

**L'extrusion apicale de débris par des instruments
uniques de mise en forme canalaire : étude
comparative *in vitro* du One Shape[®] et du Wave One[®]**

THESE POUR LE DIPLÔME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement par

RICHARD Estelle

Née le 09/12/1990

Le devant le jury ci-dessous :

Président : Mme le Professeur Fabienne PEREZ

Assesseur : Mme le Docteur Bénédicte ENKEL

Assesseur : Mr le Docteur Dominique MARION

Assesseur : Mme le Docteur Valérie ARMENGOL

Directeur de thèse : Mme le Professeur Fabienne PEREZ

Directeur de thèse : Mme le Professeur Fabienne PEREZ

Mme le Professeur Fabienne PEREZ

Docteur en chirurgie dentaire.

Professeur des Universités.

Praticien Hospitalier des Centres de Soins, d'Enseignement et de Recherche Dentaires.

Docteur de l'Université de Toulouse 3.

Habilitation à diriger des recherches.

Chef du Département d'Odontologie Conservatrice-Endodontie.

Chef du Service d'Odontologie Conservatrice et Pédiatrique

-NANTES-

Merci de m'avoir proposé ce travail de thèse.

Pour m'avoir guidé tout au long de ce travail, votre rigueur et votre patience.

Votre professionnalisme et votre expérience m'ont permis de tirer le meilleur de moi-même.

Veillez trouver dans ce travail l'expression de ma gratitude et de mes sentiments les plus sincères.

Mme le Docteur Bénédicte ENKEL,

Docteur en chirurgie dentaire.

Maître de Conférences des Universités.

Praticien Hospitalier des Centres de Soins, d'Enseignement et de Recherche Dentaires.

Docteur de l'Université de Nantes.

Département d'Odontologie Conservatrice-Endodontie, Nantes.

-NANTES-

Pour avoir contribué à la réalisation de cette étude. Je vous remercie de votre aide lors de l'analyse statistique.

Pour votre gentillesse, votre bienveillance et votre humanité dont j'ai été témoin aussi bien lors de l'enseignement clinique que lors des travaux pratiques.

Veillez trouver ici l'expression de mes sentiments les plus respectueux.

Mme le Docteur Valérie ARMENGOL

Docteur en chirurgie dentaire.

Maître de Conférences des Universités.

Praticien Hospitalier des Centres de Soins, d'Enseignement et de Recherche Dentaires.

Docteur de l'Université de Nantes.

Département d'Odontologie Conservatrice-Endodontie.

-NANTES-

Je suis très sensible à votre présence au sein de ce jury.

Pour votre disponibilité, votre pédagogie et votre sympathie lors des vacations au Centre de soins dentaires.

Veillez trouver ici l'expression de ma sincère reconnaissance et de ma sympathie à votre égard.

Mr le Docteur Dominique Marion

Docteur en chirurgie dentaire.

Maître de Conférences des Universités.

Praticien Hospitalier des Centres de Soins, d'Enseignement et de Recherche Dentaires

Responsable de l'UF d'Odontologie conservatrice-Endodontie.

-NANTES-

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter l'invitation à siéger dans ce jury.

Pour la qualité de vos enseignements tout au long de mon cursus.

Veillez trouver ici l'expression de mes sentiments respectueux et de ma profonde considération.

Mr le Professeur Pierre WEISS.

Professeur des Universités.

Praticien Hospitalier des Centres de Soins, d'Enseignement et de Recherche Dentaires.

Habilité à diriger des recherches.

Docteur de l'Université de Nantes.

Directeur de LIOAD.

Chef du Département de sciences anatomiques et physiologiques, occlusodontiques biophysique et de radiologie.

-NANTES-

Pour m'avoir donné accès à votre laboratoire de recherche afin de réaliser mes manipulations.

Je vous remercie de la confiance que vous avez bien voulu me témoigner.

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

Mr KHAIROUN Khalid.

Technicien en recherche clinique

-NANTES-

Pour m'avoir aidé à la réalisation de l'étude.

Pour votre accessibilité et votre gentillesse.

A la société Micro-Méga, à la société Dentsply-Maillefer.

Pour m'avoir fourni le matériel nécessaire à la réalisation des manipulations.

