

UNIVERSITE DE NANTES
UNITÉ DE FORMATION ET DE RECHERCHE D’DONTOLOGIE

Année : 2014

N° : 025

**LE SYSTEME SELF ADJUSTING FILE® EN
ENDODONTIE**

THÈSE POUR LE DIPLÔME D’ÉTAT DE
DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

*présentée
et soutenue publiquement par*

ANDRE Pierre

Né le 19 novembre 1987 à Saint-Sébastien-sur-Loire

Le 08 juillet 2014 devant le jury ci-dessous :

Président : Madame le Professeur Fabienne PEREZ

Assesseur : Madame le Docteur Valérie ARMENGOL

Assesseur : Madame le Docteur Bénédicte CASTELOT-ENKEL

Directeur de thèse : Monsieur le Docteur Dominique MARION

UNIVERSITÉ DE NANTES	
Président	Pr. LABOUX Olivier
FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE	
Doyen	Pr. AMOURIQ Yves
Assesseurs	Dr. RENAUDIN Stéphane Pr. SOUEIDAN Assem Pr. WEISS Pierre
Professeurs des Universités Praticiens hospitaliers des C.S.E.R.D.	
Monsieur AMOURIQ Yves Madame ALLIOT-LICHT Brigitte Monsieur GIUMELLI Bernard	Monsieur LESCLOUS Philippe Madame PEREZ Fabienne Monsieur SOUEIDAN Assem Monsieur WEISS Pierre
Professeurs des Universités	
Monsieur BOHNE Wolf (Professeur Emérite) Monsieur JEAN Alain (Professeur Emérite)	Monsieur BOULER Jean-Michel
Praticiens Hospitaliers	
Madame DUPAS Cécile	Madame LEROUXEL Emmanuelle
Maîtres de Conférences Praticiens hospitaliers des C.S.E.R.D.	Assistants hospitaliers universitaires des C.S.E.R.D.
Monsieur AMADOR DEL VALLE Gilles Madame ARMENGOL Valérie Monsieur BADRAN Zahi Monsieur BODIC François Madame DAJEAN-TRUTAUD Sylvie Monsieur DENIAUD Joël Madame ENKEL Bénédicte Monsieur GAUDIN Alexis Monsieur HOORNAERT Alain Madame HOUCHMAND-CUNY Madline Madame JORDANA Fabienne Monsieur KIMAKHE Saïd Monsieur LAGARDE André Monsieur LE BARS Pierre Monsieur LE GUEHENNEC Laurent Madame LOPEZ-CAZAUX Séréna Monsieur MARION Dominique Monsieur NIVET Marc-Henri Monsieur RENAUDIN Stéphane Madame ROY Elisabeth Monsieur STRUILLOU Xavier Monsieur UNGER François Monsieur VERNER Christian	Madame BOEDEC Anne Monsieur CLÉE Thibaud Monsieur DAUZAT Antoine Madame DAZEL LABOUR Sophie Monsieur DEUMIER Laurent Monsieur LE BOURHIS Antoine Monsieur KOUADIO Kouakou (assistant associé) Monsieur LANOISELEE Edouard Madame LEGOFFE Claire Madame MAÇON Claire Madame MALTHIERY Eve Madame MELIN Fanny Madame MERAMETDJIAN Laure Monsieur PILON Nicolas Monsieur PRUD'HOMME Tony Monsieur RESTOUX Gauthier Madame RICHARD Catherine Monsieur ROLOT Morgan

Janvier 2014

Par délibération, en date du 6 décembre 1972, le Conseil de la Faculté de Chirurgie Dentaire a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'il n'entend leur donner aucune approbation, ni improbation.

REMERCIEMENTS

A Madame le Professeur Fabienne PEREZ,

- Professeur des Universités.
- Praticien Hospitalier des Centres de soins, d'enseignement et de recherches dentaires.
- Chef du Service d'Odontologie Conservatrice et Pédiatrique
- Chef du Département d'Odontologie Conservatrice-Endodontie

- NANTES -

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury.

Pour votre disponibilité, ainsi que vos conseils lors de la rédaction de cette thèse.

Veillez trouver ici le témoignage de ma sincère gratitude et de ma profonde considération.

A Monsieur le Docteur Dominique MARION,

- Maître de Conférences des Universités.
- Praticien Hospitalier des Centres de soins, d'enseignement et de recherche dentaires.
- Département d'Odontologie Conservatrice-Endodontie.

- NANTES -

Pour m'avoir fait l'honneur de diriger cette thèse.

Pour m'en avoir inspiré le sujet.

Pour votre pédagogie et la qualité de votre enseignement, ainsi que la justesse des conseils prodigués au cours de mon apprentissage clinique.

Veillez trouver ici l'expression de mes sincères remerciements et de ma profonde estime.

A Madame le Docteur Valérie ARMENGOL,

- Maître de Conférences des Universités.
- Praticien Hospitalier des Centres de soins, d'enseignement et de recherche dentaires.
- Département d'Odontologie Conservatrice-Endodontie.

- NANTES -

Pour m'avoir fait l'honneur de prendre part à ce jury.

Pour votre disponibilité et la qualité de vos conseils lors de la rédaction de cette thèse.

Pour la gentillesse, l'accessibilité et l'écoute dont vous faites preuve à l'égard de vos étudiants.

Veillez trouver ici l'expression de ma gratitude la plus sincère et le témoignage de mon plus grand respect.

A Madame le Docteur Bénédicte CASTELOT-ENKEL,

- Maître de Conférences des Universités.
- Praticien Hospitalier des Centres de soins, d'enseignement et de recherche dentaires.
- Département d'Odontologie Conservatrice-Endodontie.

- NANTES -

Pour m'avoir fait l'honneur de participer à ce jury.

Pour votre aide lors de l'étude bibliographique sur laquelle repose cette thèse.

Pour votre bienveillance et votre humanité dont j'ai été le témoin au cours de mon cursus.

Veillez trouver ici l'expression de mes sincères remerciements et de mon profond respect.

A mes parents,

Pour votre amour et votre soutien sans faille depuis le début. Vous m'avez toujours apporté ce dont j'avais besoin et c'est sûrement grâce à vous que j'en suis ici aujourd'hui.

A mon frère,

Pour toutes ces années passées ensemble et ces délires qui n'appartiennent qu'à nous (j'ai toujours su qu'en réalité tu pensais au phoque à capuchon de l'Atlantique Nord...). En espérant que notre complicité reste intacte et à tous les néologismes et autres gimmicks à venir !

A ma soeur,

Tes deux grands frères t'ont ouvert la voie, il ne te reste plus qu'à trouver ce que tu as envie de faire plus tard. Sache que je suis très fier de la jeune fille que tu es devenue et que je le resterai quels que soient les choix que tu feras.

A mes cousins, à ma famille,

Pour les bons souvenirs partagés ensemble.

A Mélo,

Sans qui ces années de fac n'auraient pas été les mêmes. Pour notre complicité et les bons moments passés à la fac et en dehors. Parce que nous avons été les témoins mutuels de "dossiers" de soirée que nous emporterons dans la tombe (ou pas !). A notre future association et à notre futur cabinet vue mer !

A Marie Caroline,

Pour ton soutien sans faille en tant que binôme malgré mes retards chroniques, et pour l'amie que tu es devenue par la suite. Pour nos matinées passées à la BU, et pour les parties de bad endiablées qui suivaient.

A Coco et Alexiou,

Parce que malgré les *a priori* nantais sur les Parisiennes, j'ai découvert deux filles AU TOP ! A nos futures soirées à l'Eléphant et autres chourrages d'antennes à venir.

A Aurélien,

Pour notre amitié qui dure depuis le lycée.

A Arnaud et Fabien,

Parce qu'à défaut de vous avoir vu sauver quoique ce soit, on aura passé des soirées bien sympas ensemble.

A Yasmina,

Pour notre passion commune pour le karaoké (ton petit coup de fouet avec le fil du micro restera dans ma mémoire à jamais...)

A Claire et à Béa,

Pour vos conseils et votre soutien lors de la rédaction de cette thèse,

A mes amis : Victor, Thomas, Morgan, Jonathan, Ophélie,

Au Pita Pit de Nantes,

Pour m'avoir inspiré l'un de mes plus grands tubes.

Aux internes de Nantes,

Dont j'aurais squatté régulièrement le bureau durant ces dernières années.

A Valou,

Pour avoir été une excellente marraine de promo.

SOMMAIRE :

I. Introduction	13
II. Généralités sur l'endodontie	15
II-1. Définition et processus pathologiques	15
II-2. Principes du traitement endodontique	17
II-2.1. La mise en forme canalaire	17
II-2.1.1. Complexité du système endocanalaire	17
II-2.1.2. Objectifs de la mise en forme canalaire	19
II-2.2. L'irrigation	20
II-2.3. L'obturation	21
II-3. Indications et contre-indications du traitement endodontique	23
III. Evolution de l'instrumentation endodontique	24
III-1. Rappels de termes génériques à l'instrumentation endodontique	24
III-1.1. Diamètre et conicité	24
III-1.2. Pas d'hélice	26
III-1.3. Notions d'angles	27
III-1.3.1 L'angle d'hélice	27
III-1.3.2. L'angle de coupe	27
III-1.3.3. L'angle de pointe.....	28
III-1.4. Section de l'instrument	28

III-2. Les instruments en acier inoxydable	29
III-2.1. Instruments manuels en acier inoxydable	29
III-2.1.1. Les limes K et les broches	29
III-2.1.2. Les limes H	29
III-2.1.3. Le tire-nerf	29
III-2.2. Instrumentation mécanisée en acier inoxydable	30
III-3. Introduction du Nickel-Titane et rotation continue en endodontie	31
III-3.1. Principaux avantages du Nickel-Titane	31
III-3.1.1. Superélasticité	31
III-3.1.2. Grande flexibilité	32
III-3.2. Le mouvement de rotation continue	32
III-3.3. Différentes générations d'instruments de rotation continue	33
III-4. Un nouveau concept de mise en forme : l'instrument unique	36
III-4.1. Le mouvement de réciprocité	36
III-4.2. Instrument unique et rotation continue	37
IV- Le système Self Adjusting File®	39
IV-1. Description du système Self Adjusting File®	39
IV-1.1. La lime Self Adjusting File®	39
IV-1.2. Dynamique instrumentale	42
IV-1.3. Le système d'irrigation associée	43
IV-2. Données mécaniques	44
IV-2.1. Résistance à la torsion	44
IV-2.2. Test de fatigue cyclique	44

IV-2.3. Test de flambage	45
IV-2.4. Résistance à la fracture	46
IV-3. Protocole d'utilisation	46
IV-4. Contre-indications à l'utilisation du Self Adjusting File®	47
V- Le Self Adjusting File® dans la littérature	48
V-1. Les capacités de mise en forme du Self Adjusting File®	48
V-1.1 Persistance de zones non instrumentées après mise en forme.....	49
V-1.2. Le transport canalaire	51
V-2. Les capacités de désinfection du Self Adjusting File ®.....	52
V-2.1. Renouvellement continu de l'agent d'irrigation	52
V-2.2. Etudes comparatives : réduction de populations bactériennes	53
V-3. Les capacités de débridement du Self Adjusting File®	56
V-4. Diminution du risque de fracture instrumentale	58
V-5. Autres publications	61
V-5.1. Publications relatives à la formation de microfissures	61
V-5.2. Publications relatives aux projections de débris au delà de l'apex	62
V-5.3. Publications relatives au retraitement endodontique.....	63
V-6. Analyse critique de la littérature	65
VI- Conclusions	70
Annexes.....	71
Références bibliographiques	83

I. Introduction :

Acte du quotidien de tout praticien, le traitement endodontique peut s'avérer parfois complexe et redouté : en effet, le complexe endocanalair n'étant pas accessible en vision directe, le praticien doit se référer à ses sensations tactiles et à des clichés radiographiques pour l'assainir. Si différentes aides telles que le microscope endodontique ou bien encore le localisateur d'apex ont été développées de manière à pallier ce problème, elles ne feront pas l'objet de ce travail.

La réussite du traitement endodontique est primordiale, car elle conditionne la pérennité des traitements prothétiques qui lui font suite et l'avenir fonctionnel de la dent. Même si les principes fondateurs de l'endodontie sont inchangés depuis plusieurs dizaines d'années et préconisent une préparation chimio-mécanique suivie de l'obturation du système endocanalair de manière à éviter tout développement bactérien en son sein, la variabilité de son anatomie peut aboutir à des échecs. La préparation mécanique du système endocanalair conditionnant la réussite de la désinfection et de l'obturation de ce dernier, un soin particulier doit lui être apporté. Devant ce constat, différents progrès ont été réalisés afin de simplifier cette étape. Qu'il s'agisse de leur mode d'action ou de leur composition, un grand nombre de systèmes de mise en forme ont vu le jour au cours de ces dernières décennies. L'introduction du Nickel-Titane dans la composition des limes de mise en forme, associée à un mouvement de rotation continue, est certainement l'avancée la plus marquante des 20 dernières années dans ce domaine. Néanmoins, certaines critiques peuvent être formulées à l'encontre de ces instruments, notamment leur propension à la fracture s'ils sont mal utilisés ou en cas de courbure radiculaire prononcée. De plus, des études ont montré que de par leurs formes cylindro-coniques, ces instruments ont tendance à laisser des zones du canal non instrumentées, et ce de manière plus flagrante dès lors que le canal n'est pas de section ronde. Si le Nickel-Titane est toujours l'alliage de référence en endodontie par ses capacités de déformations exceptionnelles, des concepteurs ont tenté de l'employer d'une façon différente que sous la forme de limes de mise en forme coniques jusqu'alors commercialisées, ceci afin de permettre une préparation chimique et mécanique simultanées du système endocanalair.

De ces réflexions est né le système Self Adjusting File®, dont les caractéristiques seront développées au cours de cette thèse.

Ce travail présente une première partie destinée à rappeler succinctement quelques termes propres à la pratique endodontique et à préciser les différentes étapes du traitement endodontique.

Dans un second temps, les grandes lignes de l'évolution de l'instrumentation endodontique seront évoquées, puis les caractéristiques du système Self Adjusting File® seront développées.

Enfin, le système Self Adjusting File® sera confronté aux autres systèmes de mise en forme, en s'appuyant sur une analyse critique des articles scientifiques qui lui sont consacrés.

II . Généralités sur l'endodontie :

II-1. Définition et processus pathologiques :

L'endodontie est la branche de l'odontologie qui traite de la pulpe dentaire et des pathologies qui lui sont associées. Le diagnostic d'une pathologie pulpaire repose sur plusieurs critères diagnostiques (anamnèse du patient, observations cliniques, clichés radiographiques). Les étiologies sont multiples (bactériennes, mécaniques, chimiques...) et de manière générale, on distingue trois grands types de pathologies pulpaires, sur la base de notions de vitalité pulpaire et de réversibilité du processus pathologique (46,55) :

Pulpite réversible :

Elle est liée à une inflammation du tissu pulpaire, consécutive à la formation d'une carie la plupart du temps. Cette inflammation est due au passage de bactéries et de leurs toxines au sein des tubuli dentinaires. L'interrogatoire du patient révèle des douleurs survenant après stimulation thermique, chimique ou bien encore osmotique (8,55). Les douleurs cessent rapidement après l'arrêt du stimulus, confirmant le caractère réversible de l'inflammation. Le traitement effectué visera à supprimer la cause de cette inflammation et à conserver la vitalité pulpaire (46,55).

Pulpite irréversible :

Elle fait généralement suite à une pulpite réversible non traitée à temps. Le patient peut présenter dans un premier temps des douleurs provoquées par un stimulus, mais qui persistent longtemps après l'arrêt de ce dernier (55). Puis sans traitement adéquat, les douleurs deviennent spontanées : elles sont alors intenses, pulsatiles et irradiantes et sont exacerbées par le chaud et la prise d'alimentation sucrée. Le traitement endodontique est indiqué dans ce cas (8,46).

Nécrose pulpaire :

Elle est l'évolution logique d'une pulpite non traitée : en effet, le processus inflammatoire prend alors le dessus sur les défenses du tissu pulpaire, ce qui aboutit à une destruction

progressive de ce dernier. On assiste à un développement de bactéries au sein du système endocanalaire et donc à la transformation d'un processus inflammatoire en une infection bactérienne (8,46). On notera que la nécrose pulpaire peut survenir à la suite d'un traumatisme dentaire, pouvant provoquer une rupture du paquet vasculo-nerveux apical : on parle alors de nécrose aseptique (46). Le traitement endodontique est indiqué en cas de nécrose pulpaire, ce processus pathologique peut être parfaitement asymptomatique avant apparition de complications périapicales. Il se traduit cliniquement par un test de vitalité pulpaire négatif et un cliché rétroalvéolaire montrant un élargissement ligamentaire plus ou moins prononcé (8,46). Les douleurs amenant les patients à consulter dans le cadre d'une nécrose pulpaire découlent généralement de complications périapicales (55).

Nécrose pulpaire avec complications périapicales :

- Parodontite apicale aiguë :

Elle signe une inflammation du parodonte apical à la suite du passage de bactéries provenant du système endocanalaire vers les tissus périapicaux. L'inflammation entraîne une destruction progressive du système d'attache et de l'os alvéolaire, se traduisant par une image radioclaire à la lecture d'un cliché rétroalvéolaire. Cliniquement, le patient présente des douleurs sourdes, continues et exacerbées par le contact occlusal (55). Le test de vitalité négatif confirme la nécrose, et des tests de percussions positifs viendront confirmer la participation périapicale (46). A ce stade, l'examen du fond du vestibule est normal (46,55).

- Abscessus alvéolaire aigu :

Il résulte de la diffusion de l'infection entre le périoste et l'os alvéolaire. Si elle n'est pas traitée, elle peut diffuser dans les tissus mous et occasionner une cellulite, qui peut relever de l'urgence médicale (46). Les douleurs sont spontanées, très intenses et continues, et le contact occlusal est insupportable. La palpation vestibulaire est douloureuse et le cliché radiographique révèle une lésion périapicale plus ou moins étendue (46,55). Le traitement endodontique est réalisé après diminution de la charge bactérienne, soit par drainage de l'abcès ou par prescription antibiotique.

II-2. Principes du traitement endodontique :

Le traitement endodontique a pour but la prévention ou l'élimination de toute infection du système endocanalaire en supprimant les bactéries et leurs toxines susceptibles de s'y développer ainsi que tous les débris organiques qui pourraient favoriser leur prolifération (46). Il repose sur une préparation chimio-mécanique du système endocanalaire suivie de son obturation tridimensionnelle, de manière à transformer une dent pathologique en une entité saine, asymptomatique et fonctionnelle (25).

II-2.1. La mise en forme canalairé :

Elle constitue la phase mécanique du traitement endodontique et est exécutée grâce à des instruments manuels et mécanisés. Il est important de comprendre que la mise en forme du canal n'a pas pour vocation première de retirer le tissu pulpaire et d'éliminer les bactéries (46). En effet, la complexité du système endocanalaire n'est plus à démontrer et certaines zones du système endocanalaire restent non instrumentées après passage des instruments de mise en forme.

II-2.1.1 Complexité du système endocanalaire :

Elle constitue une des causes d'échecs du traitement endodontique car malgré une bonne connaissance de l'anatomie dentaire, les variations anatomiques sont très fréquentes et peuvent être particulièrement retorses. A ce titre, on parle de réseau endocanalaire : en effet, les canaux principaux habituellement observés communiquent bien souvent entre eux et présentent des ramifications. Ainsi on peut observer la présence de canaux latéraux, de canaux accessoires, d'isthmes ou encore de deltas apicaux, représentant autant de difficultés lors de l'étape de mise en forme (32).

Plusieurs auteurs s'y sont intéressés et plusieurs classifications ont vu le jour. La classification de Vertucci édictée en 1984 (66) est particulièrement complète et offre un aperçu intéressant du caractère torturé que peut revêtir l'anatomie endodontique. Elle regroupe 8 configurations canalaires en fonction du nombre de canaux qui débent au niveau de la chambre pulpaire, qui se forment au long de la trajectoire canalairé et qui s'ouvrent au niveau du foramen apical.

