans le sens mésio-distal : 5,6% (+/- 8,7%), 14,9% (+/- 17,4%) et 34,7% (+/- 20,9%) respectivement.

Ces pourcentages ont diminué après la préparation supplémentaire du SAF :

- ✓ Dans le sens vestibulo-lingual : 2,6% (+/- 3,7%) pour le tiers coronaire, 4,1% (+/- 5,7%) pour le tiers moyen et enfin 6,7% (+/- 9,4%) pour le tiers apical.
- ✓ Dans le sens mésio-distal : 1,5 % (+/- 3,3%), 4,5% (+/- 6,6%) et 9,6% (+/- 11,5%) respectivement.

Conclusion: Aucun système actuel ne permet d'éliminer complètement les obturations canalaires. Par contre, le SAF complète l'action initiale du ProTaper en diminuant significativement la quantité de gutta percha contenue dans les canaux.

Removal of gutta-percha from root canals using the self-adjusting file [55].

Voet KC, Wu MK, Wesselink PR, Shemesh H.

J Endod. 2012 Jul;38(7):1004-6.

Elimination de la gutta-percha des canaux radiculaires en utilisant le SAF.

Objectif: Comparer le pourcentage de gutta-percha résiduelle (PGPR) dans les canaux retraités par le ProTaper avec ou sans complément avec le SAF.

Matériels et Méthodes: 33 premières molaires maxillaires sont sélectionnées. La courbure de la racine vestibulo-mésiale est comprise entre 25 et 35°. Ces racines sont préparées mécaniquement et chimiquement (ProTaper et NaOCl 2% et EDTA) puis obturées à la gutta-percha associée au ciment AH26 (Dentsply Maillefer).

5 canaux ne sont pas retraités. Les 28 autres sont retraités sous microscope avec les limes de retraitement ProTaper : D1, D2 et D3 et une lime manuelle Hedström 30/100^{ème}. Entre chaque passage instrumental 2 mL de NaOCl 2% est déposé dans le canal.

Le groupe A : n=14 ; un rinçage final avec 10 mL de NaOCl 2% est effectué.

Le groupe B : n=14 ; le SAF est activé jusqu'à la longueur de travail pendant 2 minutes sous irrigation continue avec du NaOCl 2% à un débit de 5 mL/min.

Chaque racine est sectionnée horizontalement à 3 reprises : à 2, 4 et 6 mm de l'apex. Les PGPR sont calculés pour toutes les sections et un score leur est attribué (de 1 à 5) 1 : absence de résidus de gutta-percha, 2 : moins de 10%, 3 : moins de 20%, 4 : moins de 30% et 5 supérieur à 30% de gutta-percha résiduelle.

Résultats: Pour le groupe contrôle sans retraitement, les résultats sont égaux à 5.

Sections transversales à	Groupe A : ProTaper	Groupe B : complément avec le SAF
2 mm de l'apex	2,35	1,42
4 mm de l'apex	1,50	1,07
6 mm de l'apex	1,21	1,07

Tableau 5 – Moyenne des scores obtenus.

Le PGPR est significativement inférieur pour le groupe B qui associe le ProTaper et le SAF. De plus, le PGPR est supérieur pour les 2 groupes à 2 mm de l'apex.

Conclusion: L'élimination complète de la gutta-percha dans la portion apicale de canaux courbes reste un défi. Néanmoins, l'utilisation supplémentaire du SAF améliore significativement l'élimination de la gutta-percha en comparaison avec le ProTaper seul.

Self-adjusting files in retreatment: a high-resolution micro-computed tomography study [51].

Solomonov M, Paqué F, Kaya S, Adigüzel O, Kfir A, Yiğit-Özer S.

J Endod. 2012 Sep;38(9):1283-7.

SAF et retraitements : une étude haute résolution au micro-CT.