Introduction	13
Première partie : Facteurs influençant l'extrusion apicale de débris lors du traitement endodontique	15
I. LE FLARE-UP	15
I.1 Définitions.....	15
I.2 Etiologie	15
I.2.1 Facteurs microbiologiques	15
I.2.2 Facteurs mécaniques.....	17
I.2.3 Facteurs chimiques.....	18
I.3 Rappels sur les objectifs du traitement endodontique	19
I.3.1 La préparation endocanalaire	19
II. FACTEURS MECANIQUES : L'INSTRUMENTATION.....	22
II.1 Les instruments acier.....	22
II.1.1 Caractéristiques.....	22
II.1.2 Les limites de l'acier.....	23
II.2 Les instruments en Nickel-Titane	24
II.2.1 Historique	24
II.2.2 Évolution.....	24
II.2.3 Les instruments en séquence	26
II.2.4 Le principe de l'instrument unique.....	27
II.2.5 La rotation continue : Le One Shape®	30
II.2.6 La réciprocité : Le Wave One®	32
III. FACTEURS CHIMIQUES : LES SOLUTIONS D'IRRIGATION	38
III.1 Choix de la solution	38
III.1.1 L'hypochlorite de sodium	39
III.1.2 Acide éthylène diamine tétra acétique (EDTA)	40
III.1.3 Le Digluconate de chlorhexidine	41
III.2 Choix de la dynamique	42
III.2.1 Irrigation manuelle passive	43
III.2.2 Irrigation active.....	45

III.2.2.2.1 L'Endoactivator®	46
III.2.2.2.2 La seringue Vibringe®	47
III.2.3 Irrigation active mécanisée	48
III.2.4 Le Self Adjusting file® (SAF®):	51

Deuxième partie : Étude comparative *ex vivo* de l'extrusion de débris apicaux lors de la

préparation 54

I. OBJECTIF	54
II. MATERIELS ET METHODES	54
II.1 Sélection des dents.....	54
II.2 Préparation des échantillons.....	55
II.2.1 Préparation des dents	55
II.2.2 Répartition des dents	56
II.2.3 Modèle expérimental	56
II.3 Pré-pesée des flacons.....	57
II.4 Préparation canalaire	58
II.4.1 Groupe 1 : Protocole opératoire de préparation avec le One Shape®	58
II.4.2 Groupe 2 : Protocole opératoire de préparation avec le Wave One®	60
II.4.3 Groupe 3 : Protocole opératoire de préparation manuelle	61
II.5 Post-pesée des flacons	61
II.6 Analyse statistique.....	62
III. RESULTATS.....	62
III.1 Analyse descriptive et de reproductibilité.....	62
III.2 Analyse des 3 techniques	63
III.2.1 Comparaison paire par paire	64
IV. DISCUSSION	66
CONCLUSION.....	69
Bibliographie:.....	70

Introduction

La flambée infectieuse (réactivation infectieuse) ou inflammatoire (desmodontite apicale) péri-apicale, nommée aussi flare-up, est un phénomène peu fréquent mais indésirable en endodontie. Elle est multifactorielle. Sachant que l'une des principales étiologies est l'extrusion de débris dans la région péri-apicale pendant la préparation canalaire, nous nous sommes intéressés à l'aspect mécanique de cette extrusion.

L'expulsion de débris a pour conséquence d'irriter la zone péri-apicale et d'entraîner une réaction inflammatoire plus ou moins importante se traduisant par une douleur et/ou un gonflement post-opératoire. Ces manifestations peuvent provoquer l'incompréhension du patient qui consultait sans symptomatologie ou en présence de symptômes limités. La technique de préparation, aussi bien lors de la mise en forme canalaire que de l'irrigation, joue un rôle prépondérant dans la quantité de débris expulsée à l'apex des dents.

L'apparition des instruments en Nickel-titane dans les années 90 a révolutionné la pratique de l'endodontie. Depuis, les systèmes de mise en forme canalaire ont constamment évolué afin d'augmenter l'efficacité, la sécurité et le confort du praticien et du patient tout en respectant les principes mécaniques de préparation canalaire. Dans les années 2010, les sociétés MICROMEGA et DENTSPLY ont développé les premiers mono-instruments : le OneShape® et le WaveOne® respectivement. La dynamique instrumentale, en réciprocité pour le WaveOne® et rotation continue pour le OneShape®, ainsi que le design de leurs sections transversales sont les principaux éléments qui différencient ces limes.

En Avril 2014, la société MICROMEGA, commercialise le OneShape® « new generation ». Cette nouvelle génération d'instruments uniques a pour objectifs d'améliorer les performances instrumentales en termes de remontée de débris et de limiter l'extrusion apicale. Ceci devrait permettre d'augmenter le taux de succès des traitements endodontiques et de réduire la fréquence des douleurs post-opératoires.

Dans une première partie, nous rappellerons les principes mécaniques et biologiques de la préparation endo-canaire puis nous décrirons succinctement les instruments uniques de mise en forme précédemment cités. Un rappel des différentes techniques d'irrigation qui influencent l'extrusion de débris sera établi.