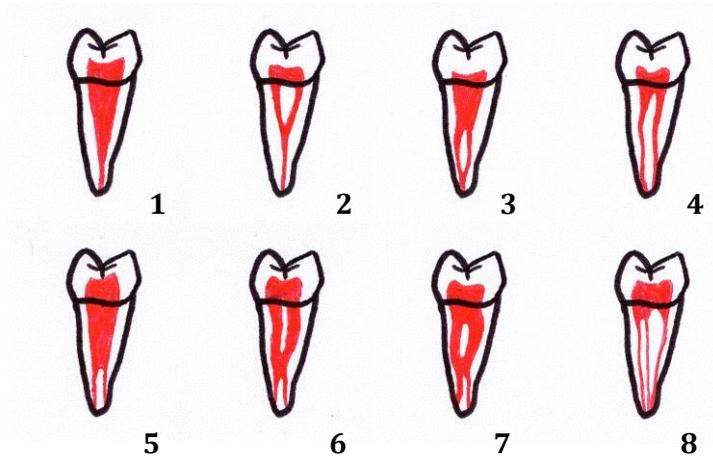


Figure n°1 : Illustration de la classification de Vertucci. Exemple d'une 1^{ère} prémolaire mandibulaire. D'après Vertucci, Root canal anatomy of the human permanent teeth, 1984 (66)

Il existe également des variations d'anatomie canalaire dans le sens mésio-distal : Jou et coll. classent ces variations en fonctions de leurs sections transversales (28) :

- Ronde
- Ovale : lorsque la valeur maximale du diamètre vestibulo ou linguo-palatin est 2 fois supérieure au diamètre mésio-distal
- « Longue-ovale » : lorsque la valeur maximale du diamètre vestibulo ou linguo-palatin est 2 à 4 fois supérieure au diamètre mésio-distal
- Aplatie, en forme de ruban ou de C

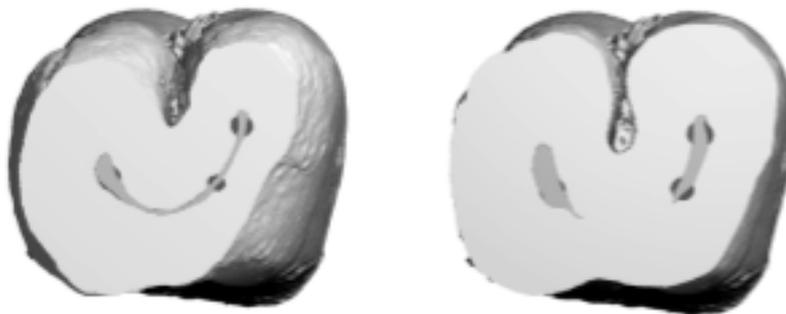


Figure n°2 : Reconstruction 3D d'une dent présentant un canal en C. D'après Solomonov M et coll, The challenge of C-shaped canal systems: a comparative study of the Self-adjusting file and ProTaper, 2012 (59)

Ces différentes classifications montrent à quel point l'anatomie canalaire peut être variable et complexe : il devient alors évident que les instruments endodontiques ne peuvent permettre à

eux seuls un nettoyage complet du système endocanalair. Ce sont les agents d'irrigation qui vont permettre le nettoyage et la désinfection de ces zones inaccessibles pour les instruments de mise en forme (54).

II-2.1.2. Objectifs de la mise en forme canalair :

La mise en forme doit donc plutôt être vue comme un préalable nécessaire à une action efficace et adéquate des agents d'irrigation (46,54). De plus, elle va conditionner la qualité de l'obturation et donc la pérennité du traitement endodontique. Les objectifs de la mise en forme ont été édictés par Schilder en 1974 et sont toujours en vigueur aujourd'hui (46,53, 55) :

- Obtention d'une conicité continue et régulière de l'apex jusqu'à l'orifice coronaire,
- Mise en forme suffisante du 1/3 apical,
- Respect de la trajectoire canalair initiale,
- Maintien du foramen apical le plus étroit possible,
- Maintien de la position du foramen apical, en évitant toute déchirure ou tout déplacement de ce dernier.

La conicité régulière de l'orifice coronaire jusqu'à l'extrémité apicale permet la propagation et le renouvellement des agents d'irrigation (46,55) de manière à désinfecter et nettoyer les zones les plus inaccessibles du système endocanalair, notamment le dernier tiers apical. Elle permet également, associée à un respect de l'anatomie et de la position du foramen apical, de potentialiser les pressions hydrauliques mises en jeu lors de la phase d'obturation (46). Enfin, le bon respect du foramen apical prévient les risques de dépassement de matériau d'obturation et d'agents d'irrigation, pouvant occasionner de sérieuses complications postopératoires (55). En conclusion, l'étape de la mise en forme canalair est primordiale car elle conditionne la qualité du nettoyage et de l'obturation canalair. Elle peut s'avérer délicate en cas d'anatomie canalair complexe.

II-2.2. L'irrigation :

L'irrigation constitue la composante chimique du traitement endodontique. Elle repose sur l'utilisation d'agents d'irrigation qui devront être employés conjointement et tout au long de l'étape de mise en forme canalaire, entre le passage de chaque instrument. Elle assure les fonctions suivantes (8,55) :

D'une part une action physique :

- Elimination des débris organiques et minéraux par effet de chasse (ou « flush »).
- Lubrification des instruments de manière à faciliter leur progression.

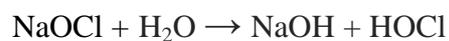
D'autre part une action chimique :

- Action antibactérienne.
- Action solvante sur les débris organiques.
- Absence de toxicité pour le péri-apex.

Il existe historiquement un grand nombre d'agents d'irrigation ; néanmoins il ressort à l'heure actuelle que l'hypochlorite de sodium (NaOCl) est la solution d'irrigation de référence en endodontie (8,38,46,55). Il présente les avantages suivants :

- Large spectre antibactérien.
- Action sur les bactéries, les spores, les levures et les virus.
- Action solvante sur les tissus vivants comme les tissus nécrosés, grâce à son activité protéolytique.
- Faible coût d'utilisation.

L'action antibactérienne et solvante du NaOCl est permise grâce à la libération d'acide hypochloreux (HOCl), autrement appelé chlore actif, lorsque le NaOCl est sous forme aqueuse (38,55) :



La quantité de chlore actif libéré dépend du degré de dilution de NaOCl : plus la solution d'irrigation sera concentrée en NaOCl, plus la quantité de chlore actif sera grande et par conséquent, plus ses capacités de désinfection seront importantes.

On utilise classiquement le NaOCl sous sa forme à 2,5%. On peut utiliser le NaOCl jusqu'à une concentration de 5,25% avant de voir apparaître des effets cytotoxiques (8,55). Si à cette concentration le NaOCl peut être normalement employé sans danger, on préférera l'utiliser sous une forme plus diluée pour limiter les risques de dégradation des tissus apicaux. Pour compenser la quantité de chlore actif plus faible, on renouvellera régulièrement la solution d'irrigation de manière à permettre une présence continue de chlore actif au sein du système endocanalaire (38,55).

La phase d'irrigation peut être réalisée par différents moyens qui seront développés plus en détail dans une partie ultérieure. On notera simplement que dans tous les cas, l'irrigation doit être délivrée de manière passive afin d'éviter tout risque de propulsion du produit d'irrigation dans le péri-apex (38,55).

Si le NaOCl est considéré à ce jour comme l'agent d'irrigation de choix, il présente néanmoins certains inconvénients. On pourra citer son mauvais goût et sa toxicité à trop forte concentration (38,55). Ces inconvénients sont néanmoins facilement contournables par la mise en place d'un champ opératoire adéquat et par l'utilisation de solutions prédosées proposées par différents fabricants (55). Enfin, de nombreuses études ont montré l'intérêt d'utiliser des agents dits chélatants en guise d'irrigation finale : leur action tendrait à favoriser l'élimination de la boue dentinaire, qui constitue un obstacle à l'étanchéité de l'obturation si elle n'est pas correctement retirée. On peut citer en exemple l'acide éthylène diamine tétraacétique (EDTA) ou l'acide citrique (8,46,55).

II-2.3. L'obturation :

L'obturation est l'étape finale du traitement endodontique : elle se veut tridimensionnelle et étanche et doit sceller toute communication entre le système endocanalaire et le parodonte, dans le but d'assurer la pérennité du traitement endodontique. Elle doit s'accompagner d'une reconstruction coronaire étanche afin de (46,55) :

- Prévenir une potentielle réinfection du système endocanalaire par des bactéries.
- Couper la source de nutrition des éventuelles bactéries non éliminées lors du traitement endodontique.

- Créer des conditions propices à la cicatrisation.

Elle intervient après les étapes de mise en forme et d'irrigation du système endocanalaire : on s'assurera avant sa réalisation que toute trace d'humidité a été supprimée en utilisant des cônes de papier. En effet, si les parois canalaires ne sont pas préalablement asséchées, l'humidité présente crée une interface entre la dentine radiculaire et le matériau d'obturation, mettant ainsi en péril l'étanchéité de l'obturation. De la même manière, l'obturation devra être repoussée en cas de suintement ou de saignement apical persistant et réalisée lors d'une séance ultérieure (46,55).

Les données actuelles préconisent l'emploi de gutta percha associée à un ciment de scellement canalaire. La gutta percha est le matériau référent pour l'obturation du système endocanalaire : elle est dérivée du latex et est biocompatible et non résorbable (55). Elle se présente classiquement sous forme de cônes, mais peut être aussi utilisée sous forme de tuteurs ou sous forme injectable (54).

Le ciment d'obturation quant à lui se présente la plupart du temps sous forme de poudre d'oxyde de zinc que l'on doit mélanger à un liquide à base d'eugénol mais peut aussi être commercialisé sous la forme d'une seringue contenant une base et un catalyseur. Il assure les fonctions suivantes (55) :

- Assurer un joint étanche entre la gutta et les parois canalaires.
- Comblent les vides au sein de la masse de gutta.
- Participer à l'obturation des infractuosités du système endocanalaire (canaux accessoires, isthmes...).

De nombreuses techniques d'obturation ont été développées et décrites au cours des dernières décennies :

Longtemps employée, la technique dite du monocône est aujourd'hui considérée comme obsolète : reposant sur l'emploi d'un cône de gutta unique associé à une pâte d'obturation introduite à l'aide d'un lentulo, elle ne permet pas un contrôle suffisant du niveau d'obturation, amenant à des sous obturations ou à l'inverse, des dépassements de pâte, pouvant engendrer nombre de complications (46). De plus, cette technique entraîne un

manque d'étanchéité à court ou moyen terme. Enfin, le lentulo est un instrument fragile, sa fracture est donc relativement fréquente (55).

Les recommandations actuelles préconisent une condensation de la gutta percha : qu'elle soit réalisée à froid ou à chaud, elle est indispensable à l'obtention d'une obturation tridimensionnelle et étanche de qualité. Les pressions générées lors de cette étape aboutissent à l'obturation des espaces latéraux du système endocanalair (55) et autorisent un contact intime entre le matériau d'obturation et les parois canalaïres dans les 3 plans de l'espace. De plus, la condensation permet de réduire l'épaisseur de ciment entre la gutta et la dentine radicaïre, ce qui constitue un gage d'étanchéité (54). On notera enfin que les techniques de condensation à chaud sont actuellement considérées comme étant celles offrant les meilleurs résultats en termes d'obturation du système endocanalair et d'étanchéité (55). Elles nécessitent cependant une certaine maîtrise car mal employées, elles sont à l'origine d'élévations de température importantes susceptibles de créer des dégâts au niveau du ciment et du ligament alvéolo-dentaire (46).

II-3. Indications et contre-indications du traitement endodontique : (25)

Le traitement endodontique est **indiqué** dans les situations suivantes :

- Pulpite irréversible ou nécrose pulpaire avec ou sans complications périapicales.
- Pulpe vivante dans certains cas de figure : mauvais pronostic quant au maintien de la vitalité pulpaire, exposition pulpaire lors de l'acte de restauration, délabrement dentaire nécessitant le recours à un ancrage radicaïre, hémisection ou amputation radicaïre.

Le traitement endodontique est **contre-indiqué** dans les situations suivantes :

- Lorsque le patient présente un risque d'endocardite infectieuse : contre-indication formelle en cas de nécrose pulpaire. Si la pulpe est vivante, l'acte endodontique devra être réalisé en une seule séance et sous digue.
- Lorsque l'état de délabrement ne permet pas de reconstituer la dent de manière durable.
- Lorsque la dent présente un soutien parodontal insuffisant.

III- Evolution de l'instrumentation endodontique :

La préparation mécanique du canal est une étape clé du traitement endodontique : elle assure le retrait du tissu pulpaire et de la dentine infectée, et permet d'obtenir une conicité propice au nettoyage canalaire ainsi qu'une obturation tridimensionnelle et étanche. Cette étape est assurée par une série d'instruments de formes, de fonctions et d'utilisations différentes. Au cours de ces dernières décennies, de nombreux types d'instruments ont vu le jour, dans le but de simplifier le traitement endodontique et surtout d'en améliorer la qualité. Ces évolutions ont porté sur différents aspects de l'instrumentation endodontique tels que les métaux employés, le mode d'utilisation de l'instrument ou la complexité de la séquence instrumentale.

III-1. Rappels de termes génériques à l'instrumentation endodontique :

Il existe un grand nombre d'instruments destinés à la préparation endodontique. Malgré cela, qu'ils soient manuels, mécanisés, en acier ou en Nickel-Titane, un certain nombre de données techniques leurs sont communes (6) et permettent au praticien d'en connaître les spécificités et de les différencier :

III-1.1. Diamètre et conicité : (46,54,55)

Le diamètre d'un instrument endodontique est exprimé en 100^{ème} de millimètre. Il correspond à la dimension de la section transversale de ce dernier en un point donné. Classiquement, c'est le diamètre de la pointe d'un instrument qui est indiqué sur son manche.

La conicité correspond quant à elle à l'augmentation du diamètre de l'instrument au fil de sa longueur : elle est exprimée en pourcents et traduit l'augmentation du diamètre instrumental par millimètre de longueur . En effet, de par la forme conique des instruments de mise en forme canalaire, le diamètre de ceux-ci augmente de la pointe vers le manche. Ainsi, deux instruments présentant le même diamètre à la pointe peuvent présenter deux conicités différentes et par conséquent, verront leurs diamètres évoluer de manière différente.

Prenons l'exemple de deux instruments de diamètre 20/100^{ème}, l'un d'eux présentant une conicité de 2%, l'autre de 6%.

L'instrument de conicité 2% voit son diamètre augmenter de 0,02 mm tous les millimètres. Ainsi, si l'on se place à 4mm de sa pointe, son diamètre sera donc de 0,28 mm.

L'instrument de conicité 6% quant à lui voit son diamètre augmenter de 0,06mm tous les millimètres. Si l'on se place à 4mm de sa pointe, son diamètre sera alors de 0,44 mm.

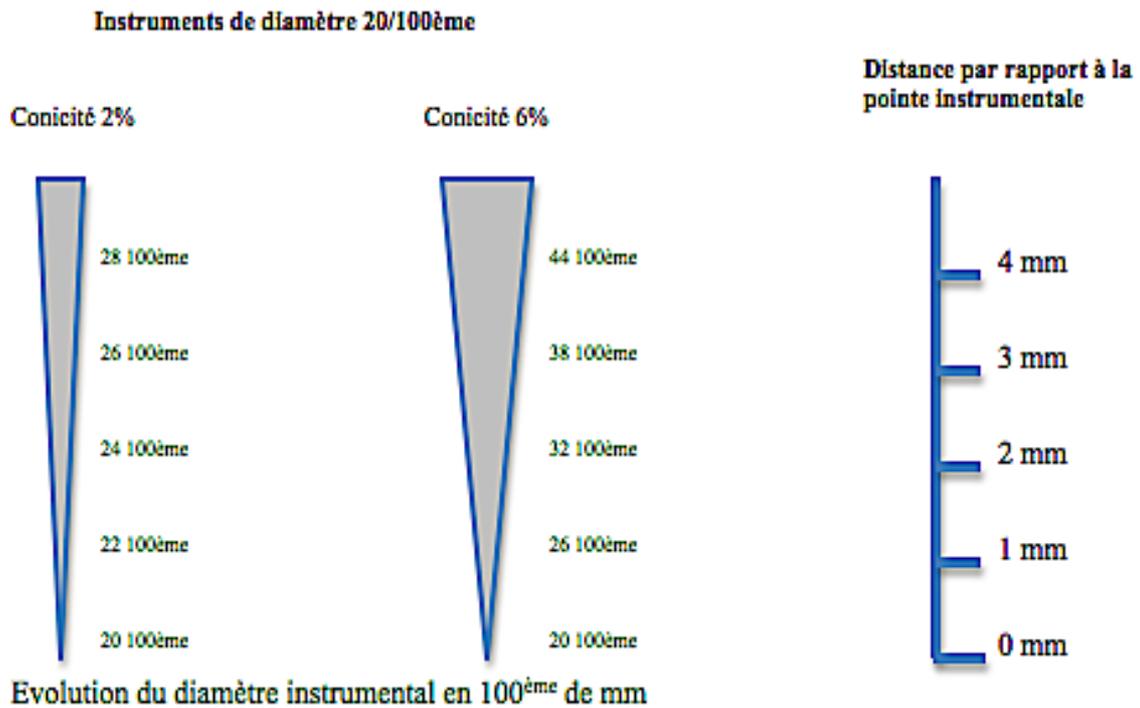


Figure n° 3 : Evolution du diamètre d'un instrument endodontique en fonction de sa conicité. D'après Simon S et coll, Endodontie, Collection JPIO. Reuil-Malmaison CdP, 2012 (55)

On notera que la conicité d'un instrument peut être constante, mais peut aussi varier au fil de sa longueur : c'est par exemple le cas des instruments du système Protaper® (8).



Figure n° 4 : Exemple d'instrument à conicité variable : le ProTaper® S2. <http://www.dentsply.fr/fr/nos-solutions/product/protaper-universal/> (18)

III-1-2. Pas d'hélice :

Le pas d'hélice d'un instrument correspond à la distance entre deux spires consécutives. Il a une influence sur la flexibilité et l'effet de vissage de ce dernier (55).

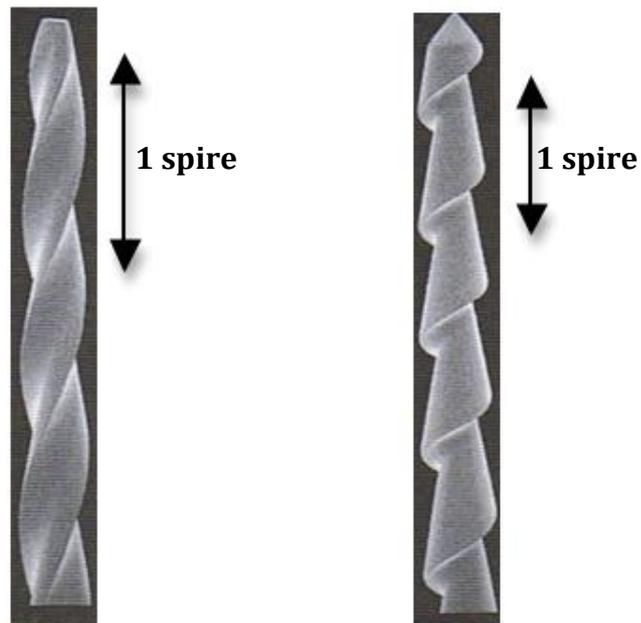
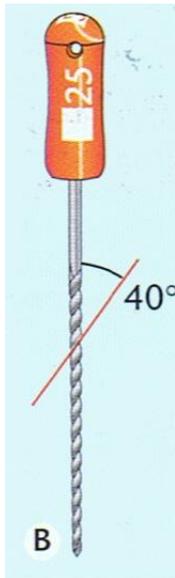


Figure n° 5 : Illustration de la notion de pas d'hélice. A gauche, l'extrémité d'une lime K et à droite, celle d'une lime H, observées sous microscope électronique. On observe que la distance entre deux spires est plus grande chez la lime K que chez la lime H. D'après Beer et coll, Atlas de poche d'endodontie. Collection Médecine-Sciences. Paris : Flammarion, 2008 (8)

III-1-3. Notions d'angles :

III-1-3-1. L'angle d'hélice :

L'angle d'hélice correspond à l'angle selon lequel les spires de l'instrument s'enroulent autour de son corps. Il favorise la remontée des débris lorsqu'il est légèrement positif (6,55).



QuickTime™ and a decompressor are needed to see this picture.

Figure n°6 : Illustration de la notion d'angle d'hélice : à gauche, une lime K et à droite une lime H. D'après Beer et coll, Atlas de poche d'endodontie. Collection Médecine-Sciences. Paris : Flammarion, 2008 (8)

III-1-3.2. L'angle de coupe :

L'angle de coupe correspond à l'angle selon lequel les spires de l'instrument vont aborder les parois canalaires, et influence donc l'efficacité de coupe. La plupart des instruments présentent un angle de coupe légèrement positif, permettant une remontée des débris en direction coronaire et diminuant le risque de blocage (54).