Objectif: Comparer l'efficacité du ProTaper (F1 et F2) avec celle du ProFile (#25.06) associé au SAF pour éliminer la gutta-percha. Evaluation faite avec l'aide d'un micro-CT dont la résolution est 20 µm (70kV et 114 µA).

Matériels et Méthodes: 28 molaires mandibulaires possédant un canal distal ovale (ratio diamètre vestibulo-lingual/ mésio-distal compris entre 1,4 et 2,8 inclus) sont divisées en deux groupes de 14 dents chacun.

Ces canaux sont initialement préparés avec le ProTaper Sx, S1, S2, F1 et F2 et entre chaque séquence instrumentale une irrigation de 1 mL de NaOCl 5,25% est délivrée avec une aiguille 27G suivit de la séance de chélation avec 2 mL d'EDTA 17%. Ces dents sont laissées pendant 30 jours à 37°C avec 100% d'humidité.

Retraitement avec ProTaper : ProTaper D1, D2 et D3 puis ProTaper F1 et F2. Au total, 20 µL de chloroforme, 8 mL de NaOCl 5,25%, 8 mL d'EDTA 17% et 2 mL d'eau distillée.

Retraitement avec ProFile #25.06 puis le SAF de 2 mm de diamètre: Au total, 20 µL de chloroforme, 6 mL de NaOCl 4%, 1 mL d'EDTA 17% et 2 mL d'eau distillée.

Les dents sont scannées à trois reprises afin d'obtenir des images en trois dimensions : après l'instrumentation canalaire, après l'obturation canalaire et après le retraitement canalaire.

Résultats: Le ratio entre le diamètre vestibulo-lingual et mésio-distal est de 1,93 +/- 0,38 pour le groupe ProTaper et 2,03 +/- 0,49 pour le groupe ProFile + SAF (pas de différence significative).

Le temps moyen du retraitement avec ProTaper est 10,1 (+/- 0,3) minutes alors qu'il est de 4,8 (+/- 0,1) minutes pour le ProFile + le SAF.

Aucun de ces deux protocoles ne permet d'éliminer la totalité de l'obturation canalaire.

En moyenne, les résidus présents sur les parois canalaire représentent 5,39 % (IQR = 4,71) pour ProTaper et 0,41% (IQR = 1,64) pour ProFile et SAF du volume initial de l'obturation canalaire.

Sous 0,5% de résidus (seuil arbitraire), les canaux sont considérés comme étant « efficacement nettoyés ». Ceux-ci représentent 57% des canaux traités avec ProFile et SAF et aucun dans le groupe de ProTaper.

Conclusion: Aucune méthode ne permet d'obtenir un canal dépourvu de gutta-percha.

Selon les conditions de cette étude, la procédure qui associe ProFile et SAF donne de meilleurs résultats.

II-2.4) Expérience Clinique:

Eight months of clinical experience with the self-adjusting file system [49].

Solomonov M.

J Endod. 2011 Jun;37(6):881-7.

8 mois d'expérience clinique avec le SAF.

Objectif: Présenter pour la première fois des cas cliniques préparés avec le SAF et établir une classification canalaire en fonction de leurs difficultés et proposer des recommandations lors des traitements endodontiques pour chacune des catégories.

Matériels et Méthodes: Ce compte-rendu est basé sur l'expérience d'un endodontiste qui a utilisé le SAF pour traiter plus de 50 cas cliniques sur une période de huit mois.

Résultats: Il a réalisé une classification clinique des canaux selon leur difficulté. Il s'est basé sur le diamètre canalaire.

Les canaux faciles : leur longueur de travail est obtenue avec une lime ISO 20. A partir de cette étape, le SAF travaille pendant 4 minutes avec un débit de 4 mL/min de NaOCl.

Les canaux de difficulté moyenne : leur longueur de travail est obtenue avec une lime ISO 15. Avant de pouvoir insérer une lime ISO 20 jusqu'à la longueur de travail, il utilise soit un Profile 20.04 soit un Mtwo 15.05 ou un instrument rotatif similaire. Puis il utilise le SAF comme pour les canaux faciles.