Enfin dans une étude *ex vivo*, qui constituera notre deuxième partie, nous comparerons la susceptibilité du One Shape[®] et du Wave One[®] à expulser des débris par rapport à une technique manuelle.

Première partie : Facteurs influençant l'extrusion apicale de débris lors du traitement endodontique

I. LE FLARE-UP

I.1 Définitions

Le flare-up est une complication post-opératoire. On le définit par une exacerbation des symptômes douloureux de la pulpe ou de la lésion péri-radicaire après traitement endodontique. Il est caractérisé par une douleur et/ou un gonflement directement lié à un acte endodontique de manière non intentionnelle de quelques heures à quelques jours après traitement. C'est un événement indésirable per ou post traitement endodontique.

I.2 Etiologie

Le flare-up est un phénomène polyétiologique. Son développement est dépendant de facteurs microbiologiques, mécaniques et chimiques (56,57). L'incidence relevée dans la littérature varie de 1,4% à 16% selon les études (42,57,58,66,70).

I.2.1 Facteurs microbiologiques

Les micro-organismes sont vraisemblablement la principale cause des flare-ups. Ils peuvent être déjà présents dans le système endodontique avant le traitement, on parle alors d'une infection primaire, ou venir d'une infection radicaire per ou post-opératoire, on parle alors d'une infection secondaire (contamination via les instruments de préparation, ou mise en place d'une obturation provisoire ou définitive non étanche...) (57).

Il a été prouvé qu'un canal contenant du tissu pulpaire nécrosé et/ou présentant une lésion inflammatoire périradicaire d'origine endodontique (LIPOE) contenait des bactéries anaérobies strictes (56,58).

Lorsqu'une lésion périradiculaire d'origine endodontique est asymptomatique, c'est qu'il existe un équilibre entre la flore bactérienne et les défenses de l'hôte. On nomme ce phénomène le « syndrome d'adaptation locale » (56-58). Pendant la préparation chimio-mécanique des débris pulpaire et dentinaires associés à des micro-organismes peuvent être extrudés au niveau du foramen apical et entraîner une rupture de l'équilibre établi (Fig 1).

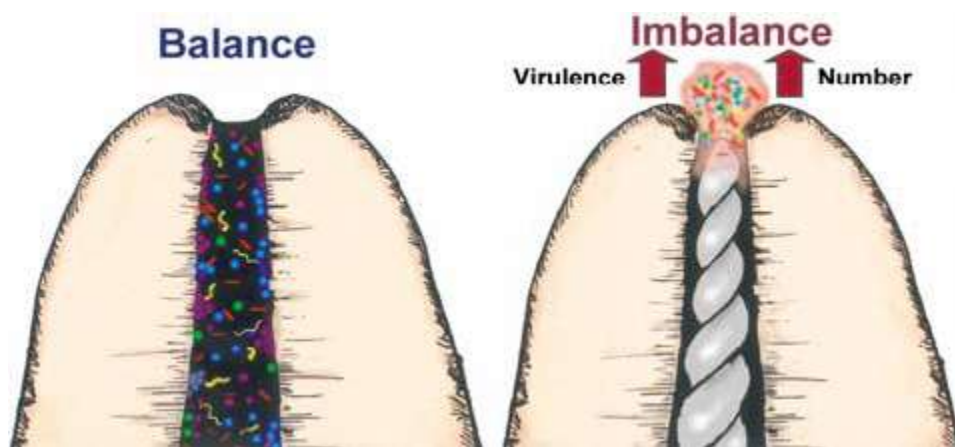


Figure 1 : Déséquilibre lors de l'extrusion de micro-organismes (58)

Cependant la seule persistance de ces micro-organismes ne suffit pas à expliquer le flare-up, de nombreux facteurs diminueraient ou augmenteraient leur virulence.

L'intensité de la réponse inflammatoire est proportionnelle à l'intensité de l'agression de la zone péri-radriculaire (58). Tout d'abord, les micro-organismes doivent être présents en quantité suffisante, et les conditions environnementales peuvent changer leur comportement. Par exemple, le mélange de plusieurs micro-organismes peut influencer leur virulence. Il existe aussi une susceptibilité individuelle aux infections, en effet un sujet qui présenterait une diminution de sa capacité à lutter contre ces micro-organismes aurait une susceptibilité accrue aux symptômes liés au flare-up (Fig 2).