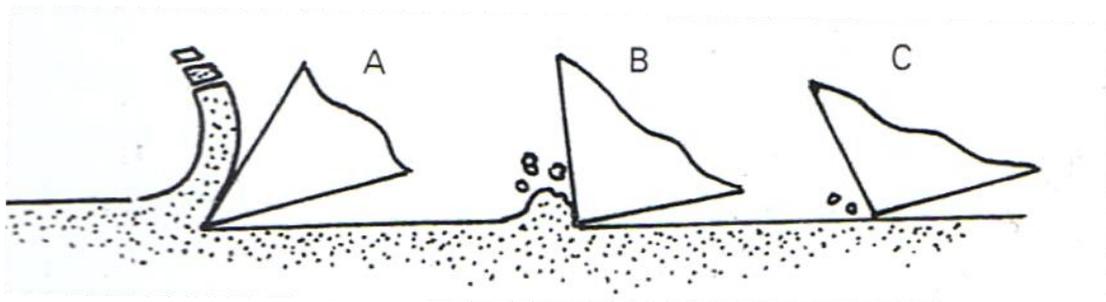


Figure n°7 : Illustration de la notion d'angle de coupe. En A : un angle de coupe positif, en B : un angle de coupe nul et en C : un angle de coupe négatif. D'après Pertot WJ et Simon S, Le traitement endodontique. Collections Réussir. Paris : Quintessence International, 2004 (46)

III-1-3.3. L'angle de pointe :

L'angle de pointe correspond à l'angle formé par les extrémités de la pointe instrumentale. Il varie généralement entre 60 et 90°. La tendance actuelle vise à rendre l'angle de pointe plat de manière à ce que cette zone soit non travaillante, limitant ainsi le risque de perforation et de transport apical. (46,55)

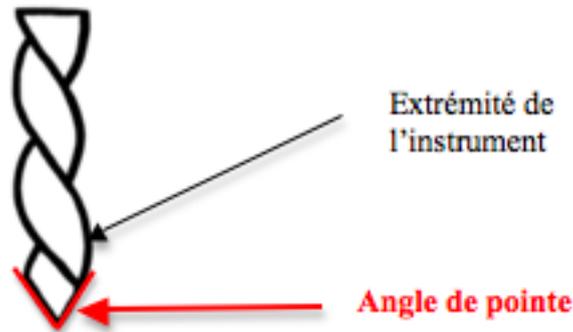


Figure n° 8 : Illustration de la notion d'angle de coupe. D'après Arbab Chirani R et coll, Instrumentation de préparation canalaire, 2010 (6)

III-1.4. Section de l'instrument :

La section de l'instrument renvoie à son profil global. Elle se décompose en deux parties :

- Le profil de lame en périphérie, correspondant à la forme des lames entrant en contact avec les parois canalaire.
- L'âme résiduelle au centre, encore appelée masse centrale, constituant le cœur de l'instrument. Elle correspond à la section à laquelle on aurait soustrait son profil de lame.

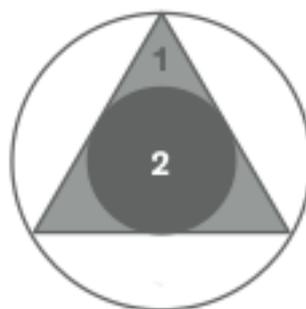


Figure n° 9 : Illustration de la notion de section instrumentale : exemple du système Race® de FKG. 1 : profil de lame 2 : âme résiduelle

D'après http://www.fkg.ch/sites/default/files/fkg_race_family_brochure_fr.pdf (21)

III-2. Les instruments en acier inoxydable :

III-2.1. Instruments manuels en acier inoxydable :

Le terme acier inoxydable regroupe un ensemble d'alliages à base de fer, auxquels ont été ajoutés au moins 10% de chrome. Cette addition induit la formation d'une fine couche protectrice d'oxyde de chrome : elle confère leur caractère inoxydable à ces métaux (8) et offre une meilleure durabilité face à l'exposition aux agents d'irrigation et aux cycles de stérilisation multiples.

Ce sont historiquement les premiers instruments utilisés pour la mise en forme et la préparation canalaire (6), à l'aide de mouvements manuels de traction ou de rotation.

III-2.1.1. Les limes K et les broches :

Ces deux instruments sont fabriqués à partir d'une masse métallique torsadée. Ils diffèrent entre eux par leurs angles et pas d'hélice, ainsi que par leur mode d'utilisation : la lime K s'utilise avec un mouvement de rotation/traction (55), alors que la broche s'utilise avec un mouvement de rotation pure. De plus, du fait de leur nombre de spires plus élevé, les limes K sont plus rigides que les broches, elles sont ainsi plus efficaces en pénétration (6), et seront destinées à la perméabilisation et au cathétérisme canalaire. Les broches quant à elles s'emploient afin d'éliminer les débris dentinaires (6).

III-2.1.2. Les limes H :

Les limes Hedstroëm, encore appelées limes H ou racleurs, présentent un nombre de spires élevé du fait de leurs pas d'hélice important, ce qui leur confère une grande efficacité en traction (55). Elles sont destinées à être utilisées après le passage d'une lime K de diamètre équivalent et permettent l'élargissement canalaire du fait de leur efficacité de coupe élevée (6).

III-2.1.3. Le tire-nerf :

Cet instrument destiné à retirer la pulpe d'un seul tenant présente des barbelures sur son dernier tiers. Son utilisation n'est plus indiquée de nos jours mais il peut être détourné de sa fonction première, en servant à accrocher ou retirer des boulettes de coton par exemple (55).

On notera que le principal élément permettant de différencier ces instruments est leur section. Cette dernière, carrée pour les limes K, triangulaire pour les broches et ronde pour les limes

H, est symbolisée sur leurs manches comme le montre la figure suivante, ce qui permet au praticien de les distinguer plus facilement :

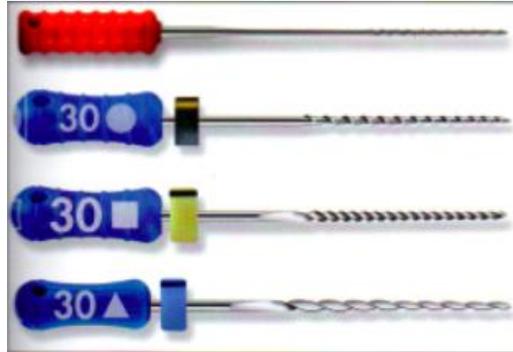


Figure n°10 : Illustration de haut en bas d'un tire nerf, d'une lime H, d'une lime K et d'une broche. Simon S et coll. Endodontie, Collection JPIO. Reuil-Malmaison CdP, 2012 (55)

La mise en forme canalaire reposait à l'origine sur une instrumentation manuelle exclusive. Etant chronophage et dépendante de la dextérité de l'opérateur (55), des systèmes permettant l'utilisation mécanisée de ces instruments manuels ont été développés à partir des années 1960.

III-2.2. Instrumentation mécanisée en acier inoxydable :

Elle repose sur l'emploi de contre-angles spécifiques générant un mouvement alternatif d'amplitude égale dans le sens horizontal tels que le Giromatic® de MicroMega ou l'Endolift® de Kerr. S'ils permettent un travail plus rapide, la procédure n'est pas forcément simplifiée pour autant puisque l'opérateur doit imprimer un mouvement vertical de va et vient afin d'élargir le canal. Seul le CanalFinder® associe un mouvement vertical au mouvement de rotation (55).

Malgré cette évolution, la préparation par instrumentation en acier inoxydable a ses limites : cet alliage présente une forte rigidité, des échecs de mise en forme surviennent donc fréquemment au cours de leur utilisation, tels que des déchirures apicales et du transport canalaire (24,46). De plus, cette rigidité élevée les rend particulièrement sujets à la fracture lorsqu'ils sont de diamètre élevé. Le fait de précourber ces instruments limite ces risques (7),

mais globalement leur utilisation est très dépendante de l'expérience du praticien et n'aboutit généralement pas à une conicité propice à un nettoyage canalaire optimal (55).

On notera tout de même que si l'utilisation exclusive d'instruments en acier inoxydable pour la mise en forme canalaire est aujourd'hui considérée comme obsolète, ils ne sont néanmoins pas dénués de tout intérêt. En effet, sous leur forme manuelle, leur emploi est actuellement toujours indiqué pour la localisation des entrées canales, pour le cathétérisme initial ainsi que pour la détermination de la longueur de travail, qui constituent des étapes clés du traitement endodontique (6,62). Il en est de même pour leurs formes mécanisées, notamment les forêts de Gates-Glidden pour l'élimination des interférences coronaires (8).

III-3. Introduction du Nickel-Titane et rotation continue en endodontie :

Face aux limites de l'instrumentation en acier inoxydable, des recherches ont été menées afin d'employer un alliage métallique dont les propriétés mécaniques permettraient d'utiliser des instruments de diamètre élevé et de forte conicité sans risques de modification de l'anatomie canalaire et de fracture instrumentale. Ces avancées ont été rendues possibles grâce à l'introduction du Nickel-Titane en endodontie (6,24,46,54).

III-3.1. Principaux avantages du Nickel-Titane :

Le Nickel-Titane est un alliage métallique initialement développé à des fins militaires, d'où son appellation reprenant sa composition et son lieu de découverte : le Nitinol (Nickel Titanium Naval Ordnance Laboratory) (8). On le retrouve pour la première fois utilisé en endodontie par Walia et coll. en 1988 (6,54,62) sous la forme d'un fil à l'origine destiné à l'orthodontie que les auteurs ont détourné en limes de préparation canalaire (24). Ce sont les propriétés de déformation remarquables de cet alliage, dit super-élastique, qui ont poussé ces auteurs à l'introduire dans la pratique endodontique.

III-3.1.1. Super-élasticité :

Cette caractéristique, également désignée par le terme **mémoire de forme**, traduit la capacité d'un alliage à retrouver sa forme d'origine sans subir de déformations après avoir été soumis à une contrainte mécanique : en effet, l'alliage subit dans un premier temps une déformation temporaire tant que la contrainte est appliquée, et retrouve sa forme d'origine dès lors que l'on cesse d'appliquer cette contrainte. (8,12).

Cette propriété permet aux instruments en Nickel-Titane de subir des déformations réversibles de l'ordre de 10% et de regagner leur forme initiale sans aucun dommage. Par comparaison, l'acier inoxydable subit une déformation permanente dès lors qu'on lui applique une déformation de 1%.

III-3.1.2. Grande flexibilité :

La flexibilité d'un instrument désigne sa capacité à se déformer de manière réversible lorsqu'il est soumis à contrainte. La grande flexibilité du Nickel-Titane découle directement de son statut d'alliage à mémoire de forme.

La flexibilité des instruments en Nickel-Titane est supérieure à celle des instruments en acier inoxydable (6,46,55) ce qui leur permet une meilleure gestion des courbures canalaires prononcées et un meilleur respect des trajectoires, limitant ainsi les risques d'échec de mise en forme (24,46,55). De plus cette flexibilité accrue autorise l'emploi de limes de plus gros diamètre et de conicité plus prononcée, sans que leur rigidité n'augmente de manière exagérée (6,46,55).

Malgré ces propriétés intéressantes, l'utilisation du Nickel-Titane ne révolutionnera la pratique endodontique que quelques années plus tard. En effet, il est utilisé sous forme de limes manuelles de diamètre 15/100^{ème} et de conicité 2% à la fin des années 1980, or il s'est avéré que ces instruments présentaient une efficacité de coupe trop faible pour assurer une mise en forme de qualité (6,8). Le plein potentiel de cet alliage ne sera exploité qu'avec l'avènement de la rotation continue (55).

III-3.2. Le mouvement de rotation continue :

Le mouvement de rotation continue a été initialement développé pour pallier le manque d'efficacité de coupe des instruments en Nickel-Titane sous leur forme manuelle (6). Il dérive du mouvement de rotation utilisé pour l'instrumentation manuelle décrit par Roanne en 1985. Il repose sur la répétition de rotations complètes de l'instrument à faible vitesse, de l'ordre de 300 à 400 rotations par minutes. Ce mouvement permet un centrage constant de l'instrument au sein du canal, limitant ainsi le risque de transport canalaire (6,55). Il peut être délivré par un contre-angle réducteur, qui limitera la vitesse de rotation du moteur, ou bien par un micromoteur spécialement dédié à la pratique endodontique (46,55).

De plus, associée aux propriétés super-élastiques du Nickel-Titane, la rotation continue permet de simplifier et de sécuriser le traitement endodontique : ainsi alors qu'il s'agissait de « façonner » le canal à l'aide d'une série d'instruments manuels, la rotation continue offre la possibilité de transférer la forme de l'instrument utilisé au canal. Le Nickel-Titane étant très flexible, des instruments de gros diamètres et de conicités élevées pourront donc être employés, permettant d'obtenir une mise en forme propice à l'irrigation et à la désinfection intracanalair (6,55).

III-3.3. Différentes générations d'instruments de rotation continue :

A partir des années 1990, un grand nombre d'instruments de rotation continue a vu le jour, Haapsalo et Shen les regroupent en différentes générations en fonction de leurs principales caractéristiques (24) :

1^{ère} génération :

Mac Spadden et Johnson sont couramment cités comme étant les premiers à allier rotation continue et limes en Nickel-Titane. Ils développent chacun leurs systèmes au début des années 1990 : le système Quantec® et le système ProFile®. La lime ProFile® possède une section en U et présente une zone non coupante appelée méplat radian. Ces zones ont pour but de limiter l'effet de vissage et diminuent donc le risque de fracture instrumentale. En contrepartie, l'efficacité de coupe s'en trouve amoindrie (6,46) et les forces de frottement sont majorées du fait de l'augmentation de la surface de contact entre l'instrument et les parois radiculaires (46). Cette zone de méplat radian est également retrouvée sur les instruments Quantec® : il diffère du ProFile® par une pointe travaillante, susceptible de provoquer des perforations (8). A la différence, les instruments de type HERO 642® présentent une section « active » sans méplat radian comme l'illustre la figure suivante :



Figure n° 11 : Illustration de la notion de méplat radian. A gauche, le système HERO 642® sans méplat radian. A droite, le système ProFile® présentant un méplat radian. D'après Pertot W et Simon S, Le traitement endodontique, Editions Quintessence international, 2004, Collection Réussir (46)

2^{ème} génération :

Cette génération regroupe des instruments développés à la fin des années 90 et présentant les caractéristiques suivantes :

- Diminution du nombre d'instruments nécessaires pour la mise en forme.
- Diminution de l'angle d'hélice, de manière à réduire le risque de vissage.

On peut citer comme appartenant à cette génération le système HERO Shaper® (Micro-Mega), le système ProTaper® (Dentsply Maillefer), le système K3® (SybronEndo), le système EndoSequence® (Brasseler), le système Race® (FKG dentaire).

On observe un abandon progressif du méplat radian dans le design des instruments : les instruments sans méplats sont dits actifs et présentent une efficacité de coupe accrue. Cette génération est enfin marquée par l'amélioration de l'état de surface des instruments, comme c'est le cas pour le Race® (55,56) dont les limes subissent un traitement par électropolissage dans le but de réduire les imperfections de l'alliage : cela tendrait à réduire le risque de fracture. Cependant, certaines études montrent des résultats contraires (56), des études supplémentaires devront être menées pour valider ces observations (7,62).

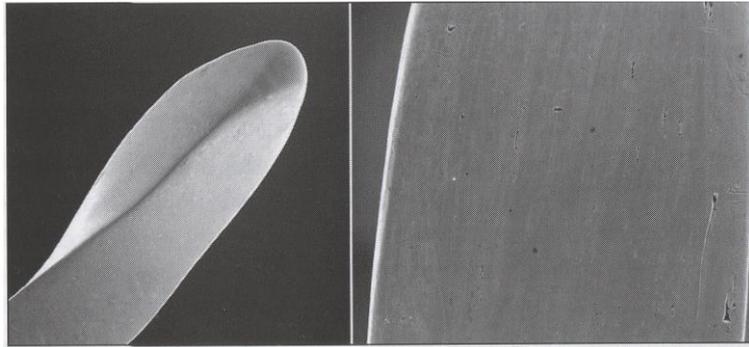


Figure n°12 : Aspect de surface d'une lime Race® sous microscopie électronique à balayage : on note l'aspect lisse et sans défauts apparents obtenu par électropolissage. D'après Simon S, Machtou P, Pertot W-J et coll. Endodontie. Collection JPIO. Reuil-Malmaison CdP, 2012 (55)

3^{ème} génération :

Les progrès réalisés portent surtout sur la conception de l'alliage Nickel-Titane, notamment la composition et la gestion de la température de transition de l'alliage qui influencent fortement la résistance à la fatigue de ce dernier. Le M-wire est ainsi développé et commercialisé en 2007. Cet alliage novateur est obtenu après des traitements thermiques successifs et présente une flexibilité supérieure aux alliages Nickel-Titane employés jusqu'alors (24,39). Le M-Wire est employé dans les systèmes Profile GT séries X®, Profile Vortex® et Vortex Blue®. Ce dernier système se démarque par son aspect bleuté, dû à une fine couche d'oxyde de titane recouvrant sa surface. Cela tend à améliorer son efficacité de coupe et sa résistance à l'usure (24). Le Cm-Wire est quant à lui développé en 2010 : cet alliage présente un pourcentage de Nickel plus faible qu'à l'accoutumée (52% alors que la norme varie entre 54 et 57%) et présente une très grande flexibilité. Il est utilisé dans la conception des systèmes Hyflex® et Typhoon® (24).

Si ces différentes évolutions tendent à sécuriser le traitement endodontique et à en réduire la durée en améliorant les caractéristiques mécaniques des limes de mise en forme, le risque de fracture de ces instruments ne doit pas être négligé. En effet, il est particulièrement fréquent dans les cas de courbures radiculaires sévères et lors d'un mauvais respect des protocoles d'utilisation (6,55,62). La présence d'un fragment instrumental pouvant mettre en péril la réussite du traitement endodontique (55), une nouvelle dynamique instrumentale a été développée récemment de manière à limiter ce risque.

III-4. Un nouveau concept de mise en forme : l'instrument unique :

III-4.1. Le mouvement de réciprocité

Il s'agit d'un mouvement alternatif d'amplitude variable dans le sens horizontal (55). Contrairement au mouvement généré par les contre-angles de type Giromatic® par exemple, l'amplitude du mouvement horaire est différente de celle du mouvement antihoraire, reprenant le principe des forces équilibrées décrit par Roanne. Le mouvement de vissage est plus important en amplitude que celui de dévissage : cela tend à réduire la fatigue cyclique subie par l'instrument, et donc à diminuer son risque de fracture (45,55). De plus, cela permet un centrage continu de l'instrument dans le canal.

Le mouvement de réciprocité permet une autre avancée, en simplifiant la séquence instrumentale : en effet, là où il fallait plusieurs instruments de tailles croissantes avec le mouvement de rotation continue, un seul et unique instrument suffit en réciprocité (24,55). Ce dernier sera choisi plus large que le canal à instrumenter et la mise en forme s'effectuera lors de la progression de l'instrument. Cela permet une diminution nette du temps nécessaire à la mise en forme, qui pourra alors être dédié à l'irrigation (45).

Deux systèmes ont été développés par Dentsply pour être utilisés en réciprocité : (45,55)

- Le WaveOne® par Denstply-Maillefer.
- Le Reciproc® par Denstply-VDW.

Ils diffèrent par leurs profils et par l'amplitude des mouvements horaires/antihoraires qui les animent mais partagent les caractéristiques suivantes (55) :

- Conçus à base d'alliage M-Wire.
- Pas à gauche : le travail de coupe est donc effectué dans le sens antihoraire. L'amplitude du mouvement sera donc plus importante dans le sens antihoraire que dans le sens horaire.
- Angle et pas d'hélice variable le long de l'instrument, de manière à augmenter la flexibilité.
- Destinés à un usage unique.
- Nécessitent des moteurs spécifiques, délivrant des amplitudes de mouvement pré-réglées (45).

Les perspectives offertes par le mouvement de réciprocité sont intéressantes. Il réduit le risque de fracture instrumentale et limite la séquence instrumentale à un seul instrument, tendant à

simplifier le traitement endodontique et à en réduire la durée. L'étape d'irrigation ne devra cependant pas être négligée, et devra être réalisée à plusieurs reprises au cours de la mise en forme.

II-4.2. Instrument unique et rotation continue :

La société française Micro-Mega a elle aussi commercialisé son système d'instrument unique : le One Shape®. Contrairement au Reciproc® et au WaveOne®, il s'agit d'un instrument de rotation continue et il peut donc être adapté sur un contre-angle endodontique traditionnel (23,55,67). Destiné à un usage unique, il se présente sous blister stérile et est commercialisé en trois longueurs (21, 25 et 29mm). Il présente une conicité de 6% et un diamètre de pointe de 25/100^{ème}.

Il se distingue des autres instruments de rotation continue par une section asymétrique évoluant au fil de sa longueur. Ainsi, on distingue trois zones de sections différentes (23,67) :

- Une zone apicale avec 3 arêtes de coupe au niveau des 2 derniers mm apicaux,
- Une zone coronaire avec une section en double hélice, d'une longueur de 8 mm,
- Une zone dite de « transition », entre les deux zones sus-citées, d'une longueur de 7,5mm, permettant le passage de 3 à 2 arêtes de coupes.

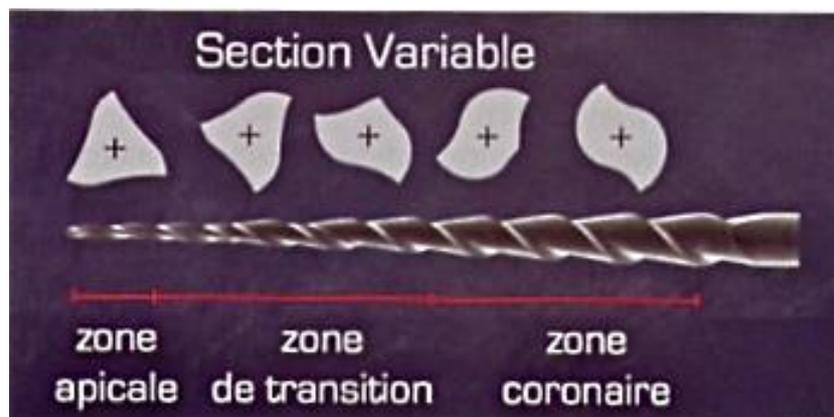


Figure n°13 : Evolution de la section du One Shape® de sa pointe vers sa base. Doc. F. PEREZ, D'après Guivarc'h et coll, Mise en forme canalaire et irrigation, 2014 (23)

Cette configuration permet d'effectuer l'intégralité de la mise en forme avec un seul et unique instrument, là où les autres systèmes de rotation continue en requièrent plusieurs.