Les canaux difficiles : leur longueur de travail est obtenue avec une lime ISO 10. Comme précédemment, avant d'insérer la lime ISO 20 jusqu'à la longueur de travail, il choisit un des protocoles suivants : soit Mtwo 10.04 -> Mtwo 15.05 -> 20 NiTi K-file ; soit PathFile 13.02 -> 16.02 -> 19.02 -> 20 NiTi K-file ; soit EndoWave MGP 10.02 -> 15.02 -> 20.02 -> 20 NiTi K-file. Puis il utilise le SAF comme pour les canaux faciles.

Conclusion : Cet endodontiste conclut en disant que le SAF a sa place dans la pratique endodontique quotidienne des omnipraticiens et des spécialistes. Cette classification permet d'adapter les séquences instrumentales selon la difficulté canalaire.

CONCLUSION

Le Self-Adjusting File est une lime creuse en Nickel-Titane dotée d'un fin maillage (120 μm). Son design unique lui confère des propriétés nouvelles jusque là inexplorées mais aussi une fragilité relative.

Cet instrument novateur associe simultanément une mise en forme canalaire tridimensionnelle et une irrigation continue pendant toute la durée de la préparation.

Grâce à sa capacité de déformation, le pourcentage de parois canales instrumentées avec le SAF est significativement supérieur à celui obtenu avec les instruments de rotation continue. Le SAF élimine une mince couche homogène de dentine radiculaire sur l'ensemble du canal sans atteindre 200 μm d'épaisseur. Ainsi, cette lime endodontique ne « sur-prépare » pas les canaux radiculaires et respecte leur géométrie initiale, particulièrement pour les canaux « longs-ovales » et en C. Sa flexibilité lui permet aussi d'être moins agressif envers les parois radiculaires et ne provoque pas ou peu (10%) de microfissures dentinaires.

Toutefois, d'après Paranjpe et al. en 2012, une mise en forme canalaire avec le SAF ne permet pas de contrôler l'élargissement apical et par conséquent, le choix du maître-cône devient complexe sans calibrage préalable.

L'élimination des débris, de la boue dentinaire, du tissu pulpaire et d'*Enterococcus faecalis* est efficace. Utiliser le SAF en complément d'irrigation (après une mise en forme avec des instruments classiques de rotation continue) améliore le nettoyage canalaire.

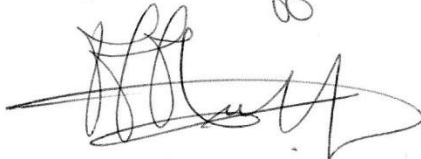
Cette lime ne ressemble pas aux instruments classiques en Nickel-Titane ce qui ne facilite pas les comparaisons. De plus, chaque étude a son propre protocole d'utilisation (temps d'action du SAF, concentrations de la solution d'irrigation, méthode d'analyse...) ; rien n'est standardisé.

Actuellement, la lime endodontique idéale n'existe pas mais ce concept innovant mérite d'être pris en considération et perfectionné afin de répondre aux exigences de la discipline.