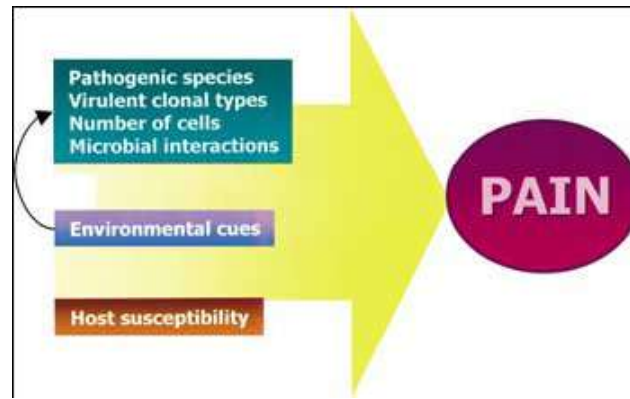


Figure 2 : Facteurs influençant l'intensité de la réponse inflammatoire (58)

Il est donc clairement établi que le statut pulpaire pré opératoire influence l'incidence du flare-up. Selon Iqbal et coll, une dent présentant une LIPOE aurait 9,64 fois plus de chance de développer un flare-up qu'une dent n'en présentant pas (29). Il paraît logique que le flare-up soit moins fréquent lors du traitement d'une dent vitale (présumée non infectée) que lors du traitement d'une dent nécrosée (58,70).

Pour éviter l'apparition d'un flare-up, il faut limiter l'extrusion de micro-organismes lors de la préparation endocanaire tout en assurant un nettoyage mécanique suffisant afin de rompre l'équilibre établi, en faveur de l'hôte et assurer ainsi la cicatrisation de la zone périapicale.

1.2.2 Facteurs mécaniques

Lors de l'instrumentation, des débris de la solution d'irrigation, des fragments de pulpe nécrosée et des micro-organismes peuvent s'extruder au-delà du foramen apical et causer une réponse inflammatoire aiguë péri-radicaire (57).

Si l'expérience de l'opérateur a un impact sur la quantité de débris extrudée dans la région péri-apicale (70), certains facteurs comme le type d'instruments et la technique utilisée lors de la préparation ont un rôle prépondérant pour limiter le phénomène et ce dès l'exploration du canal. Par exemple, l'étude menée par Pasqualini et coll (44), montre que les douleurs post opératoires sont moins fréquentes lors du pré-élargissement rotatif car cette technique permet d'expulser moins de débris qu'un pré-élargissement manuel.

Ainsi, il a été prouvé qu'une préparation crown down avec un instrument en nickel-titane en rotation continue et une irrigation abondante extrudait moins de débris et limiterait donc le risque d'apparition de flare-up (42).

L'utilisation de ces instruments ne se substitue pas au respect des principes chimio-mécaniques de préparation. En effet une instrumentation au-delà de l'apex physiologique de la dent entraîne une extrusion accrue de débris (63). A l'inverse une sous-instrumentation provoque la persistance de tissu pulpaire nécrosé et bactérien ce qui diminue le pronostic à long terme du traitement endodontique (58,63). Il est donc important de mesurer correctement la longueur de travail et de la respecter.

Enfin, entre chaque instrument, il est préconisé de récapituler avec une lime de faible diamètre (8 ou 10/100) afin d'éviter la formation de bouchon. Cependant, cette récapitulation, au-delà de l'apex physiologique, transporte des débris au niveau des tissus péri-apicaux (58).

1.2.3 Facteurs chimiques

Lors du traitement endodontique, nous utilisons des produits avec différentes propriétés chimiques et biologiques susceptibles d'être toxiques pour la zone péri-apicale. Les solutions d'irrigation, les médications intra-canalaires, les ciments et la gutta-percha, en contact avec les tissus, peuvent entraîner des douleurs post-opératoires (57).

L'irrigation est indispensable au succès de la préparation endocanalaire. Mais dans certain cas elle peut favoriser l'extrusion de débris et/ou endommager les tissus péri-radiculaires. Pendant la thérapeutique, le choix de la solution et de la dynamique d'irrigation pourra influencer sur la fréquence des douleurs post opératoires.

I.3 Rappels sur les objectifs du traitement endodontique

L'objectif de tout traitement endodontique est de prévenir ou d'éliminer une infection de l'endodonte. Il passe par l'élimination des bactéries et toxines ayant colonisé le système endodontique ainsi que tous les débris leur servant de nutriment et ce en respectant les tissus périapicaux (24).

Cette désinfection est effectuée dans la première étape du traitement endodontique : la préparation canalaire.

Cette étape de préparation doit permettre d'obtenir un canal propre et correctement mis en forme afin d'optimiser une obturation finale tridimensionnelle étanche. Le succès endodontique est donc directement dépendant de la qualité de cette étape de préparation.