La mise en forme s'effectue après un cathétérisme initial et la détermination de la longueur de travail à l'aide d'une lime manuelle de diamètre 15/100^{ème}. La préparation se fait en 3 passages (23,67) :

- L'instrument est d'abord amené aux 2/3 de la longueur de travail,
- Puis à 3mm de la longueur de travail,
- Puis jusqu'à la longueur de travail.

Le praticien doit imprimer un léger mouvement de va-et-vient de faible amplitude et sans pression excessive. Une irrigation abondante est réalisée entre chaque passage et un nettoyage de la lime doit être effectué pour éviter la formation de bouchons apicaux (55,67).

Le One Shape® permet donc une mise en forme simplifiée : le gain de temps qui en découle devra également être dédié à l'irrigation.

Dans ce travail, nous allons détailler un nouveau système reposant sur une mise en forme mono-instrumentale et un système d'irrigation continue associé : le système Self Adjusting File®.

IV- Le concept Self Adjusting File® :

Malgré les progrès considérables liés à l'introduction du Nickel-Titane et du concept de rotation continue en endodontie, il s'avère que le traitement endodontique reste perfectible : en effet, différentes études (41,59) ont montré que des zones intra canalaire restaient non-instrumentées après préparation, ceci étant constaté pour la totalité des instruments de rotation continue actuels ou de réciprocity, et de manière encore plus prononcée lorsque l'on est en présence de racines à l'anatomie canalaire complexe.

Cela démontre que malgré les capacités de déformation exceptionnelles du Nickel-Titane, les instruments développés jusqu'alors ne permettent pas une préparation complète du système endocanalaire, ce qui peut occasionner des problèmes d'étanchéité de l'obturation à plus ou moins long terme, ou un échec de traitement par développement de bactéries qui n'auraient pas été complètement éradiquées à la suite du traitement initial. Devant ce constat, une équipe de développement israélienne s'est penchée sur la conception d'un instrument qui épouserait le plus parfaitement possible les parois canalaire, de manière à ne laisser aucune zone non instrumentée : cela a abouti à la création du système Self Adjusting File® (SAF®), dont nous allons voir les différentes caractéristiques dans les parties qui suivent.

Ce système novateur est composé d'une lime au design particulier, assurant un contact intime avec les parois canalaire, associée à une tête de contre-angle prodiguant un mouvement de va-et-vient vertical ainsi qu'à un système d'irrigation continue, garantissant une désinfection et un nettoyage canalaire concomitants à la préparation.

IV-1. Description du système Self Adjusting File® :

IV-1.1. La lime Self Adjusting File® :

La lime du système SAF® est constituée tout comme les autres instruments utilisés en rotation continue d'un alliage de Nickel-Titane mais diffère de ces derniers par sa conception : en effet, contrairement aux instruments de rotation continue, elle ne se présente pas sous la forme d'un corps central autour duquel s'articulent des lames coupantes mais sous la forme d'un tube creux ajouré à la manière d'une maille grillagée, dérivé du stent cardiaque (36,50). Sa pointe est effilée, lui conférant un profil asymétrique, elle est extrêmement

flexible : cela facilite son insertion et lui permet de négocier des courbures canalaire prononcées (34).

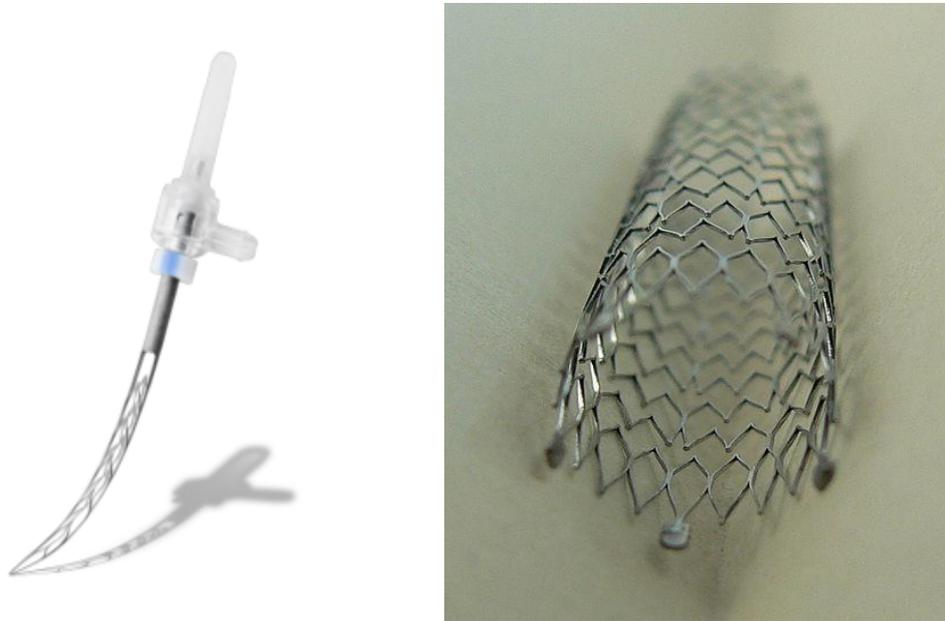


Figure n° 14 : A gauche la lime Self Adjusting File®. A droite, un stent coronarien qui a inspiré son design. D'après Redent Nova, [http://www.redent.co.il/userfiles/file/IFU/SAF_System_Clinical_Guidelines_V1.pdf/\(50\)](http://www.redent.co.il/userfiles/file/IFU/SAF_System_Clinical_Guidelines_V1.pdf/(50))

L'association des propriétés du Nickel-Titane à ce design particulier lui confère des capacités de déformation exceptionnelles et lui permet ainsi d'épouser la forme du canal dans laquelle elle est insérée, d'où son nom de lime « auto-ajustable » : en effet, la lime se comprime lors de son insertion dans le canal puis tend à reprendre ses dimensions initiales, autorisant ainsi une adaptation intime dans les trois plans de l'espace. De cette manière, l'anatomie initiale du canal est respectée lors de la préparation (35).

Les parois du SAF® sont rendues légèrement abrasives par un traitement de sablage : cette abrasivité, associée au mouvement de va-et-vient vertical imprimé par le contre angle, permet ainsi la préparation intracanalair à la manière d'un ponçage par papier de verre (35,36,50).

On estime qu'après 4 minutes d'utilisation, 60 à 75 microns de dentine sont retirés (35) et que le diamètre apical après instrumentation est augmenté de 2 à 3 tailles ISO. Par exemple, un canal de diamètre initial 20/100^{ème} présentera un diamètre compris entre 30 et 35/100^{ème} après préparation (50).

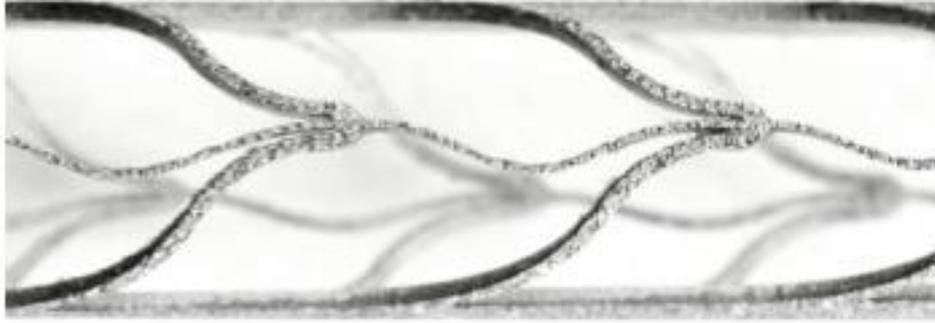


Figure n° 15 : Aspect de surface de la lime SAF®. D'après ReDent Nova, manuel d'utilisation en ligne du système SAF. http://www.redent.co.il/userfiles/file/IFU/French/SAF_IFU_French_rev2.pdf/ (51)

La lime se présente sous deux diamètres différents et se décline en plusieurs longueurs (36) :

- Une lime de 1,5mm de diamètre, prévue pour instrumenter un canal préalablement cathétérisé par un instrument 20/100^{ème}. Cette lime est disponible en trois longueurs : 21, 25 et 31 mm
- Une lime de 2mm de diamètre, prévue pour instrumenter un canal préalablement cathétérisé par un instrument 30/100^{ème}. Cette lime est disponible en deux longueurs : 21 et 25mm.



Figure n° 16 : Les deux diamètres disponibles à gauche (1,5 et 2 mm). A droite, les trois longueurs disponibles (21, 25 et 31 mm). D'après ReDent Nova, manuel d'utilisation en ligne du système SAF®.

http://www.redent.co.il/userfiles/file/IFU/French/SAF_IFU_French_rev2.pdf/(51)

La lime SAF® est conçue pour être à usage unique. De plus elle doit être stérilisée avant utilisation. Pour ce faire, la réalisation d'un cycle de stérilisation à 121°C pendant une durée de 20 minutes à l'aide d'un autoclave à vapeur est la procédure recommandée (50).

Le système SAF® est certifié aux normes européennes (CE n°0483) et est commercialisé en France par la firme Itena.

IV-1.2. Dynamique instrumentale :

La lime SAF® s'utilise avec un type de tête de contre-angle conçu par ReDent Nova : le modèle RDT® (35,36,50).

Cette tête de contre-angle transforme la rotation du moteur en un mouvement de va-et-vient vertical d'une amplitude de 0,4 mm. La vitesse du contre-angle est réglée entre 3000 et 5000 tours par minute, générant ainsi une fréquence de mouvement comprise entre 3000 et 5000 oscillations par minute (35,36,50).

Lorsque la lime SAF® est hors du canal, le modèle RDT® assure un mouvement de rotation de faible vitesse (80 rotations par minute), ce qui permet de modifier la position de la lime tout au long de la préparation, et permet ainsi un retrait de dentine homogène (50). Cette lente rotation permet aussi une insertion plus aisée de la lime SAF® dans le canal (35). Le mouvement de rotation s'arrête dès lors que la lime entre en contact avec les parois canalaires et le mouvement de va-et-vient vertical prend alors le relais.

La gamme RDT® se décline en 2 modèles (35,51) :

- Le modèle RDT3®, compatible avec les contre-angles de type KaVo, comme les contre-angles de la marque KaVo, Osada, MK-Dent ou Chirana.
- Le modèle RDT3NX®, compatible avec les contre-angles de type NSK, comme le X-smart® de Dentsply, l'Endomate® de NSK ou l'Endotouch® de Sybron.



Figure n° 17 : Les têtes de contre angle RDT3® et RDT3 NX® de ReDent Nova. D'après ReDentNova,manuel d'utilisation en ligne du système SAF®.

http://www.redent.co.il/userfiles/file/IFU/English/VATEA_IFU_rev4.pdf/ (50)

IV-1.3. Le système d'irrigation associé :

Un système d'irrigation a été spécialement conçu pour être utilisé avec le SAF® par ReDent Nova : le système VATEA®. Il est à noter que le système d'irrigation VATEA® peut cependant être substitué par tout système d'irrigation équivalent, notamment ceux utilisés en implantologie (34,35), ou bien par le système Endostation®, lui aussi développé par ReDent Nova et qui regroupe les fonctions de moteur et de système d'irrigation (51).



Figure n° 18 : Le système d'irrigation VATEA®. D'après ReDent Nova, manuel d'utilisation en ligne du système SAF . http://www.redent.co.il/userfiles/file/IFU/English/VATEA_IFU_rev4.pdf/ (50)

Ce système est muni d'une pompe péristaltique associée à un réservoir à remplir d'hypochlorite de sodium, et se connecte au SAF à l'aide d'un tube de silicone qui vient se brancher sur un connecteur à la base de la lime (35,36,50).

Le mouvement péristaltique de la pompe évite tout risque de reflux de liquide, qui pourrait être à l'origine de contamination croisée. Le débit d'irrigation est réglable à l'aide d'un écran de contrôle LCD et peut varier entre 1 et 10 ml par minute, ainsi que par une pédale à pied faisant office d'interrupteur marche/arrêt. L'écran permet aussi de contrôler la durée de chaque cycle d'irrigation (50).

L'hypochlorite de sodium est la solution d'irrigation recommandée, mais peut être substituée par de l'EDTA pour une étape de chélation.

IV-2. Données mécaniques :

Lors du développement de tout nouveau matériel, ses concepteurs ont pour obligation de mener une série de tests afin de démontrer que les caractéristiques mécaniques de leur produit sont conformes aux normes en vigueur. Dans le cadre de l'instrumentation endodontique, certains de ces tests sont édictés par l'American National Standard Institute (ANSI) et par l'American Dental Association (ADA) (27).

IV-2.1. Résistance à la torsion :

Sur la base d'un test conduit selon les directives de l'ANSI, la résistance à la torsion de la lime SAF® est de $29,7 \text{ g/cm} \pm 3,2 \text{ g/cm}$. Cette valeur équivaut à 7 rotations complètes (7 fois 360°) avant d'observer une fracture de l'instrument. Cette valeur est significativement supérieure aux recommandations ISO 3630-1 qui sont d'une rotation à 360° (27).

IV-2.2. Test de fatigue cyclique :

Ce test mené selon les directives de l'ADA consiste à mettre la lime en rotation et d'observer le temps nécessaire avant l'apparition d'une fracture. Aucun signe de fracture n'est observé après 150 minutes, ce qui est un délai nettement supérieur aux conditions d'utilisation normales du SAF® (27).

Ces tests démontrent de grandes qualités de résistance de la part du SAF® et bénéficient du crédit de deux organismes reconnus. Cependant, ces tests observent la résistance d'un instrument soumis à des contraintes subies en rotation. Or le SAF® n'est pas un instrument de

rotation continue, les résultats obtenus lors de ces tests ne reflètent donc pas pleinement le comportement du SAF® en action. Pour ce faire, les concepteurs du SAF® ont soumis leur instrument à des tests reproduisant plus fidèlement les contraintes subies par ce dernier lors de son fonctionnement.

IV-2.3. Test de flambage :

Le flambage définit la tendance d'un matériau soumis à une force de compression à se fléchir selon une direction perpendiculaire à l'axe de cette compression. La figure suivante schématise un cycle de flambage : la compression correspond ici à la contrainte subie par l'instrument lors du mouvement de va-et-vient imprimé par le contre-angle.

Compression

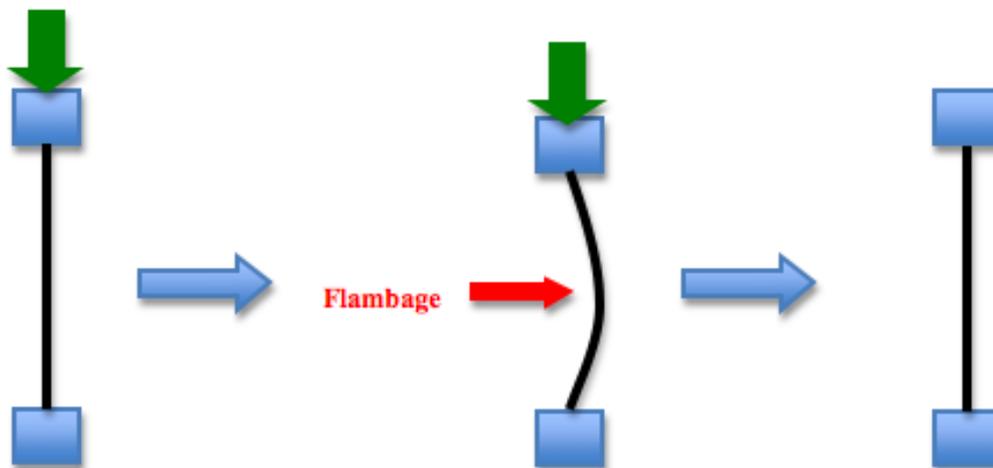


Figure n° 19 : Illustration d'un cycle de flambage. D'après Wikipedia, <http://fr.wikipedia.org/wiki/Flambage/>

(69)

Sous ces conditions, les premiers signes de rupture instrumentale apparaissent après 600500 ± 15800 cycles de flambage, ce qui équivaut à 120 minutes d'utilisation à 5000 vibrations par minute (27).

IV-2.4. Résistance à la fracture :

Sous des conditions recréant l'utilisation clinique du SAF® à l'aide d'un bloc de résine simulant le canal à instrumenter, les premiers signes de rupture instrumentale surviennent après $29,1 \pm 1,2$ minutes (27).

IV-3. Protocole d'utilisation :

Après avoir posé l'indication du traitement endodontique, un protocole d'utilisation spécifique au SAF® doit être respecté (36,50) :

- Prise d'un cliché radiographique préopératoire, afin d'estimer la longueur de travail et le degré de complexité de l'anatomie canalaire.
- Anesthésie dans le cas d'une pulpite irréversible.
- Préparation de la cavité d'accès.
- Localisation des entrées canalaires et retrait des interférences coronaires.
- Cathétérisme initial à l'aide d'une lime manuelle 10/100^{ème} ou 15/100^{ème}.
- Détermination de la longueur de travail à l'aide d'un localisateur d'apex et/ou d'un cliché radiographique avec lime en place.
- Pré-instrumentation du canal (création d'un « glide path ») à l'aide d'un instrument manuel ou de rotation continue :
 - ⇒ Jusqu'au diamètre 20/100^{ème} pour la lime 1,5 mm de diamètre.
 - ⇒ Jusqu'au diamètre 30/100^{ème} pour la lime 2 mm de diamètre.

La sélection de la lime SAF® appropriée sera fonction du diamètre apical et de la longueur de travail du canal. Le diamètre apical sera évalué à l'aide de la lime manuelle de diamètre le plus élevé pouvant être amenée à la longueur de travail sans contraintes.

Ainsi, on choisira :

- ⇒ la lime SAF® 1,5 mm de diamètre lorsque les canaux n'excèdent pas un diamètre apical de 35/100^{ème}.

- ⇒ la lime SAF® 2mm de diamètre lorsque les canaux ont un diamètre apical compris entre 35 et 60/100^{ème}.
- Insertion de la lime SAF® en action et avec une irrigation constante jusqu'à la longueur de travail. Si une résistance à l'insertion est observée, l'étape de cathétérisme devra être reprise consciencieusement.
 - Un simple mouvement de va-et-vient de l'ordre de 4mm d'amplitude est appliqué à l'instrument, qui sera utilisé pendant une durée de 4 minutes par canal, répartie en 2 cycles de 2 minutes. L'intégrité de l'instrument devra être vérifiée entre chaque cycle.
 - Une appréciation de la préparation canalaire est effectuée à l'aide d'une lime manuelle. Si celle-ci paraît insuffisante, l'instrument pourra être utilisé pendant 1 minute supplémentaire.
 - Une fois cette étape achevée, le canal est considéré comme préparé et désinfecté. Après utilisation de cônes de papier pour retirer toute présence d'humidité au sein du canal, l'étape d'obturation peut être envisagée.
 - La technique d'obturation reste au choix du praticien : les techniques de condensation latérale à froid et verticale à chaud peuvent être envisagées et associées, ainsi que les systèmes d'obturation thermoplastique tels que le système Thermafil®. Dans le cadre de canaux de gros diamètre ou de forme ovale, la technique dite du cône moulé pourra être envisagée : on trempera alors un maître cône dans de l'eucalyptol afin d'obtenir une empreinte précise du 1/3 apical (50).

IV-4. Contre-indications à l'utilisation du SAF :

Mises à part les contre-indications relatives à tout traitement endodontique, l'utilisation du système SAF® est contre-indiquée dans deux autres situations (51) :

- Diamètre apical permettant l'insertion d'une lime 45/100^{ème} sans contrainte jusqu'à la longueur de travail : risque de projection d'hypochlorite au delà de l'apex et incapacité de l'instrument à effectuer une préparation apicale suffisante.
- Longueur de travail supérieure à 31mm.

V- Le Self Adjusting File® dans la littérature :

La sortie d'un nouveau système de préparation canalaire est toujours suivie de la publication d'articles scientifiques s'y rapportant : ils permettent de valider ou d'infirmer certaines données avancées par le fabricant sur la base de preuves scientifiques tangibles. Ainsi, tout praticien désireux d'acquérir un nouveau matériel devrait se plier à une lecture critique des articles parus le concernant, de manière à se faire une idée quant à la véracité des arguments annoncés par le constructeur.

Dans le cas du SAF®, les principaux arguments avancés par le fabricant sont les capacités de déformation et d'adaptation à l'anatomie canalaire de la lime SAF®, l'irrigation délivrée en continu par le système VATEA® ainsi qu'un gain de sécurité grâce aux propriétés mécaniques de la lime limitant son risque de fracture (34,36). Une sélection de 33 articles représentatifs des parutions ayant pour sujet le SAF® a été retenue, de manière à confronter ces arguments de vente à des données scientifiques plus concrètes.

V-1 . Les capacités de mise en forme du Self Adjusting File® :

Les capacités de déformations exceptionnelles de sa lime constituent l'un des principaux arguments de vente du système SAF®. Selon ReDent Nova, elles lui permettent d'adapter sa forme à celle du canal dans lequel elle est insérée, autorisant ainsi un contact intime avec les parois canalaires dans les 3 plans de l'espace. Il en résulterait une préparation homothétique et respectueuse de l'anatomie canalaire initiale (35).