Le Directeur de thèse

Franck DIEMER


Le Président du jury

Pz D. Duffaut


BIBLIOGRAPHIE

1. ABRAMOVITZ I, RELLES-BONAR S, BARANSI B, KFIR A.: **The effectiveness of a self-adjusting file to remove residual gutta-percha after retreatment with rotary files.** Int Endod J 2012 Apr;45(4):386-92.
2. ADIGÜZEL Ö. **A literature review of Self-Adjusting File.** Int Dent Res 2011; 1: 18-25.
3. ADIGÜZEL Ö, YIĞIT-ÖZER S, KAYA S, UYSAL İ, GANIDAĞLI-AYAZ S, AKKUŞ Z. **Effectiveness of ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) and MTAD on debris and smear layer removal using a self-adjusting file.** Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2011 Dec;112(6):803-8.
4. AKÇAY I, YIĞIT-ÖZER S, ADIGÜZEL Ö, KAYA S. **Deformation of the self-adjusting file on simulated curved root canals: a time-dependent study.** Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2011 Nov;112(5):e12-7.
5. ALVES FR, ALMEIDA BM, NEVES MA, ROÇAS IN, SIQUEIRA JF Jr. **Time-dependent antibacterial effects of the self-adjusting file used with two sodium hypochlorite concentrations.** J Endod. 2011 Oct;37(10):1451-5.
6. BASMACI F, ÖZTAN MD, KIYAN M: **Ex vivo evaluation of various instrumentation techniques and irrigants in reducing *E. faecalis* within root canals.** Int Endod J. 2013 Jan.
7. BEER R, BAUMANN MA, KIELBASSA AM: **Atlas de poche d'Endodontie.** 2008 ; 229 p.
8. BENSOUSSAN D. **Présentation d'une nouvelle lime endodontique.** L'information dentaire n°8 ; 23 Février 2011.
9. BENSOUSSAN DC. **Radiographie en endodontie.** JPIO Endodontie 2012 ; 514 p ; Chapitre 23.
10. BURROUGHS JR, BERGERON BE, ROBERTS MD, HAGAN JL, HIMEL VT. **Shaping ability of three nickel-titanium endodontic file systems in simulated S-shaped root canals.** J Endod. 2012 Dec;38(12):1618-21.
11. DE GREGORIO C, PARANJPE A, GARCIA A, NAVARRETE N, ESTEVEZ R, ESPLUGUES EO, COHENCA N. **Efficacy of irrigation systems on penetration of sodium hypochlorite to working length and to simulated uninstrumented areas in oval shaped root canals.** Int Endod J. 2012 May;45(5):475-81.
12. DE-DEUS G, BARINO B, MARINS J, MAGALHÃES K, THUANNE E, KFIR A: **Self-adjusting file cleaning-shaping-irrigation system optimizes the filling of oval-shaped canals with thermoplasticized gutta-percha.** J Endod. 2012 Jun;38(6):846-9.

13. DE-DEUS G, SOUZA EM, BARINO B, MAIA J, ZAMOLYI RQ, REIS C, KFIR A. **The self-adjusting file optimizes debridement quality in oval-shaped root canals.** J Endod. 2011 May;37(5):701-5.
14. DE-DEUS G, ACCORSI-MENDONÇA T, DE CARVALHO E, SILVA L, DE SOUZA LEITE CA, DA SILVA D, LIMA MOREIRA EJ. **Self-adjusting file cleaning-shaping-irrigation system improves root-filling bond strength.** J Endod. 2013 Feb;39(2):254-7.
15. DEDIEU M. **Etude de la préparation apicale sur la pénétration de différentes aiguilles d'irrigation : Révo-S vs ProTaper.** Thèse n° 2009-TOU3-3009.
16. DIEMER F. Cours de première année et de troisième année du deuxième cycle d'Odontologie.
17. DIETRICH MA, KIRKPATRICK TC, YACCINO JM. **In vitro canal and isthmus debris removal of the self-adjusting file, K3, and WaveOne files in the mesial root of human mandibular molars.** J Endod. 2012 Aug;38(8):1140-4.
18. FARMAKIS ETR, SOTIROPOULOS GG, PANTAZIS N, KOZYRAKIS K: **The permanent deformation of the self-adjusting files when used in canals of extracted teeth.** Int Endod J. 2013, Jan.
19. GAO Y, FAN B, CHEUNG GS, GUTMANN JL, FAN M. **C-shaped canal system in mandibular second molars part IV: 3-D morphological analysis and transverse measurement.** J Endod. 2006 Nov;32(11):1062-5.
20. GEORGELIN-GURGEL M. Cours de deuxième année du deuxième cycle d'Odontologie.
21. GULABIVALA K, PATEL B, EVANS G, NG YL. **Effects of mechanical and chemical procedures on root canal surfaces.** Endodontic Topics 2005;10:103-22.
22. HAUSER V, BRAUN A, FRENTZEN M. **Penetration depth of a dye marker into dentine using a novel hydrodynamic system (RinsEndo).** Int Endod J. 2007 Aug;40(8):644-52.
23. HIN ES, WU MK, WESSELINK PR, SHEMESH H. **Effects of self-adjusting file, Mtwo, and ProTaper on the root canal wall.** J Endod. 2013 Feb;39(2):262-4.
24. HOF R, PEREVALOV V, ELTANANI M, ZARY R, METZGER Z. **The self-adjusting file (SAF). Part 2: mechanical analysis.** J Endod. 2010 Apr;36(4):691-6.
25. KAYA S, YIĞIT-ÖZER S, ADIGÜZEL Ö. **Evaluation of radicular dentin erosion and smear layer removal capacity of self-adjusting file using different concentrations of sodium hypochlorite as an initial irrigant.** Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2011 Oct;112(4):524-30.