I.3.1 La préparation endocanalaire

La préparation est l'étape la plus importante du traitement endodontique. Elle doit assurer d'une part la mise en forme optimale du système endodontique par l'action mécanique des instruments de préparation et d'autre part l'antiseptie par l'action des solutions d'irrigation dans l'ensemble du réseau canalaire.

I.3.1.1 Objectif mécanique : La mise en forme

La mise en forme du canal doit faciliter la désinfection de l'ensemble du système endodontique en maintenant l'anatomie originelle du canal et en permettant un meilleur accès au réseau endodontique des solutions d'irrigation. En effet, l'anatomie canalaire est complexe (Fig 3) et les canaux accessoires, isthmes ou deltas apicaux ne sont pas accessibles au nettoyage mécanique (45).



Figure 3 : Complexité du réseau endodontique (69)

La mise en forme doit respecter des critères mécaniques stricts décrits par Schilder en 1974 :

- une conicité continue sur toute la longueur du canal, sans déviation de sa trajectoire originelle dans les deux tiers apicaux. Son évasement doit être régulier dans tous les plans de l'espace en se calquant sur son anatomie initiale
- un maintien du foramen dans sa position initiale et le plus petit possible
- une mise en forme suffisante dans le 1/3 apical afin de permettre le renouvellement de la solution d'irrigation jusqu'à l'apex et permettre une élimination aisée des débris
- le respect des tissus péri-apicaux en évitant toute irritation toxique (débris), mécanique (sur-instrumentation) ou chimique (produit d'irrigation).

La qualité de la mise en forme dépend fortement de l'expérience de l'opérateur (37). L'évolution des systèmes de préparation endodontique a permis d'améliorer le respect de l'anatomie et la rapidité de cette étape de mise en forme notamment grâce à l'apparition des systèmes de préparation mécanisés. Cependant certaines variations de design instrumental et/ou de dynamique influencent encore le respect des critères de Schilder et par conséquent la qualité de la préparation.

La mise en forme canalaire ne suffit pas à la réussite du traitement endodontique, elle est alors associée à une désinfection biologique qui passe par une irrigation abondante de l'ensemble du réseau endodontique.

I.3.1.2 Objectif chimique : Élimination des bactéries et facteurs irritants

Cette antiseptie est rendue possible par l'utilisation de solutions d'irrigation ayant des propriétés antibactériennes, protéolytiques et chélatantes dans l'ensemble du réseau endodontique. La difficulté réside dans la complexité à apporter les produits d'irrigation jusqu'à la zone apicale et dans l'ensemble du réseau canalaire afin d'éviter toute persistance de bactéries responsables d'échecs endodontiques.

L'irrigation est donc une étape essentielle de la préparation car elle permet (24) :

- la mise en suspension des débris lors de la mise en forme facilitant ainsi leur évacuation
- la suppression des débris au niveau des zones non accessibles à l'instrumentation
- la destruction du biofilm bactérien adhérent aux parois canalaire, des bactéries et de leurs toxines

Les produits d'irrigation bien qu'indispensables à la réussite du traitement endodontique, peuvent être toxiques pour les tissus périapicaux. Ainsi une insuffisance d'irrigation entraînant une persistance de bactéries dans la zone apicale pourrait conduire à un échec du traitement endodontique, mais une extrusion de solution d'irrigation au niveau de la zone périapicale peut aussi engendrer une lésion des tissus.

II. FACTEURS MECANIQUES : L'INSTRUMENTATION

Les instruments de mise en forme jouent directement et indirectement un rôle dans la réussite du traitement endodontique. En effet la qualité de la préparation dépend énormément de leur capacité à mettre en forme un canal pour permettre un bon nettoyage par la solution d'irrigation et de remonter les débris sans les expulser dans la région péri-apicale. L'extrusion de débris semble ainsi étroitement liée au type d'instrument utilisé et à la dynamique instrumentale. Les évolutions de ces dernières années visent à améliorer la conicité des préparations sans augmentation de l'élargissement apical afin de permettre une meilleure circulation de la solution tout en diminuant ce risque d'extrusion.

II.1 Les instruments acier

II.1.1 Caractéristiques

Ces instruments servent aujourd'hui rarement à la préparation entière. On les utilise le plus souvent comme instruments de négociation initiale ou en cas de difficulté per-opératoire (butée), de récapitulation lors de la préparation, et pour le jaugeage lors de la finition apicale.

Les limes H (ou racleur) ou K sont les instruments acier les plus couramment utilisés. Elles ont une conicité de 2% ce qui rend difficile la préparation conique souhaitée. Elles existent en 3 longueurs 21, 25, 29 mm mais sont actives sur 16 mm.