Un certain nombre d'études ont été menées afin de confronter les capacités de mise en forme du SAF® à celles de systèmes de rotation continue. Le tableau suivant classe les études sélectionnées dans le cadre de ce travail en fonction du paramètre expérimental analysé et de ses critères d'évaluation :

	Mesure du pourcentage de surfaces instrumentées	Mesure du transport canalaire
Reconstruction 3D par scanner de l'anatomie canalaire	Peters et coll.(47,48), Versiani et coll. (64,65), Solomonov et coll. (59), Paqué et coll. (40)	Peters et coll. (49)
Superposition d'images en 2 dimensions	Ruckman et coll. (52)	Burroughs et coll. (10)

Tableau n°1 : Etudes sur les capacités de mise en forme du SAF® : méthodologie

Il est à noter que les études se basant sur des analyses scannographiques sont plus pertinentes car plus représentatives du caractère tridimensionnel de la mise en forme.

V-1.1 Persistance de zones non instrumentées après mise en forme :

Il a été montré que les instruments de rotation continue demeurent incapables de toucher la totalité des parois canales. Ces zones non préparées peuvent présenter des débris et des résidus de tissus pulpaire constituant un obstacle à une obturation adéquate. Les chiffres avancés par certaines études sont édifiants : Peters et coll. montrent que lors de la mise en forme de molaires maxillaires par le ProTaper®, 43 à 49% de la surface radiculaire reste intouchée par les instruments de mise en forme (49). Ce chiffre est porté à 66% ± 6 % dans l'étude de Solomonov et coll. (59). Si le rôle de l'irrigation est de combler ce manque dans une certaine mesure, une étude de 2012 de Paqué et coll. (41) montre qu'après mise en forme et irrigation de molaires mandibulaires avec le système ProTaper®, environ 10% de la surface canalaire reste oblitérée par des débris.

Ces résultats sont la conséquence logique du mode de fonctionnement des instruments de rotation continue : ces derniers transfèrent leur forme cylindro-conique au canal lors de la préparation mécanique. Or les canaux ne présentent que rarement une telle forme comme nous l'avons vu précédemment dans la partie traitant de la complexité du système endocanalaire. Il devient alors évident que les instruments de rotation continue

laissent des zones non préparées dans les canaux de sections ovales ou aplaties comme le montre la figure suivante :

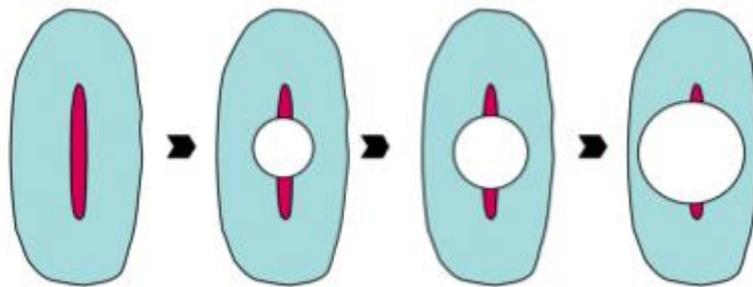


Figure n° 20 : Schéma illustrant la préparation d'un canal de section aplatie par un système de rotation continue conventionnel. D'après Metzger et coll, The self-adjusting file (SAF). Part 1: respecting the root canal anatomy – a new concept of endodontic files and its implementation, 2010 (36)

Devant un tel constat, il apparaît que le seul moyen d'augmenter la surface concernée par l'instrumentation est d'augmenter le diamètre instrumental, occasionnant un affaiblissement des parois radiculaires.

Les études menées par Peters et coll. (47,48) montrent que le SAF® permet un retrait homogène de dentine sur tout le périmètre canalaire, et que le pourcentage de surface traitée est fonction du temps d'utilisation de la lime SAF® et du diamètre choisi.

Paqué et coll. (40) mesurent les capacités de mise en forme du SAF dans des canaux « long-ovales » et les comparent à celles obtenues dans une étude précédemment menée avec le ProTaper®. Les résultats obtenus pour le SAF® ($23,5 \pm 8,9\%$ de surfaces non traitées) sont significativement meilleurs que pour le Protaper® ($66,1\% \pm 15,3\%$ de surfaces non traitées).

Solomonov et coll. comparent l'efficacité du SAF® à celle du ProTaper® pour préparer des canaux en C. Pour le groupe SAF®, $41\% \pm 14\%$ des parois canalaire restent non affectées par la procédure de mise en forme et un pourcentage de $66\% \pm 6\%$ est obtenu pour le groupe ProTaper®, dénotant une capacité de mise en forme significativement supérieure du SAF® (59).

Les études de Versiani et coll. aboutissent à des résultats moins probants : une première étude de 2011 compare la mise en forme de canaux aplaties par le SAF® et le système K3®. Il en

ressort que les capacités du SAF® sont significativement supérieures à celles du K3® mais uniquement au niveau du tiers coronaire (65).

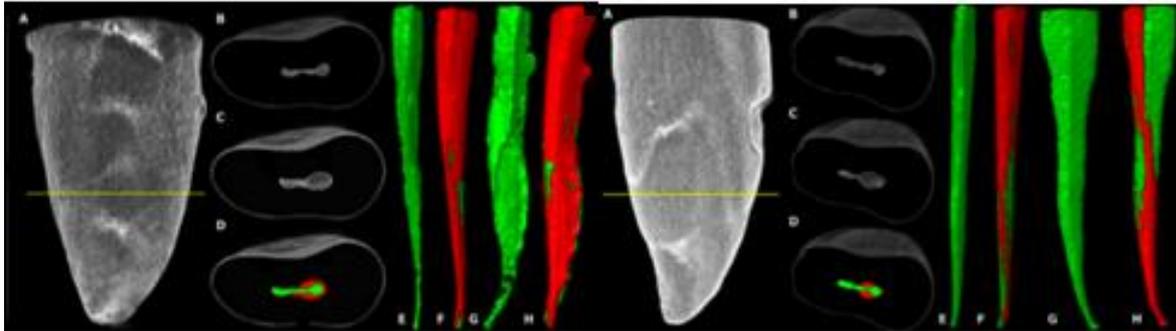


Figure n° 21 : Reconstruction 3D de l'anatomie canalaire de deux racines issues de l'expérimentation de Versiani et coll. A gauche, la racine traitée avec le SAF®, à droite celle traitée avec le système K3®. La couleur verte correspond à l'anatomie canalaire avant préparation et la couleur rouge après préparation. D'après Versiani et coll, Flat-oval root canal preparation with Self-adjusting file instrument: a micro-computed tomography study, 2011 (65).

Une seconde étude datant de 2013 compare l'action du SAF® à celle du WaveOne®, du Reciproc® et du ProTaper®. Le groupe SAF® présente le pourcentage de surfaces non préparées le plus faible, mais de manière non significative en comparaison avec les autres groupes (64).

Enfin, l'étude de Ruckman et coll (52), même si elle est moins pertinente du fait de son analyse en 2 dimensions, révèle que les capacités de mise en forme du SAF® ne sont significativement plus élevées que pour les 2/3 coronaires.

Ces différentes études aboutissent toutes à la conclusion qu'aucun système de mise en forme ne permet d'instrumenter toutes les surfaces canales, même si le SAF® tend à améliorer cette tendance. Concernant la mise en forme du tiers apical, elles ne font que confirmer la difficulté de cette tâche et montrent que le SAF® n'est pas significativement plus efficace que les autres systèmes testés dans ce domaine.

V-1.2. Le transport canalaire :

Le transport canalaire est l'un des incidents susceptibles de survenir au cours de la mise en forme canalaire. Il peut aboutir à des butées et des déchirures apicales rendant l'étape d'obturation plus complexe et peut même aboutir à des perforations radiculaires mettant en péril l'avenir de la dent concernée (55). Il a été montré que le risque de

transport canalaire augmente avec le diamètre de l'instrument utilisé par accroissement de sa rigidité. Même si ce risque a été réduit grâce à l'introduction du Nickel-Titane en endodontie, il est toujours à considérer dès lors qu'on utilise des instruments de diamètres élevés.

L'étude de Peters et coll (49) conclut à un faible transport canalaire, compris entre 31 et 89µm lors de la préparation de molaires maxillaires avec le SAF®.

Burroughs et coll. basent leurs conclusions sur la mise en forme de blocs de résine simulant un canal en S par les systèmes SAF®, Typhoon® et Vortex® (10). Les résultats obtenus montrent un transport canalaire significativement moins élevé pour le groupe SAF® que pour les deux autres groupes. Cependant, ces résultats s'appuyant sur des blocs de résine non représentatifs des conditions cliniques, des études comparant le transport canalaire obtenu avec le SAF® et d'autres systèmes de mise en forme dans des conditions expérimentales plus proches de la réalité clinique seraient souhaitables.

V-2. Les capacités de désinfection du Self Adjusting File® :

L'irrigation continue est l'une des innovations proposées par le système SAF® : le système VATEA® permet de délivrer un flux continu d'irrigation tout au long de la mise en forme (35,36), contrairement aux instruments de rotation continue où l'irrigation n'intervient qu'entre le passage des différents instruments et lors du rinçage final précédant l'étape d'obturation. Une série d'études a été menée afin d'évaluer les capacités de désinfection du SAF® et de les confronter à celles de différents protocoles de mise en forme associés à une irrigation classique délivrée par une seringue. Pour ce faire, des racines de dents extraites sont préalablement infectées par inoculation de différentes espèces bactériennes, et l'efficacité de désinfection est évaluée par comptage des bactéries résiduelles ou par prélèvements bactériens après préparation canalaire.

V-2.1. Renouvellement continu de l'agent d'irrigation :

On a vu précédemment que c'est la quantité de chlore actif qui détermine la capacité de désinfection de la solution d'irrigation. Or le chlore actif perd rapidement de son efficacité avec le temps (55). Le système VATEA® associé à la lime SAF® permet un apport continu de chlore actif au cours de la mise en forme, potentialisant ainsi la

désinfection du système endocanalair (36). De plus, cela permet d'utiliser le NaOCl à des concentrations plus faibles, limitant ainsi les risques de dégradation des parois dentinaires et du péri-apex. Selon l'étude d'Alves et coll (5), qui évalue la capacité de désinfection du SAF® en fonction du pourcentage de dilution du NaOCl utilisé, il n'existe pas de différences significatives entre les groupes 2,5% et 6%. Les deux groupes présentent une diminution significative de la population bactérienne, seul le temps d'utilisation du SAF® tend à améliorer ces résultats. L'étude de Kaya et coll. (29) observe quant à elle les effets de la concentration de NaOCl utilisée sur les capacités de retrait de boue dentinaire du SAF® et sur les parois dentinaires. De la même manière, aucune différence significative n'est observée entre les différents groupes (1,3%, 2,6% et 5,25%) sur le plan du retrait de boue dentinaire. En revanche, on observe significativement plus de traces d'érosion dentinaire au sein du groupe 5,25%. Cela indique que le NaOCl peut être utilisé à faible concentration avec le système SAF® en ayant des résultats similaires à ceux observés avec des concentrations plus élevées, tout en évitant la fragilisation des parois dentinaires.

V-2.2. Etudes comparatives : réduction de populations bactériennes :

L'étude de Basmaci et coll. (7) évalue les capacités de désinfection du SAF et les compare à celles de protocoles associant instruments de mise en forme rotatifs et irrigation par seringue (ProTaper® et Reciproc®). Chaque groupe instrumental (SAF®=1, Reciproc®=2 et Protaper®=3) est subdivisé en 3 sous-groupes présentant chacun une solution d'irrigation différente (A : solution stérile de sodium de phosphate tamponnée, B : NaOCl 5% et EDTA 15%, C : NaOCl 5% et acide maléique 7%). 81 prémolaires mandibulaires présentant un canal unique et rectiligne sont infectées par une suspension de la bactérie *E.faecalis*. Un comptage du nombre de bactéries est réalisé après préparation et le pourcentage de réduction bactérienne est alors calculé (seuls les résultats obtenus pour les groupes utilisant du NaOCl comme agent d'irrigation seront présentés dans le tableau suivant) :

Groupes	1-B	1-C	2-B	2-C	3-B	3-C
Pourcentage réduction bactérienne	58,71%	48,44%	53,74%	64,88%	70,13%	58,50%

Tableau n°2 : Effets de plusieurs protocoles d'irrigation sur une population bactérienne en suspension. D'après

Basmaci et coll, Ex vivo evaluation of various instrumentation techniques and irrigants in reducing *E. faecalis* within root canals, 2013 (7).

Il ressort de cette étude que les trois protocoles sont efficaces pour réduire la population d'*E.faecalis* mais qu'il n'existe aucune différence significative entre eux. Siquiera et coll. obtiennent des résultats similaires. Dans cette étude, les prélèvements bactériens réalisés après préparation de canaux préalablement infectés par *E.faecalis* ne révèlent aucune différence significative entre les groupes SAF®, Reciproc et Twisted file (58). Ces deux études reposent sur une inoculation de bactéries en suspension, ce qui n'est pas représentatif de la réalité clinique : en effet, la flore intracanaulaire est beaucoup plus complexe et organisée en biofilm, dont l'élimination est beaucoup moins aisée que pour de simples bactéries en suspension (55). Cette organisation particulière regroupe plusieurs espèces bactériennes formant une communauté structurée et englobée dans une matrice polysaccharidique protectrice et adhérent à la surface radiculaire (55).

L'étude de Lin et coll. s'attache à recréer un biofilm bactérien expérimental pour être au plus proche des conditions cliniques. 36 prémolaires mandibulaires sont sectionnées longitudinalement, et un sillon est artificiellement créé sur chacune des moitiés obtenues. Chaque moitié est ensuite inoculée avec de la plaque bactérienne sous-gingivale humaine dans un environnement anaérobie durant une période de 4 semaines. Passé ce délai, les moitiés radiculaires sont réassemblées à l'aide d'un bloc de résine afin de recréer un système apical clos. Les racines sont ensuite réparties dans 3 groupes expérimentaux de 10 dents : le groupe limes K, le groupe ProFile® et le groupe SAF®. Les 6 dents restantes ne sont pas instrumentées et forment un groupe contrôle de manière à s'assurer du bon développement d'un biofilm bactérien à l'issue de ces 4 semaines (33).

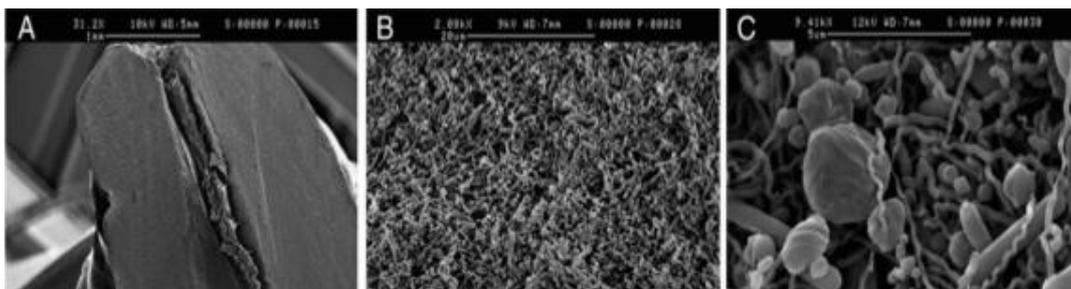


Figure n° 22 : Observation sous microscopie électronique du biofilm bactérien s'étant formé après 4 semaines. (A) au grossissement X30, (B) au grossissement X2000 et (C) au grossissement X9000. Sur cette dernière image, on distingue clairement la présence de plusieurs espèces bactériennes cohabitant. D'après Lin et coll, A comparative study of biofilm removal with hand, rotary nickel-titanium, and self-adjusting file instrumentation using a novel in vitro biofilm model, 2013 (33).

Après préparation, les parois radiculaires sont observées sous microscope électronique à la recherche de bactéries résiduelles. Le pourcentage de bactéries résiduelles est alors déterminé, en distinguant l'intérieur et l'extérieur du sillon créé :

	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 n°3 : Pourcentage de bactéries résiduelles en fonction de la provenance de l'échantillon observé. D'après Lin et coll, A comparative study of biofilm removal with hand, rotary nickel-titanium, and self-adjusting file instrumentation using a novel in vitro biofilm model, 2013 (33).

On constate que les trois protocoles éliminent efficacement le biofilm en dehors du sillon, et sans différence significative entre eux. Pour l'intérieur du sillon en revanche, on constate une diminution significative de la population dans le groupe SAF® comparé aux deux autres groupes. Ces meilleurs résultats au niveau de cette zone plus difficile d'accès peuvent être dus au bénéfice de l'activation de la solution d'irrigation, permise grâce à la dynamique instrumentale du SAF® (36). En effet, le mouvement de va-et-vient vertical délivré par la tête de contre-angle RDT3® crée des turbulences au sein du canal et permet la présence d'une solution d'irrigation agitée mécaniquement lors de la préparation canalaire (34).

De nombreuses études ont été menées quant à la nécessité d'agiter la solution d'irrigation pour en potentialiser les effets. Cette activation peut être réalisée à l'aide d'instruments manuels, d'inserts ultrasonores ou bien de systèmes spécialement dédiés comme le système Endoactivator® de Dentsply (54,55).

L'activation d'une solution d'irrigation a plusieurs objectifs :

- Permettre la diffusion de la solution d'irrigation dans les zones les plus recluses du système endocanalaire.
- Disloquer le biofilm bactérien, par création de turbulences qui vont permettre de le désolidariser de la surface radiculaire.
- Potentialiser les capacités antibactériennes et solvantes de l'agent d'irrigation. Sur ce point, les mécanismes demeurent encore mal connus, certains auteurs suggèrent que l'agitation de la solution d'irrigation provoque une élévation de sa température qui serait à l'origine de l'amélioration de ses capacités de désinfection.

Ces bons résultats seront cependant à confirmer par des études complémentaires, car une étude menée par Paranjpe et coll. (42) tend à montrer que les capacités de désinfection du SAF® sont insuffisantes, notamment au niveau du tiers apical. Dans cette étude, des prémolaires maxillaires sont inoculées avec des colonies de *E.faecalis* pendant une durée de 30 jours, puis préparées et irriguées à l'aide du ProTaper® et d'une seringue d'irrigation (groupe 1) ou du SAF® (groupe 2). Des échantillons bactériens sont alors prélevés : à l'aide d'une pointe de papier (échantillon 1) ou par prélèvement de débris dentinaires (échantillon 2). Après analyse, il s'avère que pour le groupe 1, 40% des échantillons 1 et 45% des échantillons 2 sont négatifs. Pour le groupe 2, 20% des échantillons 1 et 15% des échantillons 2 recueillis sont négatifs, soulignant une diminution moins significative de la population bactérienne pour le groupe SAF®. Les auteurs interprètent cette différence par une absence d'élargissement apical suffisant avec le SAF®, limitant ainsi la diffusion de l'agent d'irrigation dans cette région.

V-3. Les capacités de débridement du Self Adjusting File® :

Comme nous l'avons vu précédemment, les instruments de rotation continue produisent des débris et de la boue dentinaire lors de la mise en forme et ont tendance à les repousser dans les anfractuosités du réseau endocanalaire. Cette boue dentinaire est composée de débris minéraux et de débris organiques d'origine pulpaire ou bactérienne, et met en péril la qualité de l'obturation si elle n'est pas correctement retirée (55). L'élimination de ces débris dépendra de la capacité du système de mise en forme à instrumenter la majorité des parois radiculaires et de celle du protocole d'irrigation à

permettre une évacuation efficace de ces débris. Le SAF® combinant une adaptation intime aux parois radiculaires et une agitation de la solution d'irrigation, des études ont été menées afin de comparer ses capacités de débridement avec la concurrence.

Les études de De Melo Ribeiro et coll. (17) et de De Deus et coll. (15) observent la quantité de débris organiques résiduels après utilisation du SAF® et comparent ces données avec celles obtenues par d'autres systèmes de mise en forme associés à un protocole d'irrigation classique. Toutes deux concluent à un pourcentage de débris organiques significativement plus faible dans le groupe SAF® que dans les groupes mis en forme par rotation continue. ($2,18 \pm 2,71\%$ pour le SAF® et $13,11 \pm 12,98$ pour le K3® dans l'étude de De Melo Ribeiro et coll., $9,3\%$ pour le SAF® contre $21,4\%$ pour le ProTaper® dans l'étude de De Deus et coll.)