26. LIN J, SHEN Y, HAAPASALO M. **A comparative study of biofilm removal with hand, rotary Nickel-Titanium, and self-adjusting file instrumentation using a novel in vitro biofilm model.** J Endod 2013;1-6, in press.
27. MACHTOU P. **Irrigation et désinfection en endodontie.** JPIO Endodontie 2012 ; 514 p ; Chapitre 11.
28. MELO RIBEIRO MV, SILVA-SOUSA YT, VERSIANI MA, LAMIRA A, STEIER L, PECORA JD, SOUSA-NETO MD. **Comparison of the cleaning efficacy of self-adjusting file and rotary systems in the apical third of oval-shaped canals.** J Endod. 2013 Mar;39(3):398-401.
29. METZGER Z. **From files to SAF: 3D endodontic treatment is possible at last.** Alpha Omegan. 2011 Spring;104(1-2):36-44.
30. METZGER Z, TEPEROVICH E, COHEN R, ZARY R, PAQUE F, HÜLSMANN M. **The self-adjusting file (SAF). Part 3: removal of debris and smear layer-A scanning electron microscope study.** J Endod. 2010 Apr;36(4):697-702.
31. METZGER Z, ZARY R, COHEN R, TEPEROVICH E, PAQUE F. **The quality of root canal preparation and root canal obturation in canals treated with rotary versus self-adjusting files: a three-dimensional micro-computed tomographic study.** J Endod. 2010 Sep;36(9):1569-73.
32. METZGER Z, TEPEROVICH E, ZARY R, COHEN R, HOF R. **The self-adjusting file (SAF). Part 1: respecting the root canal anatomy--a new concept of endodontic files and its implementation.** J Endod. 2010 Apr;36(4):679-90.
33. PAQUE F, AL-JADAA A, KFIR A. **Hard-tissue debris accumulation created by conventional rotary versus self-adjusting file instrumentation in mesial root canal systems of mandibular molars.** Int Endod J. 2012 May;45(5):413-8.
34. PAQUE F, LAIB A, GAUTSCHI H, ZEHNDER M. **Hard-tissue debris accumulation analysis by high-resolution computed tomography scans.** J Endod. 2009 Jul;35(7):1044-7.
35. PAQUE F, MUSCH U, HÜLSMANN M. **Comparison of root canal preparation using RaCe and ProTaper rotary Ni-Ti instruments.** Int Endod J. 2005 Jan;38(1):8-16.
36. PAQUE F, PETERS OA. **Micro-computed tomography evaluation of the preparation of long oval root canals in mandibular molars with the self-adjusting file.** J Endod. 2011 Apr;37(4):517-21.
37. PAQUE F, RECHENBERG DK, ZEHNDER M. **Reduction of hard-tissue debris accumulation during rotary root canal instrumentation by etidronic acid in a sodium hypochlorite irrigant.** J Endod. 2012 May;38(5):692-5.