La lime K (Fig 4) est fabriquée à partir d'un fil d'acier torsadé de section carrée. L'angle d'hélice est d'environ 20°. On l'utilise initialement avec un mouvement de translation axiale mais il est possible d'effectuer un mouvement de reptation.

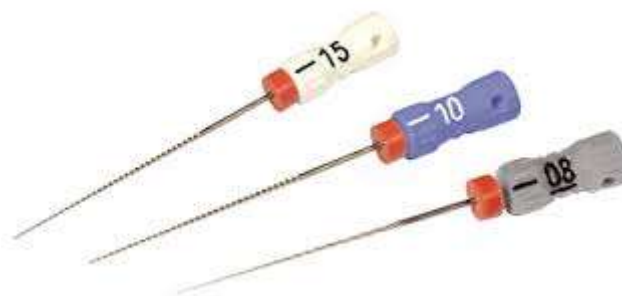


Figure 4 : Limes K

La lime H est usinée à partir d'une matrice ronde. Elle est composée d'arêtes actives très serrées. On l'utilise avec un mouvement de traction pure afin de couper la dentine des parois canalaires. Des instruments en acier mécanisés ont vu le jour fin XX^{ème} siècle, en rotation continue comme en mouvement alternatif. Par exemple, en 1964, la société MicroMéga a commercialisé le Giromatic® qui était caractérisé par une alternance de mouvement horaire et anti-horaire à 90°. Mais il était à l'origine de butée ou perforation tout comme le Cursor filing (W&H) qui lui, était associé à un mouvement de rotation. Leur utilisation a donc été abandonnée.

II.1.2 Les limites de l'acier

Les instruments en acier sont déformables dans les petits diamètres. Leur limite élastique est effectivement faible (de l'ordre de 1% au-delà duquel leur déformation est permanente). Cette capacité de pré-courbure peut néanmoins être utile lors de la négociation de crochets apicaux. Elle s'avère aussi intéressante afin de prédire la fracture instrumentale. Celui-ci a tendance à se dévriller avant de se casser.

Cependant la rigidité de l'acier augmente de façon exponentielle avec l'augmentation du diamètre de l'instrument ce qui rend difficile la préparation de canaux courbes et peut être à l'origine de déviation de trajectoire canalaire, de butée ou de déchirure apicale. De plus leur dynamique instrumentale tend à la formation de bouchon.

II.2 Les instruments en Nickel-Titane

II.2.1 Historique

L'alliage nickel-titane est autrement appelé Nitinol (Nickel Titanium Naval Ordnance Laboratory). Il fut découvert dans les années 60 dans le Maryland par W.F Buheler pour le programme spatial du Naval Ordnance Laboratory (62).

Les premiers instruments Ni-Ti pour le traitement endocanalair sont conçus en 1988 par Walia qui utilisa du nitinol pour fabriquer des limes manuelles de 15/100 de diamètre (25). Ces instruments présentaient une efficacité de coupe limitée. Ils sont donc rapidement associés à la rotation continue. Cette évolution a permis d'effectuer de meilleures mises en forme, par conséquent un meilleur nettoyage, en moins de temps même chez les opérateurs avec peu d'expérience (59).

Composé d'environ 56 % de nickel et 44 % de titane, il est caractérisé par sa super-élasticité, sa mémoire de forme et sa grande flexibilité.

La super-élasticité se définit comme sa capacité à retrouver sa forme originelle après avoir subi une contrainte mécanique importante. Cette propriété présente un intérêt majeur pour les instruments endodontiques car il permet aux instruments de garder une flexibilité substantielle malgré une conicité et/ou diamètre important et limite ainsi le transport canalaire. Le Ni-Ti a la capacité à revenir en place sans déformation résiduelle, après avoir subi des déformations temporaires de l'ordre de 8 % (21,62).

La mémoire de forme est la capacité de l'alliage à subir des déformations inélastiques lors de cycle de charge/décharge. C'est cette propriété qui rend cet alliage intéressant pour l'Orthodontie.

Il est très biocompatible, de par sa composition en titane, et présente une forte résistance à la corrosion.

II.2.2 Évolution

La fabrication des instruments endodontiques en Ni-Ti est complexe. Le design des instruments doit directement être usiné à partir d'un bloc de Nitinol avec des outils carbures. La difficulté réside dans l'élimination des irrégularités et impuretés de surface par polissage mécanique. En effet un état de surface altéré limite la capacité de coupe des arêtes, diminue la résistance à la corrosion et à la fracture de l'instrument (62).