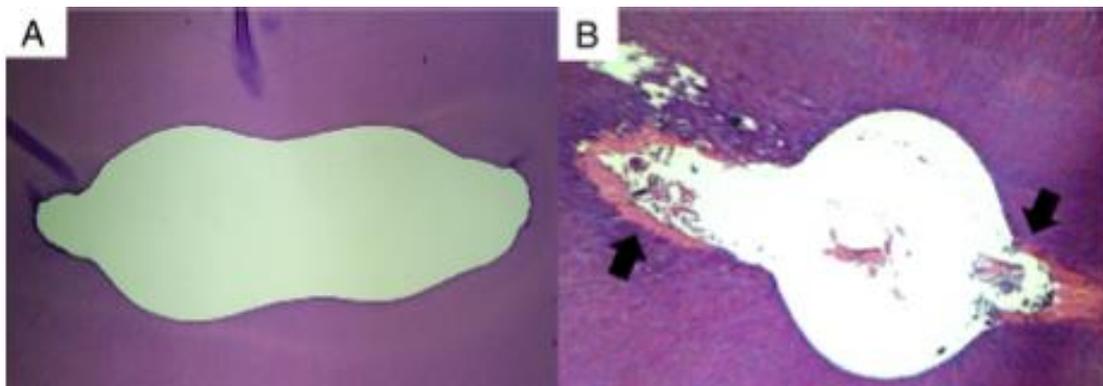


Figure n° 23 : Coupes histologiques de racines traitées avec le SAF® (A) et le ProTaper® à (B). On note des parois libres de tout débris sur l'échantillon issu du groupe SAF®. (Les flèches indique la présence d'un amas significatif de débris pulpaire). D'après De Deus et coll, The Self-adjusting file optimizes debridement quality in oval-shaped root canals, 2011 (15)

Yigit Ozer et coll. (70) évaluent les capacités de débridement du SAF® en fonction du temps d'utilisation de la lime (4, 8 et 12 minutes). On observe des échantillons propres quelque soit le temps d'utilisation, confirmant que la durée de 4 minutes d'action par canal indiquée par le fabricant est correcte (50). Metzger et coll. (37) observent la présence de débris et de boue dentinaire au sein du canal après passage du SAF® (échantillon constitué de 23 racines monoradiculées). Il en ressort que tous les échantillons sont considérés comme propres concernant la présence de débris, et que pour la boue dentinaire, le pourcentage de surfaces propres décroît de la couronne vers l'extrémité apicale (100% tiers coronaire, 80% tiers moyen et 65% tiers apical). L'étude de Paqué et coll. (41) confirme ces résultats en attribuant

de meilleures capacités de débridement au SAF® qu'au ProTaper® dans le cadre de molaires mandibulaires présentant un isthme.

Enfin, De Deus et coll. (13,14) ont mené deux études évaluant la qualité de l'obturation de racines traitées par le système SAF®. Dans les deux cas, un groupe est traité avec le SAF® et l'autre groupe avec le ProTaper®. Il ressort de ces études que le pourcentage de surface obturée par de la gutta percha est significativement plus élevé pour le groupe SAF® que pour le groupe ProTaper®. Il en est de même pour la résistance d'adhésion de l'obturation réalisée sur les racines traitées avec le SAF®. On peut attribuer ces résultats à une meilleure capacité de débridement de la part du SAF®, éliminant ainsi plus de débris et diminuant le risque de perturber la liaison entre la gutta et les parois canalaires.

V-4. Diminution du risque de fracture instrumentale :

Le risque de fracture est l'un des principaux écueils de la mise en forme par rotation continue. Malgré les propriétés super-élastiques de cet alliage, la fracture peut survenir si les contraintes qui lui sont appliquées dépassent un certain seuil de réversibilité. L'étude de Parashos et coll. estime que le taux de survenue de fracture instrumentale est de l'ordre de 5% (44). Deux phénomènes majeurs peuvent aboutir à la fracture d'un instrument en Nickel-Titane :

- Fracture par torsion (55) :

Lorsqu'une torsion est appliquée, l'instrument subit dans un premier temps une déformation élastique : il peut alors reprendre sa forme initiale si la contrainte s'arrête. Si la contrainte se poursuit, la déformation devient permanente et la fracture peut alors survenir. La fracture par torsion survient généralement lorsque la pointe instrumentale se retrouve bloquée à la suite d'un défaut de cathétérisme ou lorsque le praticien force de manière exagérée sur l'instrument lors de la préparation. De plus, la fracture par torsion est d'autant plus fréquente lorsque le diamètre et la conicité de l'instrument augmente (46).

- Fracture par fatigue :

Elle survient lorsqu'un instrument a subi une trop grande accumulation de contraintes au cours de son utilisation. Cela peut découler d'une utilisation prolongée dans une

courbure prononcée, ou bien lorsque l'instrument a été utilisé un trop grand nombre de fois. (55,56). Contrairement à la fracture par torsion, la fracture par fatigue survient sans déformation préalable de l'instrument et peut donc être imprévisible (62).

Des évolutions en terme de design instrumental et des améliorations dans le domaine de la métallurgie ont permis de limiter ces risques. Cependant, le meilleur moyen d'éviter la fracture instrumentale reste encore de respecter certains principes de bon usage (6,55) :

- Respect des protocoles constructeurs : plus particulièrement le respect de l'ordre selon lequel les instruments doivent être utilisés ainsi que leur vitesse de rotation.
- La préparation doit être réalisée de manière douce et dynamique : le praticien ne doit pas exercer de pressions excessives sur les parois canalaires et l'instrument ne doit en aucun cas rester statique dans le canal.
- Les instruments doivent être régulièrement inspectés à la recherche d'un potentiel défaut et seront jetés lorsque le nombre de cycles d'utilisations prévus par le fabricant sera dépassé.
- Analyse de la radio préopératoire : si la courbure canalaire est trop prononcée, une instrumentation manuelle de cette zone pourra être envisagée.

La présence d'un fragment instrumental au sein du canal est problématique dans la mesure où elle diminue de manière significative la réussite du traitement endodontique. En effet, il empêche l'accès et donc la désinfection de la portion canalaire située plus apicalement que lui. Les bactéries potentiellement présentes dans cette région ne pourront donc pas être retirées en totalité et pourront être à l'origine d'une contamination future. Le praticien devra tenter de retirer le fragment autant que possible à l'aide de différentes méthodes, telles que l'emploi de limes ultrasonores ou de dispositifs spécifiques comme la trousse de Masseran. Si l'accès au fragment est impossible ou trop mutilant, une manœuvre de by-pass pourra être envisagée de manière à contourner le fragment et obturer la portion canalaire jusqu'alors inaccessible (55).

La lime SAF® a été conçue de manière à réduire ce risque de fracture et à sécuriser la pratique endodontique. En effet, selon ses concepteurs, le treillis métallique qui la

compose permet une répartition des contraintes à l'ensemble de l'instrument et améliore grandement ses propriétés mécaniques (36). Différentes études ont été menées afin d'étudier les capacités de déformation du SAF®.

L'étude de Hof et coll. (27) démontre une résistance à la torsion de l'ordre de $29,7 \text{ g/cm} \pm 3,2 \text{ g/cm}$. Cette valeur correspond à $7 \pm 0,4$ fois 360° avant que la lime ne se fracture. Ces valeurs sont significativement supérieures à la norme ISO3630-1 qui équivaut à une rotation de 360° soit 18 g/cm . Concernant la résistance à la fatigue cyclique, les premiers signes de fracture sont constatés après $29,1 \pm 1,2$ minutes de fonctionnement. Ces résultats sont obtenus en simulant l'utilisation clinique du SAF® dans un canal rectiligne. Akçai et coll. (4) ont procédé à des tests similaires, mais les canaux artificiels testés présentent deux degrés de courbure différents (45° et 60°) afin d'étudier le comportement du SAF® lors de la mise en forme de canaux non rectilignes. Il ressort de cette étude que les premiers signes de fractures surviennent bien plus tôt, entre 2 et 6 minutes d'utilisation. Il est également montré que la fracture est plus fréquente dans le groupe 60° de courbure.

Ces deux études s'accordent néanmoins sur le fait que la fracture chez le SAF® se manifeste par un simple détachement d'arches métalliques, et en aucun cas une fracture complète n'a été observée. L'étude de Farmakis et coll. (20) étudie la survenue de fracture du SAF® lors de la préparation de canaux de molaires extraites et aboutit aux mêmes conclusions. Aucun fragment instrumental n'apparaît sur les radiographies de contrôle, l'irrigation permettant l'évacuation de tout débris instrumental.

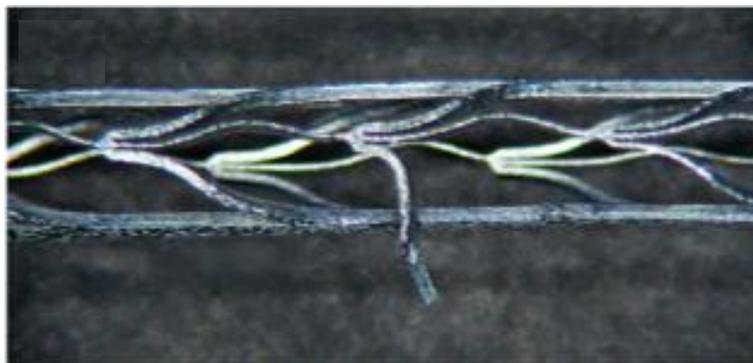


Figure n°24 : Manifestation caractéristique de la fracture d'une lime SAF® : détachement d'une arche. D'après Metzger Z et coll, The self-adjusting file (SAF). Part 1: respecting the root canal anatomy – a new concept of endodontic files and its implementation, 2010 (36).

V-5. Autres publications :

V-5.1. Publications relatives à la formation de microfissures :

Certaines études ont montré que les instruments de rotation continue pouvaient induire la formation de fissures au sein des parois dentinaires (3,61) : ces fissures sont problématiques dans la mesure où elles affaiblissent la structure dentinaire. Ainsi, elles peuvent se propager lors d'un choc occlusal ou bien même lors de l'étape d'obturation si celle-ci fait appel à des manœuvres de compaction latérale (3). Cette propagation peut aboutir à une fracture verticale radiculaire, conduisant généralement à l'avulsion de la dent concernée.



Figure n°25 : Observation d'une fissure radiculaire. D'après Yoldas et coll, *Dentinal microcrack formation during root canal preparations by different NiTi rotary instruments and the Self-adjusting file*, 2012 (70).

L'étude de Yoldas et coll. observe la formation de microfissures dentinaires suite à l'utilisation du SAF®, d'instruments manuels et d'instruments de rotation continue. Des racines de molaires mandibulaires sont mises en forme à l'aide de ces différents systèmes, puis observées sous microscope après coupe. Il en ressort que les systèmes rotatifs sont à l'origine de fissures dans 25 à 60% des cas selon le système utilisé, alors qu'aucune fissure n'est observée dans les groupes SAF® et limes manuelles (71). L'étude de Hin et coll. présente des conditions expérimentales similaires et obtient des résultats légèrement différents : aucune fissure n'est observée dans les groupes contrôles et limes manuelles et

avec une survenue de 10% pour le groupe SAF® (26). Ce pourcentage reste cependant significativement moins élevé que ceux obtenus pour les groupes mis en forme par des instruments de rotation continue (25% pour le groupe Mtwo®, 35% pour le groupe ProTaper®).

Ces résultats laissent à penser que l'action abrasive du SAF® est moins délabrante que l'action de coupe des instruments de rotation continue. Cela s'inscrit dans le concept même du SAF®, qui est de proposer une lime dont la forme s'adapte aux dimensions du canal (34,36), à l'inverse des instruments de rotation continue qui vont transférer leurs formes au canal. Kim et coll. se sont intéressés aux contraintes exercées par le SAF® sur les parois canalaires lors de son utilisation et ces résultats ont été comparés à ceux obtenus avec les systèmes ProTaper® et ProFile® (30). Il ressort de cette étude que les contraintes exercées par le SAF® sont jusqu'à 10 fois moins importantes que celles exercées par les systèmes de rotation continue.

Ces résultats seront toutefois à confirmer à l'avenir par des études complémentaires. En effet, l'étude de Capar et coll. aboutit à des conclusions différentes : elle regroupe 50 prémolaires mandibulaires réparties en 3 groupes (contrôle, ProTaper® et SAF®) dont la résistance à la fracture est testée après mise en forme. Aucune différence significative n'est alors observée entre les différents groupes (11).

V-5.2. Publications relatives aux projections de débris au delà de l'apex :

La projection de débris au delà de l'apex lors du traitement endodontique peut être à l'origine d'une inflammation du péri-apex, engendrant des douleurs post-opératoires pour le patient (55). Ces projections peuvent survenir à la suite d'un mauvais respect de l'anatomie apicale (mise en forme excessive, déchirure...) ou de pressions exagérées lors de l'injection de la solution d'irrigation. D'après Metzger et coll (36), ce risque est virtuellement impossible avec le SAF®, car son corps creux autorise une libre circulation de l'agent d'irrigation entre ses mailles et ne génèrent qu'une pression très faible, même au niveau du tiers apical (36). Ces observations ont été confortées par une étude menée par Hof et coll. (27) dans laquelle des racines initialement mises en forme jusqu'au diamètre 25/100^{ème} sont irriguées soit avec le système SAF®, soit avec une seringue d'irrigation classique. A l'issue de cette expérience, aucune extrusion de débris

ou d'agent d'irrigation n'est observée pour le groupe SAF®, à l'inverse du groupe irrigué avec une seringue.

Ces résultats diffèrent cependant de ceux obtenus par Koçak et coll. dont l'étude évalue la quantité de débris apicaux générés par différents systèmes de mise en forme mécanisés (31). Les débris sont récoltés et pesés à l'aide d'une balance de précision. Il ressort de cette expérience qu'aucune différence significative n'est observée entre les différents groupes.

L'étude de De Deus et coll. tempère quelque peu ces résultats (16) : elle reprend les mêmes conditions expérimentales, seuls les groupes comparés diffèrent (limes manuelles, le système SAF® et le système ProTaper®). Il apparaît alors que les trois groupes testés produisent des débris apicaux, mais de manière significativement moins prononcée pour le groupe SAF®.

V-5.3. Publications relatives au retraitement endodontique :

Le retraitement endodontique est envisagé lors d'un échec endodontique potentiel ou avéré. Il concerne une dent ayant reçu un premier traitement jugé inadéquat ou ayant échoué, aboutissant à une contamination bactérienne du système endocanalaire, et vise à améliorer l'avenir fonctionnel de la dent concernée (55,63). Il constitue une alternative à l'avulsion de la dent causale lorsque les conditions cliniques le permettent (55).

Le retraitement endodontique vise à retirer la totalité du matériau d'obturation initial, dans le but d'assurer un nouveau nettoyage et une nouvelle obturation du système endocanalaire (1,55). En effet, si du matériau d'obturation subsiste, il peut représenter un obstacle à la nouvelle obturation canalaire envisagée. De plus, il peut être contaminé par des agents bactériens susceptibles de se multiplier à la suite de la manœuvre de retraitement, ce qui représente un risque de nouvel échec (1,63). Désobturer une dent en totalité n'est pas chose aisée : le matériau d'obturation peut être délicat à retirer lorsqu'il est ancien et la procédure de retraitement peut alors s'avérer longue et fastidieuse. Il n'existe pas de réel consensus quant à la méthode à adopter pour retirer le matériau d'obturation. On peut citer l'utilisation de limes manuelles, de solvants visant à ramollir le matériau, de limes ultrasonores ou de séquences instrumentales de rotation

continue telles que le système ProTaper® Universal (1,55,63). Ces différentes techniques pourront être associées entre elles en fonction de la situation clinique.

De par ses capacités d'adaptabilité et de débridement, plusieurs auteurs ont cherché à évaluer l'utilisation du SAF® comme système adjuvant à l'action de systèmes de rotation continue lors de procédures de retraitement. 3 études récentes peuvent être répertoriées :

L'étude d'Abramovitz et coll. (1) teste l'efficacité d'un protocole de retraitement associant le système ProTaper® Universal et le système SAF®. Pour ce faire, des clichés radiographiques sont réalisés avant retraitement, après action du ProTaper® Universal et après action du SAF®. Les différents clichés sont comparés entre eux par superposition et le pourcentage de parois radiculaires présentant des résidus d'obturation est calculé.

	Après action du Protaper Universal®		Après action du SAF®	
	Dans le sens mésio distal	Dans le sens vestibulo lingual	Dans le sens mésio distal	Dans le sens vestibulo lingual
1/3 coronaire	5,6% (± 8,7%)	7,8% (± 12,9%)	1,5 % (± 3,3%)	2,6% (± 3,7%)
1/3 moyen	14,9% (± 17,4%)	12,9% (± 13,9%)	4,5% (± 6,6%)	4,1% (± 5,7%)
1/3 apical	34,7% (± 20,9%)	34,7% (± 22,8%)	9,6% (± 11,5%)	6,7% (± 9,4%)

Tableau n°4 : Pourcentage de surfaces présentant des résidus d'obturation après retraitement. D'après Abramovitz et coll, The effectiveness of a self-adjusting file to remove residual gutta-percha after retreatment with rotary files, 2012 (1).

On observe premièrement une efficacité significative du système ProTaper® Universal à retirer le matériau d'obturation. Le 1/3 apical reste la zone présentant le plus de résidus, confirmant la difficulté d'accès de cette région. Après action du SAF®, on note à

nouveau une diminution significative de ce pourcentage, témoignant de son intérêt dans un protocole de retraitement.

Voet et coll (68) emploient des conditions expérimentales similaires et observent le pourcentage de gutta résiduelle (PGR) à l'aide d'un microscope optique. Les résultats obtenus concordent avec ceux obtenus par Abramovitz, montrant une diminution significative de la PGR pour le groupe SAF® et moins marquée pour le 1/3 apical. Enfin, l'étude de Solomonov et coll. (60) se base sur une reconstruction 3D du réseau canalaire avant et après retraitement. Il ressort de cette étude que le groupe associant ProFile® et SAF® présente significativement moins de matériau d'obturation que le groupe ProTaper® Universal seul. On notera cependant que les deux protocoles comparés présentent un système de rotation continue différent, les résultats obtenus sont donc moins pertinents que ceux obtenus dans les deux études précédemment citées. Pour conclure, on observe que dans les trois expériences menées, aucune association n'a permis une élimination complète du matériau d'obturation.

V-6. Analyse critique de la littérature :

Les études sus mentionnées constituent un aperçu représentatif des articles parus dans la littérature traitant du système Self Adjusting File®. Il est à noter que leur nombre est relativement restreint étant donné la commercialisation récente de ce système. De plus, la totalité des études portent sur des expériences *in vitro*. De ce fait, les grades de recommandation édictés par la Haute autorité de Santé ne leur sont pas applicables. Les observations et conclusions issues de ces études ne sont pas pour autant dénuées d'intérêt, et une analyse critique est possible, en prenant certains critères en compte comme la taille de l'échantillon étudié, les critères d'observations retenus, l'existence d'une randomisation ou la lecture des résultats en aveugle. Un tableau récapitulatif appliquant cette méthodologie aux différents articles étudiés est disponible en **Annexes**. Une taille d'échantillon suffisante et des critères de sélection bien définis, la présence d'une randomisation, d'une lecture des résultats en aveugle afin de limiter les biais d'interprétation et une observation des résultats selon des critères reproductibles et concordant avec l'objectif de l'étude indiquent que l'étude concernée a été menée avec sérieux et rigueur, et que les résultats qui en découlent sont scientifiquement exploitables. A partir de ces observations, une classification de ces articles est possible en fonction de leur niveau de preuve :

Auteurs	Commentaires	Niveau de preuves
Paranjpe A. et coll. (42)	Etude expérimentale comparative in vitro Randomisée, résultats aveugles Groupes contrôles Pas de biais majeurs	Présomption scientifique
Peters OA et coll. (47)	Etude expérimentale in vitro Randomisée, résultats ouverts Faible puissance	Faible niveau de preuves
Burroughs JR et coll. (10)	Etude expérimentale comparative in vitro Randomisée, résultats aveugles Biais de sélection	Faible niveau de preuves
Kim HC et coll. (30)	Etude expérimentale comparative in vitro Non randomisée, résultats ouverts Biais de sélection	Faible niveau de preuves
Versiani MA et coll. (64)	Etude expérimentale comparative in vitro Randomisée, résultats ouverts Pas de biais majeurs	Faible niveau de preuves
Siquiera JF et coll. (57)	Etude expérimentale comparative in vitro Randomisée, résultats ouverts Hétérogénéité de l'échantillon	Faible niveau de preuves
De Deus GA et coll. (15)	Etude expérimentale comparative in vitro Randomisée, résultats aveugles Faible puissance de l'échantillon	Faible niveau de preuves
Yoldas O et coll. (71)	Etude expérimentale comparative in vitro Non randomisée, résultats aveugles	Faible niveau de preuves
Solomonov M et coll. (59)	Etude expérimentale comparative in vitro Randomisée, résultats ouverts Faible puissance de l'échantillon	Faible niveau de preuves
Paqué F et coll.	Etude expérimentale in vitro Non randomisée, résultats	Faible niveau de preuves