38. PAQUE F, ZEHNDER M, MARENDING M. **Apical fit of initial K-files in maxillary molars assessed by micro-computed tomography.** Int Endod J. 2010 Apr;43(4):328-35.
39. PARANJPE A, DE GREGORIO C, GONZALEZ AM, GOMEZ A, SILVA HERZOG D, PIÑA AA, COHENCA N. **Efficacy of the self-adjusting file system on cleaning and shaping oval canals: a microbiological and microscopic evaluation.** J Endod. 2012 Feb;38(2):226-31.
40. PECQUEUR P. **Instrumentation unique: une nouvelle ère endodontique ?** Thèse n° 2012-TOU3-3065.
41. PERTOT WJ, POMMEL L. **Mise en forme et nettoyage du système canalaire.** JPIO Endodontie 2012 ; 514 p ; Chapitre 10.
42. PETERS OA, BOESSLER C, PAQUE F. **Root canal preparation with a novel nickel-titanium instrument evaluated with micro-computed tomography: canal surface preparation over time.** J Endod. 2010 Jun;36(6):1068-72.
43. PETERS OA, LAIB A, GÖHRING TN, BARBAKOW F. **Changes in root canal geometry after preparation assessed by high-resolution computed tomography.** J Endod. 2001 Jan;27(1):1-6.
44. PETERS OA, PAQUE F. **Root canal preparation of maxillary molars with the self-adjusting file: a micro-computed tomography study.** J Endod. 2011 Jan;37(1):53-7.
45. ROOS T. **2011, année endo!** L'information dentaire n°8-23 Février 2011.
46. ROOS T, Metzger Z, Attal J-Y. **Le SAF®, lime auto-ajustable de préparation et d'irrigation.** Alpha Oméga n°141- Mai/Juin 2011.
47. RUCKMAN JE, WHITTEN B, SEDGLEY CM, SVEC T. **Comparison of the self-adjusting file with rotary and hand instrumentation in long-oval-shaped root canals.** J Endod. 2013 Jan;39(1):92-5.
48. SIQUEIRA JF Jr, ALVES FR, ALMEIDA BM, de OLIVEIRA JC, RÔÇAS IN. **Ability of chemomechanical preparation with either rotary instruments or self-adjusting file to disinfect oval-shaped root canals.** J Endod. 2010 Nov;36(11):1860-5.
49. SOLOMONOV M. **Eight months of clinical experience with the self-adjusting file system.** J Endod. 2011 Jun;37(6):881-7.
50. SOLOMONOV M, PAQUE F, FAN B, EILAT Y, BERMAN LH. **The challenge of C-shaped canal systems: a comparative study of the self-adjusting file and ProTaper.** J Endod. 2012 Feb;38(2):209-14.
51. SOLOMONOV M, PAQUE F, KAYA S, ADIGÜZEL O, KFIR A, YİĞİT-ÖZER S. **self-adjusting files in retreatment: a high-resolution micro-computed tomography study.** J Endod. 2012 Sep;38(9):1283-7.

52. VAN DER SLUIS LW, VERSLUIS M, WU MK, WESSELINK PR. **Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature.** Int Endod J. 2007 Jun;40(6):415-26.
53. VERSIANI MA, PECORA JD, DE SOUSA-NETO MD. **Flat-oval root canal preparation with self-adjusting file instrument: a micro-computed tomography study.** J Endod. 2011 Jul;37(7):1002-7.
54. VERTUCCI FJ. **Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures.** EndodonticTopics 2005;10:3-29.
55. VOET KC, WU MK, WESSEKINK PR, SHEMESH H. **Removal of gutta-percha from root canals using the self-adjusting file.** J Endod. 2012 Jul;38(7):1004-6.
56. www.redent.co.il/userfiles/file/IFU/English/RDT3_IFU_rev6.pdf.
57. www.redent.co.il/userfiles/file/IFU/French/SAF_IFU_French_rev2.pdf.
58. [www. redent.co.il/userfiles/file/VATEA_IFU_French.pdf](http://www.redent.co.il/userfiles/file/VATEA_IFU_French.pdf).
59. YIĞIT ÖZER S, ADIGÜZEL Ö, KAYA S. **Removal of debris and smear layer in curved root canals using self-adjusting file with different operation times – a scanning electron microscope study.** Int Dent Res 2011;1:1-6.
60. YOLDAS O, YILMAZ S, ATAKAN G, KUDEN C, KASAN Z. **Dentinal microcrack formation during root canal preparations by different NiTi rotary instruments and the self-adjusting file.** J Endod. 2012 Feb;38(2):232-5.