Les instruments usinés à partir du Ni-Ti présentent des avantages certains par rapport aux instruments en acier inoxydable :

- les erreurs de préparation sont diminuées
- la préparation canalaire est plus rapide
- l'extrusion de débris est moins importante
- la préparation est de meilleure qualité même chez les opérateurs les moins expérimentés

Cependant, la fracture instrumentale liée à la fatigue cyclique est un enjeu majeur pour les fabricants car celle-ci s'avère non prédictible.

Deux types de fracture sont décrits dans la littérature (4) :

- la fracture en torsion (30% des fractures) : qui se produit lorsque l'instrument est bloqué dans le canal alors que celui-ci est encore en rotation. Il y a alors une dé-spiralisation de l'instrument avant fracture. On retrouve ce phénomène aisément au niveau de la pointe de l'instrument. L'opérateur n'a souvent pas le temps de prévenir la fracture car celle-ci intervient rapidement après blocage de la pointe. On la décrit plus souvent sur les limes acier. Elle est souvent dépendante du design de l'instrument et est le résultat d'une mauvaise dynamique instrumentale.
- la fracture en flexion (fracture cyclique : 70% des fractures) : Aucune manifestation macroscopique ne permet de prévenir ce type de fracture. Elle intervient lorsque l'instrument est utilisé de manière répétée entraînant des modifications microscopiques dans la structure du matériau. Plus le canal est courbe, plus les contraintes sur l'instrument sont élevées et plus la fracture intervient rapidement.

En 2007, pour augmenter la résistance à la fatigue cyclique, l'efficacité de coupe et améliorer la flexibilité, des fabricants ont développé un nouveau processus lors de la conception des instruments Ni-Ti. Ce nouvel alliage, le NiTi Memory wire (Mwire[®]), est obtenu par traitement thermomécanique ce qui permet ainsi de diminuer le risque de fracture instrumentale. Cet alliage est constitué de 55,8% de Nickel, 44,1% de Titane, 0,05% d'oxygène et de 0,02% de carbone et permet d'augmenter la résistance à la fatigue cyclique de près de 400% (4,21,25,72). Une étude menée en 2008 par Gambarini et coll (22), compare un autre alliage modifié par traitement thermique : le Ni-Ti Twisted File[®] développé par Sybron Endo. Cet alliage est plus flexible et résistant à la fatigue cyclique que l'alliage brut.

D'autres moyens ont été mis en œuvre pour améliorer les propriétés du Nickel-Titane :

- L'implantation ionique, permet d'améliorer l'état de surface de l'instrument en Ni-Ti. Elle augmente la résistance à la corrosion et à la fracture liée à la fatigue cyclique sans modifier les caractéristiques de l'alliage (25). Ce procédé à un coût important ce qui limite son utilisation (46).
- Le dépôt physique en phase vapeur, qui consiste à déposer un revêtement de nitrure de titane sur l'alliage. Ce processus augmente l'efficacité de coupe des instruments et améliore leur résistance à la corrosion (47).
- Le polissage électrochimique élimine les irrégularités de surface de l'instrument qui est l'un des enjeux majeurs des fabricants (25). Ce polissage supprime les micro-fêlures, et stries qui sont à l'origine des fractures. Ce traitement de surface est controversé. Certaines études mettent en évidence une amélioration de la résistance à la corrosion (18) et à la fatigue cyclique, d'autres ne trouvent aucune différence entre un instrument électropoli et un instrument n'ayant subi aucun traitement de surface (11).

II.2.3 Les instruments en séquence

En 1996, les premiers instruments rotatifs en nickel-titane apparaissent en France. Leur design est basé sur le principe de préparation corono-apicale, soit crown-down, qui consiste en une diminution du diamètre des instruments au fur et à mesure que l'on progresse vers l'apex afin de diminuer les contraintes coronaires pour accéder plus facilement à la zone apicale (48). Ce concept a été décrit par Marshall et Papin en 1980, pour une préparation manuelle. Puis il est associé à la rotation continue qui, comme son nom l'indique, est un mouvement de rotation pure (360°). Elle aboutit à une préparation conique favorisant le renouvellement de la solution d'irrigation au niveau de l'ensemble du canal. Elle permet une diminution de la zone de contact entre les parois canalaires et l'instrument, prévenant ainsi le risque de fracture.

La première génération d'instruments nickel-titane présentait des pas d'hélice et angles d'hélice constants. Il s'agissait entre autres du Profile[®] (Dentsply-Maillefer), du Hero 642[®] (MicroMéga) et du FlexMaster[®] (Dentsply-VDW). Le principal inconvénient des premiers instruments en rotation continue était l'effet de vissage lorsque la conicité de l'instrument était proche de la conicité du canal. Cet effet d'aspiration a pu être diminué par des designs de sections transversales particuliers tels les « radial lands ».