(40)	ouverts Conclusions basées sur une étude extérieure	
Peters OA et coll. (48)	Etude expérimentale in vitro Non randomisée, résultats ouverts	Faible niveau de preuves
Capar ID et coll. (11)	Etude expérimentale comparative in vitro Non randomisée, résultats ouverts Faible puissance de l'échantillon	Faible niveau de preuves
De Deus GA et coll. (16)	Etude expérimentale comparative in vitro Randomisée, résultats aveugles Etude bien menée, sans biais majeurs	Présomption scientifique
Versiani MA et coll. (66)	Etude expérimentale comparative in vitro Randomisée, résultats ouverts Pas de biais majeurs	Faible niveau de preuves
Koçak S et coll. (31)	Etude expérimentale comparative in vitro Randomisée, résultats aveugles Pas de biais majeurs	Présomption scientifique
Siquiera JF et coll. (58)	Etude expérimentale comparative in vitro Randomisée, résultats ouverts Faible puissance de l'échantillon	Faible niveau de preuves
Paqué F et coll. (41)	Etude expérimentale comparative in vitro Randomisée, résultats ouverts Pas de biais majeurs	Faible niveau de preuves
Lin J et coll . (33)	Etude expérimentale comparative in vitro Randomisée, résultats aveugles Etude bien menée, mais faible puissance de l'échantillon	Faible niveau de preuves
Voet KC et coll. (68)	Etude expérimentale comparative in vitro Non randomisée, résultats ouverts Présence d'un groupe contrôle	Faible niveau de preuves

	mais faible puissance de l'échantillon	
Solomonov M et coll. (60)	Etude expérimentale comparative in vitro Randomisée, résultats aveugles Biais dans la constitution des groupes comparés Faible puissance de l'échantillon	Faible niveau de preuves
Alves F RF et coll. (5)	Etude expérimentale comparative in vitro Randomisée, résultats ouverts Etude bien menée mais faible puissance de l'échantillon	Faible niveau de preuves
Kaya S et coll. (29)	Etude expérimentale comparative in vitro Randomisée, résultats aveugles Etude bien menée, mais faible puissance de l'échantillon	Faible niveau de preuves
Akçai I et coll. (4)	Etude expérimentale comparative in vitro Non randomisée, résultats aveugles Biais de sélection, échantillon non représentatif de la réalité clinique	Faible niveau de preuves
De Deus et coll. (13)	Etude expérimentale comparative in vitro Randomisée, résultats aveugles Biais de sélection, faible puissance de l'échantillon, protocole non représentatif de la réalité clinique	Faible niveau de preuves
De Melo Ribeiro et coll. (17)	Etude expérimentale comparative in vitro Randomisée, résultats aveugles Etude bien menée mais faible puissance de l'échantillon	Faible niveau de preuves
Farmakis ET et coll. (20)	Etude expérimentale in vitro Non randomisée, résultats ouverts Pas de précisions sur la	Faible niveau de preuves

	composition de l'échantillon	
De Deus et coll. (14)	Etude expérimentale comparative in vitro Randomisée, résultats aveugles Etude bien menée mais faible puissance de l'échantillon	Faible niveau de preuves
Hin ES et coll. (26)	Etude expérimentale comparative in vitro Randomisée, résultats aveugles Présence d'un groupe contrôle, pas de biais majeur	Présomption scientifique
Ruckman JE et coll. (52)	Etude expérimentale comparative in vitro Non randomisée, résultats ouverts Protocole expérimental non représentatif de la réalité clinique, faible puissance de l'échantillon	Faible niveau de preuves
Metzger Z et coll. (37)	Etude expérimentale in vitro Non randomisée, résultats aveugles Faible puissance de l'échantillon, pas de précisions sur la sélection de l'échantillon	Faible niveau de preuves
Abramovitz I et coll. (1)	Etude expérimentale in vitro Randomisée, résultats ouverts Pas de biais majeurs mais faible puissance de l'échantillon	Faible niveau de preuves
Yigit Ozer S et coll. (70)	Etude expérimentale in vitro Non randomisée, résultats aveugles	Faible niveau de preuves
Basmaci F et coll. (7)	Etude expérimentale comparative in vitro Randomisée, résultats aveugles Pas de biais majeurs mais faible puissance de l'échantillon	Faible niveau de preuves

Il ressort de cette analyse critique que sur les 33 articles étudiés, 29 présentent un faible niveau de preuves, seuls 4 peuvent voir leurs résultats considérés comme des présomptions scientifiques et qu'aucun article ne constitue une preuve scientifique établie. Compte tenu du

faible niveau de preuves des articles disponibles à ce jour, il est important de souligner que les propos exposés dans ce travail ne peuvent présenter un caractère de probité absolu. Il serait nécessaire de réaliser des expériences *in vivo* à l'avenir afin d'être au plus proche de la réalité clinique. De plus, la commercialisation récente du système Self Adjusting File® ne permet pas le recul nécessaire afin de juger du succès ou de l'échec d'un traitement endodontique.

VI- Conclusions :

Les difficultés pouvant être rencontrées lors du traitement endodontique ont amené les fabricants à développer des systèmes de mise en forme permettant une pratique endodontique simplifiée et sécurisée. Les perspectives offertes par le système Self Adjusting File® sont séduisantes : la réalisation d'un traitement optimal sur le plan de la désinfection canalaire et respectueux de l'anatomie initiale semble alors possible et accessible à tous. Pourtant, plusieurs études tendent à montrer les limites de ce système.

Certaines publications ont montré que le système Self Adjusting File® ne permet pas une désinfection efficace du tiers apical, pourtant déterminante dans le succès du traitement endodontique. Cela peut s'expliquer par le concept même du système Self Adjusting File®

qui est de s'adapter à la morphologie canalaire. Or la morphologie canalaire ne revêt rarement la forme d'un canal présentant une conicité uniforme et régulière, nécessaire à la bonne diffusion de l'agent d'irrigation jusqu'au tiers apical . De ce fait, la mise en forme résultant de l'utilisation du système Self Adjusting File® ne permet pas de respecter les principes fondamentaux de la mise en forme canalaire édictés par Schilder. Pour les mêmes raisons, l'étape d'obturation semble particulièrement aléatoire et complexe avec ce système, seules des techniques d'injection de gutta chaude pourront permettre une étanchéité adéquate. Si l'efficacité de ces méthodes est prouvée, leur application demande une certaine maîtrise et n'est accessible qu'aux praticiens expérimentés.

L'utilisation du système Self Adjusting File® comme système de mise en forme semble donc sujette à caution. Cependant, son utilisation comme système d'irrigation associé à l'action d'instruments rotatifs, aptes à conférer la conicité requise à la préparation canalaire, est de plus en plus souvent approuvée par la littérature (9,55) notamment pour la mise en forme de canaux de section aplatie ou en C et lors des retraitements endodontiques.

ANNEXES

Auteurs	Objectifs de l'Etude	Effectifs	Groupes comparés	Randomisation	Resultats ouverts /aveugles	Critères d'observation	Conclusions
						Commentaires	
Articles traitants des capacités de mise en forme du Self Adjusting File							
Solomonov S. et coll. (59)	Comparer l'efficacité du SAF et du ProTaper à préparer des canaux en C	20 dents 16 molaires mandibulaires et 4 maxillaires	Groupe SAF (n=10) Groupe ProTaper (n=10)	Oui	Ouverts	Détermination du pourcentage de parois non affectées par l'instrumentation par superposition de coupes scannographiques pré et postinstrumentation	Significativement moins de surfaces non préparées pour le groupe SAF que le groupe ProTaper. Il reste tout de même des zones non préparées avec le SAF
Burroughs JR et coll. (10)	Etudier les capacités de mise en forme de 3 instruments en mesurant le transport canalair résultant de leur utilisation	72 blocs de résine simulant un canal en forme de S	Groupes SAF(n=24) Groupe Typhoon (n=24) Groupe Vortex (n=24)	Oui	Aveugles, 2 évaluateurs	Mesure du transport canalair en 8 points sur la base d'images pré et post instrumentation Expérimentation sur blocs de résine : même degré de difficulté de mise en forme mais ne reflète pas la réalité clinique	Significativement moins de transport canalair pour le groupe SAF que dans les deux autres groupes
Paqué F. et coll . (40)	Evaluer les capacités de mise en forme du SAF dans les canaux « longs ovales » de racines distales de molaires mandibulaires	20 molaires mandibulaires	Un seul groupe SAF	Non applicable	Ouverts	Mesure des variations de volumes, de transport canalair et du pourcentage de surfaces non préparées par comparaison de coupes scannographiques pré et post instrumentation. Résultats comparés à une étude sur le ProTaper dont les modalités ne sont pas précisées	Le SAF laisse significativement moins de surfaces non préparées que le ProTaper

Peters O et coll. (47)	Evaluer la capacité de mise en forme du SAF, objectiver le pourcentage de surface instrumentée	20 incisives maxillaires	Groupe 1 lime 1,5mm (n=10) Groupe 2 : lime 2 mm diamètre (n=10)	Oui	Ouverts	Analyse scannographique des volumes canalaires pré et post instrumentation, observation des surfaces non instrumentées - Même opérateur pour les deux groupes - Pas de visualisation des modèles 3D par l'opérateur avant et pendant la préparation	Retrait homogène de dentine sur tout le périmètre canalair dans les 2 groupes Augmentation du pourcentage de surfaces traitées en fonction du temps d'application et du diamètre de la lime choisie
Ruckman JE et coll. (52)	Comparer les capacités de débridement du SAF avec celles du ProTaper et des limes manuelles dans des canaux « longs-ovales »	30 dents extraites, sans précisions, présentant un canal long ovale	Groupe SAF (n=10) Groupe ProTaper (n=10) Groupe limes manuelles (n=10)	Non	Ouverts	Comparaison de radiographies pré et post préparation, le système canalair ayant subi un traitement radio opaque préalable Irrigation à l'eau saline car permet la dissolution du produit radio opaque : ne reflète pas la réalité clinique	Pas de différence significative au niveau du 1/3 apical entre les 3 groupes Différences significatives entre les groupes SAF et limes manuelles pour les 2/3 coronaires.
Peters OA et coll. (48)	Evaluer les capacités de mise en forme du SAF sur des molaires maxillaires	20 molaires maxillaires	Un seul groupe SAF	Non applicable	Ouverts	Mesure des variations de volumes, de transport canalair et du pourcentage de surfaces non préparées par comparaison de coupes scannographiques pré et post instrumentation	Le SAF permet une préparation homogène des canaux des molaires maxillaires avec un faible transport canalair
Versiani MA et coll. (65)	Evaluer la capacité de préparation du SAF sur des canaux « aplatis »	40 incisives mandibulaires	Groupe SAF (n=20) Groupe rotation continue (K3) (n=20)	Oui	Ouverts	Coupes scannographiques pré et post préparation Observation des changements de volume canalaires, de l'aspect de surface et de la section de coupe	Plus de dentine retirée et moins de zones laissées non préparées avec le SAF, mais seulement pour le 1/3 coronaire.

Versiani MA et coll. (64)	L'hypothèse nulle est qu'il n'y a pas de différence significative que l'on prépare un canal ovale avec un système utilisant plusieurs limes ou bien avec un système d'instrument unique.	72 canines mandibulaires mono radiculées	Groupes SAF (n=18) Groupe WaveOne (n=18) Groupe Reciproc (n=18) Groupe ProTaper (n=18)	Oui, par tirage à pile ou face	Ouverts	Mesure du pourcentage de surface non préparée sur la base de coupes scannographiques pré et post instrumentation Analyse de plusieurs paramètres de morphologie canalaire	Hypothèse nulle rejetée, anatomie initiale mieux respectée avec les systèmes SAF et récipro que les systèmes ProTaper et WaveOne Tous les systèmes laissent des surfaces non instrumentées
------------------------------	--	--	---	--------------------------------	---------	--	---

Articles traitants de la résistance à la fracture du Self Adjusting File

Akçai I et coll. (4)	Observer les modifications de surface du SAF après instrumentation de canaux présentant des degrés de courbure croissants	40 limes SAF	Groupe 45° de courbure (n=20) Groupe 60° de courbure (n=20)	Non	Aveugles	Observation sous ME des limes, recherche de signes de fatigue ou de fracture	Dans les deux groupes, les premiers signes de fatigue instrumentale apparaissent dès 6 minutes d'utilisation (plus prononcé dans le groupe 60°) Pas de fracture complète observée, même après 28 minutes. Diminution de la rugosité avec le temps.
						Les canaux instrumentés sont des canaux artificiels en métal : ne reflète pas la réalité clinique.	
Farmakis ET et coll. (20)	Evaluer les capacités de déformation du SAF	19 limes SAF, racines de molaires extraites sans précisions	Non applicable	Non	Non	Observation sous grossissement x50 des limes à la recherche d'un signe de fracture Radiographie des canaux instrumentés à la recherche d'un fragment instrumental bloqué	La fracture instrumentale se manifeste sous la forme d'un détachement d'arches Aucune fracture complète, pas de fragment bloqué dans aucun des canaux

Articles traitants des capacités de désinfection du Self Adjusting File

<p>Kaya S et coll. (29)</p>	<p>Evaluer les capacités de retrait de boue dentinaire du SAF ainsi que son impact sur les parois dentinaires en fonction de la concentration du NaOCl utilisé.</p>	<p>30 incisives mandibulaires</p>	<p>Groupe NaOCl 1,3% (n=9) Groupe NaOCl 2,6% (n=9) Groupe NaOCl 5,25% (n=9) Groupe contrôle (n=3)</p>	<p>Oui</p>	<p>Aveugles 2 observateurs indépendants</p>	<p>Observation sous ME : grossissement X1000 pour la présence de boue dentinaire, X5000 pour l'état de surface de la dentine</p>	<p>Pas de différence significative en fonction de la concentration Significativement plus d'érosion dentinaire dans le groupe NaOCl 5,25%.</p>
<p>Alves F RF et coll. (5)</p>	<p>Evaluer la capacité du SAF à réduire la population bactérienne au sein d'un canal « long ovale » en fonction de la concentration de NaOCl utilisée et de son temps d'action.</p>	<p>25 dents monoradiculées (incisives mandibulaires ou 2^{ème} prémolaires maxillaires)</p>	<p>Groupe contrôle (n=3) Groupe NaOCl à 2,5% (n=11) Groupe NaOCl 6% (n=11)</p>	<p>Oui</p>	<p>Ouverts</p>	<p>Prélèvement bactérien à 2, 4 et 6 min de traitement pour les 2 groupes. Analyse bactérienne quantitative et qualitative Analyse sous ME des échantillons contrôles pour valider la formation d'un biofilm bactérien</p>	<p>Pas de différence significative en fonction de la concentration de NaOCl utilisée Significativement moins de bactéries en fonction du temps d'utilisation, et cela pour les deux groupes.</p>
<p>Lin J et coll. (33)</p>	<p>Evaluer les capacités d'élimination d'un modèle de biofilm standardisé de plusieurs systèmes de mise en forme canalaire</p>	<p>36 dents monoradiculées avec un canal de section ovale</p>	<p>Groupe instrumentation manuelle (n=10) Groupe ProFile (n=10) Groupe SAF (n=10) Groupe contrôle sans traitement (n=6)</p>	<p>Oui</p>	<p>Aveugles, 2 observateurs indépendants</p>	<p>Observation sous microscope électronique, recherche de la présence de bactéries au grossissement x2000 Création d'un sillon au sein du canal recréant une infractuosités dans laquelle les bactéries peuvent se loger Modèle de biofilm bactérien plus proche de la réalité clinique que des bactéries en suspension</p>	<p>Toutes les techniques présentent une bonne efficacité d'élimination du biofilm bactérien, mais sans différence significative entre elles, mis à part au niveau du sillon créé artificiellement où le SAF retire significativement plus de bactéries que les autres techniques.</p>

<p>Siquiera JF et coll. (58)</p>	<p>Evaluer les capacités de mise en forme et de désinfection de 3 instruments</p>	<p>18 molaires mandibulaires</p>	<p>Groupe SAF (n=6) Groupe Reciproc (n=6) Groupe Twisted file (n=6)</p>	<p>Oui, par tirage à pile ou face</p>	<p>Ouverts</p>	<p>Mesure du nombre de bactéries présentes après préparation par ME Calcul du pourcentage de surfaces non préparées par superposition de coupes pré et post instrumentation</p>	<p>Diminution importante du nombre de bactéries pour chacun des groupes, mais pas de différences significatives entre eux Pas de différence significative concernant le pourcentage de surfaces non préparées</p>
<p>Paranjpe A et coll. (42)</p>	<p>Evaluer les capacités de retrait de boue dentinaire et de désinfection du SAF</p>	<p>50 prémolaires maxillaires Inoculation E faecalis</p>	<p>Groupe SAF (n=20) Groupe ProTaper (n=20) 2 groupes contrôle : positif (pas d'irrigation) et négatif (pas d'inoculation) (n=5)</p>	<p>Oui</p>	<p>3 observateurs en aveugle, extérieurs à l'expérimentation</p>	<p>Analyse ME : observation de la présence de boue dentinaire et de bactéries résiduelles Relevé d'échantillon bactérien avant et après mise en forme</p>	<p>Scores plus élevés dans le groupe SAF, que ce soit pour la présence de débris ou de bactéries Le système SAF n'assure pas une mise en forme suffisante permettant la désinfection canalaire</p>
<p>Basmaci F et coll. (7)</p>	<p>Evaluer les capacités de désinfection de plusieurs techniques de mise en forme et d'irrigation</p>	<p>81 prémolaires présentant un seul canal rectiligne</p>	<p>9 groupes : (n=9 pour chaque) 3 groupes d'instrument avec 3 sous groupes Groupe 1 : SAF Groupe 2 : Reciproc Groupe 3 : ProTaper Sous groupes : A : SSPST B : NaOCl et EDTA, C : NaOCl et ac. Maléique</p>	<p>Oui</p>	<p>Aveugles</p>	<p>Comptage du nombre de colonies bactériennes après mise en forme</p>	<p>Les différents protocoles sont efficaces en terme de désinfection Pas de différence significative entre les différents protocoles, mis à part le protocole 1-A significativement moins efficace</p>

Articles traitants des capacités de débridement du Self Adjusting File

De Deus G et coll. (15)	Evaluer les qualités de débridement du SAF dans le cadre de canaux de section ovale et les comparer à celles du système ProTaper.	30 canines mandibulaires	Groupe SAF (n=12) Groupe ProTaper (n=12) Groupe contrôle (n=6)	Oui, par tirage à pile ou face	Aveugles	Observation sous microscope après coloration histologique afin de déterminer le volume de tissu pulpaire résiduel. - Soins particuliers pour la sélection de l'échantillon - Limites d'une analyse histologique mais le scanner ne renseigne pas sur la présence de débris organiques	Significativement moins de pulpe résiduelle dans les canaux traités avec le SAF
Meztger Z et coll. (37)	Evaluer la capacité d'élimination des débris et de boue dentinaire du SAF	23 racines monoradiculées	Groupe contrôle (n=3, pas de rinçage à l'EDTA) Groupe SAF (n=20)	Non	Oui, 3 examinateurs indépendants	Observation de la présence de débris ou de boue dentinaire sous MEB - Attribution d'un score de 1 à 5 en fonction de la quantité de débris : 1 à 2 : canaux propres 3 à 5 : présence de débris - Critères de sélection des racines de l'échantillon mal définis.	Surfaces libres de tout débris (score 1 et 2) pour 100% de l'échantillon Pour la boue dentinaire, 100% de l'échantillon considéré comme propre dans le tiers coronaire, 80% dans le tiers moyen et 65% dans le tiers apical.
De Melo Ribeiro et coll. (17)	Evaluer les capacités de débridement du SAF au niveau du 1/3 apical d'incisives mandibulaires et les comparer à celles d'un système de rotation continue	26 incisives mandibulaires	Groupe contrôle négatif (n=2 : ni préparation, ni irrigation) Groupe contrôle positif (irrigation seule) Groupe SAF (n=11) Groupe K3 (n=11)	Oui	Aveugles, 2 observateurs indépendants	Observation sous microscopie optique après préparation histologique du pourcentage de débris résiduels et de surfaces non préparées. Sélection des échantillons basée sur des analyses radiographiques, limites de l'image 2D	Pourcentages significativement moins élevés dans le groupe SAF La plupart des échantillons issus du groupe SAF ne présentaient aucun débris

Yigit Ozer S et coll. (70)	Evaluer les capacités de débridement du SAF en fonction de son temps d'utilisation	30 racines mésiobuccales de molaires maxillaires	Groupe 1 : 10 limes neuves utilisées pendant 4 minutes Groupe 2 : même limes utilisées pendant 4 minutes supplémentaires Groupe 3 : limes du groupe 2 utilisées 4 minutes supplémentaires	Non	Aveugles, 2 examinateurs indépendants	Observation sous microscopie électronique de la quantité de débris (x200) et de boue dentinaires (x2000) restants.	Echantillons propres que ce soit en terme de débris ou de boue dentinaire pour les 3 groupes Pas de différence significative en fonction du temps d'utilisation, pas de perte d'efficacité avec le temps
De Deus G et coll. (13)	Evaluer la résistance d'adhésion de l'obturation de canaux de section ovale obturés après avoir été mis en forme par le SAF	24 canines mandibulaires	Groupe SAF (n=12) Groupe ProTaper (n=12)	Oui, par logiciel informatique	Aveugles	Coupes transversales des racines obturées et test de la résistance d'adhésion en appliquant des micro-pressions Canaux obturés au lentulo avec du ciment de scellement seul : ne reflète pas la réalité clinique Critères de sélection mal définis, et reposant sur une analyse radiographique	Les canaux préparés avec le SAF présentent une résistance d'adhésion plus élevée La résistance d'adhésion est la plus importante dans le 1/3 coronaire et la plus faible dans le 1/3 apical
De Deus G et coll. (14)	Comparer la qualité d'obturation par gutta thermoplastifiée après mise en forme soit par le système SAF soit par le ProTaper	26 incisives mandibulaires	Groupe SAF (n=13) Groupe ProTaper (n=13)	Oui	Aveugles	Mesure de la surface obturée par de la gutta percha (SOGP) sous microscopie optique après coupe de chaque racine en 5 points	- SOGP significativement plus élevée dans le groupe SAF que ProTaper (hypothèse nulle rejetée) - Lorsqu'il existe des zones non obturées avec le SAF, elles sont libres de débris, contrairement au ProTaper