ANNEXES

Table 1. Morphology of the maxillary permanent teeth*

Tooth	Root	No. of teeth	Canals with lateral canals			Position of lateral canals			Transverse anastomosis between canals		Position of transverse anastomosis			Position of apical foramen		Apical deltas
						Cervical	Middle	Apical	Furcation		Cervical	Middle	Apical	Central	Lateral	
Central	-	100	24			1	6	93	-	-	-	-	-	12	88	1
Lateral	-	100	26			1	8	91	-	-	-	-	-	22	78	3
Canine	-	100	30			0	10	90	-	-	-	-	-	14	86	3
First premolar	-	400	49.5			4.7	10.3	74	11	34.2	16.4	58	25.6	12	88	3.2
Second premolar	-	200	59.5			4	16.2	78.2	1.6	30.8	18.8	50	31.2	22.2	77.8	15.1
First molar	MB	100	51			10.7	13.1	58.2	↑	52	10	75	15	24	76	8
	DB	100	36			10.1	12.3	59.6	18	0	0	0	0	19	81	2
	P	100	48			9.4	11.3	61.3	↓	0	0	0	0	18	82	4
Second molar	MB	100	50			10.1	14.1	65.8	↑	21	8	72	20	12	88	3
	DB	100	29			9.1	13.3	67.6	10	0	0	0	0	17	83	2
	P	100	42			8.7	11.2	70.1	↓	0	0	0	0	19	81	4

Note: Figures represent percentage of the total.

*Results published previously in: Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1984; 58:589-599.

Table 2. Morphology of the mandibular permanent teeth*

Tooth	Root	No. of teeth	Position of lateral canals				Transverse anastomosis		Position of transverse anastomosis				Position of apical foramen	
			Canals with lateral canals	Cervical	Middle	Apical	Furcation between canals		Cervical	Middle	Apical	Central	Lateral	Apical deltas
Central	-	100	20	3	12	85	-	-	-	-	-	25	75	5
Lateral	-	100	18	2	15	83	-	-	-	-	-	20	80	6
Canine	-	100	30	4	16	80	-	-	-	-	-	30	70	8
First premolar	-	400	44.3	4.3	16.1	78.9	0.7	32.1	20.6	52.9	26.5	15	85	5.7
Second premolar	-	400	48.3	3.2	16.4	80.1	0.3	30	0	66.7	33.3	16.1	83.9	3.4
First molar	Mesial	100	45	10.4	12.2	54.4	†	63	12	75	13	22	78	10
23														
Distal		100	30	8.7	10.4	57.9	↓	55	10	72	18	20	80	14
Second molar	Mesial	100	49	10.1	13.1	65.8	†	31	10	77	13	19	81	6
11														
Distal		100	34	9.1	11.6	68.3	↓	16	11	74	15	21	79	7

Note: Figures represent percentage of the total.

*Results published previously in: Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Radiol Endod 1984; 58:589-599.