Paqué F et coll. (41)	Evaluer l'accumulation de débris dentinaires lors de l'utilisation du SAF pour la mise en forme de molaires mandibulaires présentant un isthme et comparer ces chiffres avec ceux du ProTaper	40 molaires mandibulaires	Groupe ProTaper (n=20) Groupe SAF (n=20)	Oui	Ouverts	Coupes scannographiques et mesure du pourcentage du système endocanalair oblitéré par des débris dentinaires.	Moins d'accumulation de débris avec le SAF qu'avec le ProTaper
--------------------------	---	---------------------------	---	-----	---------	---	---

Articles traitant de la projection de débris au delà de l'apex

De Deus G et coll. (16)	Evaluer la quantité de débris extrudés apicalement par le SAF et comparer ces données avec une préparation manuelle et le ProTaper	60 racines mésiales de molaires mandibulaires	Groupe SAF (n=20) Groupe limes manuelles (n=20) Groupe ProTaper (n=20)	Oui, par logiciel informatique	Aveugles	Pesée des débris recueillis à l'aide d'une microbalance	Tous les systèmes provoquent une extrusion de débris au niveau de l'apex. Cependant, ce phénomène est significativement inférieur pour le groupe SAF comparé au groupe ProTaper et limes manuelles
						Les opérateurs ne peuvent pas voir la quantité de débris lors de la préparation, pas d'influence sur leur préparation Longueur radiculaire standardisée	
Koçak S et coll. (31)	Mesurer la quantité de débris extrudés apicalement lors de l'utilisation de différents systèmes de préparation	68 prémolaires mandibulaires	Groupe ProTaper (n=17) Groupe SAF (n=17) GroupeRevo-S (n=17) Groupe Reciproc (n=17)	Oui	Aveugles	Quantité de débris extrudés mesurée par pesée	Aucune différence significative entre les différents groupes

Articles traitants de la formation de microfissures

Kim HC et coll. (30)	Mesurer et comparer le stress généré par le SAF, le ProTaper et le ProFile lors de la préparation de canaux courbes.	Modèle simulant un canal courbe	Groupe SAF Groupe ProTaper Groupe ProFile	Non applicable	Non	Mesure du stress généré dans la partie apicale du canal	Significativement moins de contraintes exercées (de l'ordre de 10 fois moins) par le SAF que par les instruments de rotation continue.
						Modèle expérimental ne reflétant pas la réalité clinique	
Capar ID et coll. (11)	Evaluer la résistance à la fracture de racines traitées par le SAF et la comparer à celle de racines traitées avec le ProTaper	50 prémolaires mandibulaires	Groupe contrôle (non instrumenté, n=10) Groupes ProTaper avec/sans obturation (n=10/10) Groupe SAF avec/sans obturation (n=10/10)	Non	Ouverts	Mesure du poids appliqué avant l'apparition d'une fracture	Pas de différence significative entre les différents groupes
Hin ES et coll. (26)	Observer la formation de fêlures au niveau dentinaire après mise en forme par limes manuelles, avec les systèmes SAF, ProTaper et Mtwo.	100 prémolaires mandibulaires monoradiculées	Groupe contrôle (n=20) Groupe limes manuelles (n=20) Groupe SAF (n=20) Groupe ProTaper (n=20) Groupe Mtwo (n=20)	Non	Aveugles, 2 observateurs	Observation sous microscope de la formation de fêlures au sein de la surface dentinaire	Pas de fêlures dans le groupe contrôle et le groupe limes manuelles Fêlures observables dans les 3 autres groupes, mais de manière significativement moins prononcée dans le groupes SAF
						Examen préalable de la surface externe afin d'éliminer de l'échantillon toute racine présentant une fracture. Cependant, pas de garantie qu'il n'y ait pas de fêlure interne	

Yoldas O. et coll. (71)	Comparer la formation de microfissures radiculaires suite à l'utilisation d'instruments manuels, d'instruments de rotation continue et du SAF.	140 1ères molaires mandibulaires	Groupe contrôle Groupe limes manuelles Groupe Hero shaper Groupe Revo-S Groupe Twisted file Groupe ProTaper Groupe SAF (20 dents pour chaque groupe)	Non	Ouverts	Observation sous microscope de la surface canalaire après coupe des racines pour détecter d'éventuelles microfissures	Pas de microfissures observées dans le SAF et instruments manuels, contrairement aux groupes de rotation continue
----------------------------	--	----------------------------------	---	-----	---------	---	--

Articles traitants du retraitement endodontique

Voet KC et coll. (68)	Evaluer le pourcentage de gutta résiduelle (PGR) après retraitement avec utilisation d'un protocole associant le SAF à l'action du ProTaper	33 racines mésiobuccales de molaires maxillaires	Groupe contrôle : non retraité (n=11) Groupe ProTaper (n=11) Groupe ProTaper+SAF (n=11)	Non	Ouverts	Observation de la surface radulaire au grossissement x40 et calcul du pourcentage de la surface radulaire recouverte de gutta résiduelle	PGR significativement moins élevée dans le groupe associant SAF et ProTaper Cependant la différence est moins significative au niveau du 1/3 apical
--------------------------	---	--	---	-----	---------	--	--

Abramovitz I et coll. (1)	Tester l'efficacité d'un protocole de retraitement associant le système ProTaper et le système SAF	25 molaires mandibulaires, présentant toutes 2 canaux mésiaux	Groupe ProTaper + SAF (n=25)	Oui	Non	Mesure du pourcentage de surface radiculaire présentant des résidus d'obturation après retraitement, par superposition de radios. Les radios sont prises après le traitement par ProTaper et après action du SAF	Nette diminution du pourcentage de débris après passage du système ProTaper Diminution significative de ce pourcentage après passage du SAF
						Limites de l'analyse radiographique, images en 2 dimensions	
Solomonov M et coll. (60)	Evaluer les capacités de retrait de gutta percha lors d'un retraitement avec le système ProTaper et les comparer à ceux du système ProFile associé au SAF	28 molaires mandibulaires avec un canal distal oval	Groupe ProTaper (n=14) Groupe ProFile+SAF (n=14)	Oui, par tirage à pile ou face	Aveugles	Reconstruction 3D des racines après traitement, après obturation et après retraitement (définition 20μ)	L'association ProFile+SAF retire significativement plus de gutta que le système ProTaper seul. Cependant aucun des systèmes ne laisse des parois totalement propres .
						Biais car ProTaper et ProFile n'ont pas les mêmes capacités de mise en forme	

Références bibliographiques :

- 1. ABRAMOVITZ I, RELLES-BONAR S, BARANSI B et coll.**
The effectiveness of a self-adjusting file to remove residual gutta-percha after retreatment with rotary files.
Int Endod J 2012;**45**(4):386-92.
- 2. ADIGUZEL O, YIGIT-OZER S, KAYA S et coll.**
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;**112**(6):803-8.
- 3. ADORNO CG, YOSHIOKA T, JINDAN P et coll.**
The effect of endodontic procedures on apical crack initiation and propagation *ex vivo*.
Int Endod J 2013;**46**(8):763-8.
- 4. AKÇAI I, YIGIT-OZER S, ADIGUZEL O et coll.**
Deformation of the self-adjusting file on simulated curved root.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2011;**112**(5):12-17.
- 5. ALVES F R.F, ALMEIDA B.M, NEVES M.AS et coll.**
Time-dependent antibacterial effects of the self-adjusting file used with two sodium hypochlorite concentrations.
J Endod 2011;**37**(10):1451-5.
- 6. ARBAB-CHIRANI R, CHEVALIER V, ARBAB-CHIRANI S et CALLOCH S.**
Instrumentation de préparation canalaire.
Encycl Med Chir (Paris), Médecine Buccale, 28-725-A-10, 2010.
- 7. BASMACI F, OZTAN MD et KIYAN M.**
Ex vivo evaluation of various instrumentation techniques and irrigants in reducing *E. faecalis* within root canals.
J Endod 2013;**46**(9):823-30.
- 8. BEER R, BAUMANN M.A et KIELBASSA AM.**
Atlas de poche d'endodontie. Collection Médecine-Sciences.
Paris : Flammarion, 2008.
- 9. BENSOUSSAN D.**
Présentation d'une nouvelle lime endodontique.
Inf Dent 2011;**93**(8):14-6.
- 10. BURROUGHS JR, BERGERON BE, ROBERTS MD et coll.**
Shaping ability of three nickel-titanium endodontic file systems in simulated S-shaped root canals.
J Endod 2012;**38**(12):1618-21.

- 11. CAPAR ID, ALTUNSOY M, ARSLAN H et coll.**
Fracture strength of roots instrumented with Self-Adjusting File and the ProTaper rotary systems.
J Endod 2014;**40**(4):551-4.
- 12. CENTRE D'ANIMATION REGIONAL EN MATERIAUX AVANCES.**
Rapport Alliages a mémoire de forme, 2011.
http://www.materiatech-carma.net/html/pdf/RapportAMF_CARMA.pdf
- 13. DE-DEUS G, ACCORSI-MENDONÇA T, DE CARVALHO DE SILVA L et coll.**
Self-adjusting file cleaning-shaping-irrigation system improves root-filling bond strength.
J Endod 2013;**39**(2):254-7.
- 14. DE-DEUS G, BARINO B, MARINS J et coll.**
Self-Adjusting File cleaning-shaping-irrigation system optimizes the filling of oval-shaped canals with thermoplasticized gutta-percha.
J Endod 2012;**38**(6):846-9.
- 15. DE-DEUS G, JOAO NOGUEIRA LEAL SILVA E, MOREIRA EJ et coll.**
Assessment of apically extruded debris produced by the Self-Adjusting File system.
J Endod 2014;**40**(4):526-9.
- 16. DE-DEUS G, SOUZA EM, BARINO B et coll.**
The self-adjusting file optimizes debridement quality in oval-shaped root canals.
J Endod 2011;**37**(5):701-5.
- 17. DE MELO RIBEIRO MV, SILVA-SOUSA YT, VERSIANI MA et coll.**
Comparison of the cleaning efficacy of self-adjusting file and rotary systems in the apical third of oval-shaped canals.
J Endod 2013;**39**(3):398-401.
- 18. DENTSPLY. (Laboratoire)**
Brochure en ligne du système Protaper Universal.
<http://www.dentsply.fr/fr/nos-solutions/products/protaperuniversal/>
- 19. ESPOSITO PT et CUNNINGHAM CJ.**
A comparison of canal preparation with Nickel- Titanium and stainless steel instruments.
J Endod 1995;**21**(4):173-176.
- 20. FARMAKIS ET, SOTIROPOULOS GG, PANTAZIS N et KOZYRAKIS K.**
The permanent deformation of the self-adjusting files when used in canals of extracted teeth.
J Endod 2013;**46**(9):863-9.
- 21 FKG. (Laboratoire)**
Brochure en ligne de la famille d'instruments Race.
http://www.fkg.ch/sites/default/files/fkg_race_family_brochure_fr.pdf

- 22. GU L-S, KIM JR, LING J et coll.**
Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices.
J Endod 2009;**35**(6):791-804.
- 23. GUIVARC'H M, SOLER T, PEREZ F et BUKIET F.**
Mise en forme canalaire et irrigation.
RC 2014;**25**(1):49-60.
- 24. HAAPASALO M et SHEN Y.**
Evolution of nickel–titanium instruments: from past to future.
Endod Topics 2013;**29**(1):3-17.
- 25. HAUTE AUTORITE DE SANTE.**
Service d'évaluation des actes professionnels – Traitement endodontique, 2008.
http://www.has-sante.fr/portail/jcms/c_736790/fr/rapport-traitement-endodontique
- 26. HIN ES, WU MK, WESSELINK PR et SHEMESH H.**
Effects of self-adjusting file, Mtwo, and ProTaper on the root canal wall.
J Endod 2013;**39**(2):262-4.
- 27. HOF R, PEREVALOV V, ELTANANI M et coll.**
The self-adjusting file (SAF). Part 2 : mechanical analysis.
J Endod 2010;**36**(4):691-6.
- 28. JOU YT, KARABUCAK B, LEVIN G et LIU D.**
Endodontic working width: current concepts and techniques.
Dent Clin North Am 2004;**48**(1):325-35.
- 29. KAYA S, YIGIT-OZER S, ADIGUZEL O et coll.**
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;**112**(4):524-9.
- 30. KIM HC, SUNG SY, HA J-H et coll.**
Stress generation during Self-Adjusting File movement: minimally invasive instrumentation.
J Endod 2013;**39**(12):1572-5.
- 31. KOCAK S, MURAT KOCAK M, SAGLAM BC et coll.**
Apical extrusion of debris using Self-Adjusting File, reciprocating single file and 2 rotary instrumentation systems.
J Endod 2013;**39**(10):1278-80.
- 32. LAUTROU A.**
Anatomie dentaire. Collection des abrégés d'odonto stomatologie.
Paris : Masson, 1995.
- 33. LIN J, SHEN Y et 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;**39**(5):658-63.

34. METZGER Z.

From files to SAF: 3D endodontic treatment is possible at last.
Alpha Omegan 2011;**104**(1):14-26.

35. METZGER Z, KFIR A, ABRAMOVITZ I et coll.

The Self-Adjusting File system.
Endod Practice Today 2013;**7**(3):189-210.

36. METZGER Z, TEPEROVICH E, ZARY R et coll.

The self-adjusting file (SAF). Part 1: respecting the root canal anatomy – a new concept of endodontic files and its implementation.
J Endod 2010 a;**36**(4):679-90.

37. METZGER Z, TEPEROVICH E, ZARY R et coll.

The self-adjusting file (SAF). Part 3: removal of debris and smear layer-A scanning electron microscope study.
J Endod 2010 b;**36**(4):697-702.

38. MOHAMMADI Z.

Sodium hypochlorite in endodontics : an update review.
Int Dent J 2008;**58**(6):329-341.

39. MONTALVÃO D, ALÇADA FS, BRAZ Fernandes et DE VILAVERDE-CORREIA S.

Structural characterisation and mechanical FE analysis of conventional and M-Wire Ni-Ti alloys Used in endodontic rotary instruments.
The Scientific World Journal 2014; Article ID 976459.

40. PAQUE F, AL-JADAA A et 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;**45**(5):413-8.

41. 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;**37**(4):517-21.

42. PARANJPE A, DE GREGORIO C, GONZALEZ AM et coll.

Efficacy of the self-adjusting file system on cleaning and shaping oval canals: a microbiological and microscopic evaluation.
J Endod 2012;**38**(2):226-31.

43. PARASHOS P, GORDON I et MESSER HH.

Factors influencing defects of rotary Nickel-Titanium endodontic instruments after clinical use.
J Endod 2004;**30**(10):722-5.

44. PARASHOS P et MESSER HH.

Rotary NiTi Instrument fracture and its consequences.
J Endod 2006;**32**(11):1031-43.

45. PERTOT W-J.

Mise en forme canalaire monoinstrumentale en mouvement réciproque.
Dent Tribune 2013;**1**:44-47.

46. PERTOT W-J et SIMON S.

Le traitement endodontique. Collections Réussir.
Paris : Quintessence International, 2004.

47. 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;**36**(6):1068-72.

48. PETERS OA et PAQUE F.

Root canal preparation of maxillary molars with the self-adjusting file: a micro-computed tomography study.
J Endod 2011;**37**(1):53-7.

49. PETERS OA, PETERS CI, SCHONENBERGER K et BARBAKOW F.

ProTaper rotary root canal preparation: effects of canal anatomy on final shape analysed by micro CT.
Int Endod J 2003;**36**(2):86-92.

50. REDENT NOVA. (Laboratoire)

SAF and SAF Pro system clinical guidelines by ReDent Nova.

http://www.redent.co.il/userfiles/file/IFU/SAF_System_Clinical_Guidelines_V1.pdf

51. REDENT NOVA. (Laboratoire)

Manuel d'utilisation en ligne du système SAF.

http://www.redent.co.il//userfiles/file/IFU/French/SAF_IFU_French_rev2.pdf.

52. RUCKMAN JE, WHITTEN B et SEDGLEY CM.

Comparison of the self-adjusting file with rotary and hand instrumentation in long-oval-shaped root canals.
J Endod 2013;**39**(1):92-5.

53. SCHILDER H.

Cleaning and shaping the root canal.
Dent Clin North Am 1974;**18**(2):269-96.

54. SIMON S.

Endodontie. Volume 1 : traitements. Collection Mémento.
Rueil-Malmaison CdP, 2008.

55. SIMON S, MACHTOU P, PERTOT W-J et coll.

Endodontie. Collection JPIO.
Rueil-Malmaison CdP, 2012.

56. SINAN A.A, THIEMELE-YACE SE, ABOUATTIER-MANSILLA E et coll.

Etude de l'effet de l'électropolissage sur la résistance à la rupture en fatigue cyclique et sur l'état de surface d'instruments endodontiques.
Odontostomatol Trop 2010;**33**(1):23-28.

57. SIQUEIRA JF JR, ALVES FR, ALMEIDA BM et coll.

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

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

58. SIQUEIRA JF, ALVES FR, VERSIANI MA et coll.

Correlative bacteriologic and micro-computed tomographic analysis of mandibular molar mesial canals prepared by Self-Adjusting File, Reciproc, and Twisted File systems.

J Endod 2013;**39**(8):1044-50.

59. SOLOMONOV M, PAQUE F, FAN B et coll.

The challenge of C-shaped canal systems: a comparative study of the Self-adjusting file and ProTaper.

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

60. SOLOMONOV M, PAQUE F, KAYA S et coll.

Self-adjusting file in retreatment : a high resolution Micro-computed tomography study.

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

61. SOUZA BIER CA, SHEMESH H, TANOMARU FILHO M et coll.

The ability of different Nickel-Titanium rotary instruments to induce dentinal damage during canal preparation.

J Endod 2009;**35**(2):236-8.

62. TASCHIERI S, NECCHI S, ROSANO G et coll.

Avantages et limites des instruments en nickel-titane pour la préparation canalaire endodontique.

Schweiz Monatsschr Zahnmed 2005;**115**(11):1000–1005.

63. VALE MS, MORENO MS, SILVA PM et BOTHELLO TC.

Endodontic filling removal procedure: an *ex vivo* comparative study between two rotary techniques.

Braz Oral Res 2013;**27**(6):478-83.

64. VERSIANI MA , BIANCHI LEONI G, STEIER L et coll.

Micro-computed tomography study of oval-shaped canals prepared with the Self-adjusting file, Reciproc, WaveOne and ProTaper universal systems.

J Endod 2013;**39**(8):1060-6.

65. VERSIANI MA, PECORA JD et DE SOUSA-NETO MD.

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

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

66. VERTUCCI FJ.

Root canal anatomy of the human permanent teeth.

Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1984;**58**(5):589-99.

67. VITEAUX A.

L'instrument unique en rotation continue.
Endo Trib 2013;**5**(6):31-2.

68. VOET KC, WU M-K, WESSELINK P et coll.

Removal of Gutta-percha from root canals using the Self-adjusting file.
J Endod 2012;**38**(7):1005-6.

69. WIKIPEDIA.

Définition du flambage.
<http://fr.wikipedia.org/wiki/Flambage>.

70. YIGIT OZER S, ADIGUZEL O et 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):1-6.

71. YOLDAS O, YILMAZ S, ATAKAN G et coll.

Dentinal microcrack formation during root canal preparations by different NiTi rotary instruments and the Self-adjusting file.
J Endod 2012;**38**(2):232-5.

ANDRE (Pierre) Le système Self Adjusting File® en endodontie.
89f. ; 25 ill. ; 4 tabl. ; 71 ref. ; 30 cm. (Thèse: Chir.Dent. ; Nantes; 2014)

RESUME:

Le traitement endodontique est un acte qui peut s'avérer complexe en raison de certaines anatomies canalaires particulières. Il nécessite une mise en forme et une irrigation adéquates pour garantir la désinfection du système endocanalair.

Si l'introduction du Nickel-Titane et du mouvement de rotation continue ont permis de simplifier cet acte thérapeutique et d'en améliorer la qualité, certaines limites subsistent notamment dans le cadre du traitement de canaux de section ovale ou aplatie.

Le système Self Adjusting File®, reposant sur une lime de mise en forme unique aux grandes capacités de déformation et un système assurant une irrigation tout au long du traitement, a été récemment développé pour pallier les limites des instruments de rotation continue. Une étude bibliographique relative à ce système a été réalisée dans ce travail.

RUBRIQUE DE CLASSEMENT:

Odontologie et Endodontologie

MOTS CLES MeSH :

- | | |
|------------------------------------|--------------------------|
| - Endodontie | - Endodontics |
| - Instruments dentaires | - Dental instruments |
| - Préparation de canal radiculaire | - Root canal preparation |
| - Revue de la littérature | - Review |

JURY:

Président: Madame le Professeur Fabienne PEREZ
Assesseur: Madame le Docteur Valérie ARMENGOL
Assesseur: Madame le Docteur Bénédicte CASTELLOT-ENKEL
Directeur de thèse: Monsieur le Docteur Dominique MARION

ADRESSE DE L'AUTEUR:

13 rue Bias, 44000 NANTES
pierro.andre@gmail.com