Table 3. Classification and percentage of root canals of the maxillary teeth*

Teeth	No. of teeth	Total with one canal at apex				Total with two canals at apex				Total with three canals at apex	
		Type I, 1 canal	Type II, 2-1 canals	Type III, 1-2-1 canals	Type IV, 2 canals	Type V, 1-2 canals	Type VI, 1-2-1 canals	Type VII, 1-2-1-2 canals	Type VIII, 3 canals		
Maxillary central	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maxillary lateral	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maxillary canine	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maxillary first premolar	400	8	18	0	26	62	7	0	0	69	5
Maxillary second premolar	200	48	22	5	75	11	6	5	2	24	1
Maxillary first molar											
Mesiobuccal	100	45	37	0	82	18	0	0	0	18	0
Distobuccal	100	100	0	0	100	0	0	0	0	0	0
Palatal	100	100	0	0	100	0	0	0	0	0	0
Maxillary second molar											
Mesiobuccal	100	71	17	0	88	12	0	0	0	12	0
Distobuccal	100	100	0	0	100	0	0	0	0	0	0
Palatal	100	100	0	0	100	0	0	0	0	0	0

*Results published previously in: Verrucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Endod 1984; 58:589-599.

Table 4. Classification and percentage of root canals of the mandibular teeth*

Teeth	No. of teeth	Type I, 1 canal	Type II, 2-1 canals	Type III, 1-2-1 canals	Total with one canal at apex	Type IV, 2 canals	Type V, 1-2 canals	Type VI, 1-2-1 canals	Type VII, 1-2-1-2 canals	Total with two canals at apex	Type VIII, 3 canals	Total with three canals at apex
Mandibular central incisor	100	70	5	22	97	3	0	0	0	3	0	0
Mandibular lateral incisor	100	75	5	18	98	2	0	0	0	2	0	0
Mandibular canine	100	78	14	2	94	6	0	0	0	6	0	0
Mandibular first premolar	400	70	0	4	74	1.5	24	0	0	25.5	0.5	0.5
Mandibular second premolar	400	97.5	0	0	97.5	0	2.5	0	0	2.5	0	0
Mandibular first molar												
Mesial	100	12	28	0	40	43	8	10	0	59	1	1
Distal	100	70	15	0	85	5	8	2	0	15	0	0
Mandibular second molar												
Mesial	100	27	38	0	65	26	9	0	0	35	0	0
Distal	100	92	3	0	95	4	1	0	0	5	0	0

*Results published previously in: Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1984; 58:589-599.



LE SELF ADJUSTING FILE: SAF

La thérapeutique endodontique est un acte complexe à l'image de l'anatomie du réseau canalaire radiculaire. Une mise en forme et une irrigation adéquates sont indispensables pour se rapprocher des objectifs fixés par la discipline. L'instrumentation en Nickel-Titane nécessite d'alterner de manière répétée la préparation mécanique et la préparation chimique.

Le Self-Adjusting File est l'une des premières limes endodontiques uniques de mise en forme canalaire. Son design original lui confère deux propriétés innovantes. La première est la capacité de s'adapter longitudinalement et transversalement à la géométrie canalaire. La seconde est l'aptitude à délivrer une solution d'irrigation de façon continue tout au long du nettoyage canalaire.

LE SELF ADJUSTING FILE: SAF

The endodontic therapy is as complex as root canal anatomy. Adequate shaping and cleaning are essential to reach the goals set by the discipline. Nickel-Titanium preparation requires to apply mechanical shaping and chemical cleaning in a repetitive way during all the treatment.

The Self-Adjusting File is one of the first and unique endodontic files for root canal shaping. Its original design provides two innovative properties. The first one is the ability to adapt lengthwise and crosswise to the canal geometry. The second is the capacity to deliver a continuous irrigation solution throughout the canal cleaning.

DISCIPLINE ADMINISTRATIVE : Chirurgie Dentaire

MOTS CLES : **Le Self-Adjusting File**

Instrument Nickel-Titane

Adaptation 3D

Mise en forme

Irrigation continue

INTITULE ET ADRESSE DE L'U.F.R OU DU LABORATOIRE :

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

3, chemin des Maraîchers

31062 Toulouse Cedex 9

DIRECTEUR DE THESE : **Docteur Franck DIEMER**