Puis de nombreux systèmes rotatifs à angles d'hélice et pas variables ont vu le jour pour limiter l'effet de vissage lors de l'instrumentation et augmenter la flexibilité des instruments. C'est le cas des HeroShaper[®] (MicroMéga), RaCE[®] (FKG) et du Mtwo[®] (Dentsply-Maillefer) par exemple.

Certains instruments comme le Revo-S[®] (MicroMéga) présentent en plus une section transversale asymétrique. On les dit à face décalée. Ce design a pour avantage de limiter le stress exercé sur l'instrument pendant la mise en forme et de favoriser la remontée des débris (20).

Le respect de la vitesse de rotation et le torque, indiqués par le fabricant sont primordiaux afin d'éviter les fractures et limiter l'extrusion de débris (27,36). Ainsi, il faut utiliser des contre-angles réducteurs d'endodontie ou des moteurs spécifiques. Certains moteurs présentent une propriété d'Auto-torque reverse. Lorsque la limite du torque est atteinte, la rotation s'arrête et reprend dans l'autre sens afin, selon les fabricants, d'éviter la fracture.

II.2.4 Le principe de l'instrument unique

Depuis quelques années, les premiers mono-instruments de préparation ont été développés par les fabricants. Ils permettent une mise en forme du canal rapide en respectant les principes mécaniques de la préparation tels qu'édictees par Schilder. Contrairement aux séquences instrumentales décrites dans le paragraphe précédent, un seul instrument permet la mise en forme complète du canal permettant ainsi une simplification du protocole avec une meilleure ergonomie.

Le temps de préparation reste identique voire diminué tout en permettant l'optimisation du temps d'irrigation, essentielle au succès du traitement endocanalair (Fig5).

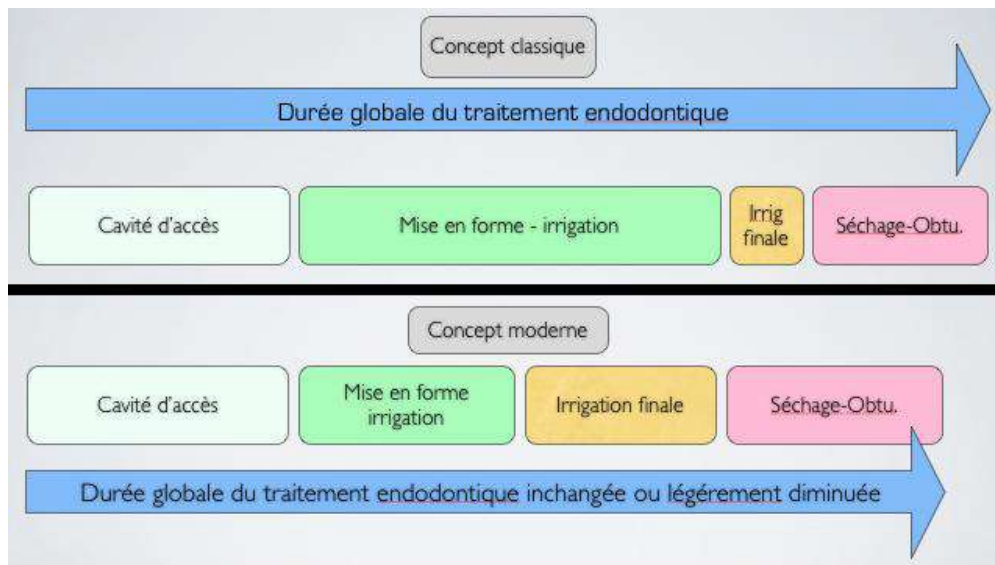


Figure 5 : Avantages de l'instrument unique. (Document F Bukiet)

II.2.4.1 L'usage unique

Certaines études démontrent une insuffisance de nettoyage lors de la stérilisation des instruments endodontiques malgré l'utilisation de techniques rigoureuses (trempage, ultrasons et passage à l'autoclave) (Fig 6) (1). En effet les irrégularités de surface des instruments ainsi que les microfissures apparues lors de la préparation, créent des niches qui permettent aux débris organiques de s'y loger favorisant ainsi, les contaminations croisées (60).



Figure 6 : Lime avec débris de Ca(OH)_2 après 5 min de bain aux ultrasons (1)

De plus l'utilisation répétée des instruments, l'action de l'hypochlorite sur l'alliage (6,65), associée à la stérilisation à l'autoclave (67) entraîne des modifications de leur état de surface (Fig 7) ce qui augmente le risque de fracture et diminue leur capacité de coupe (18).

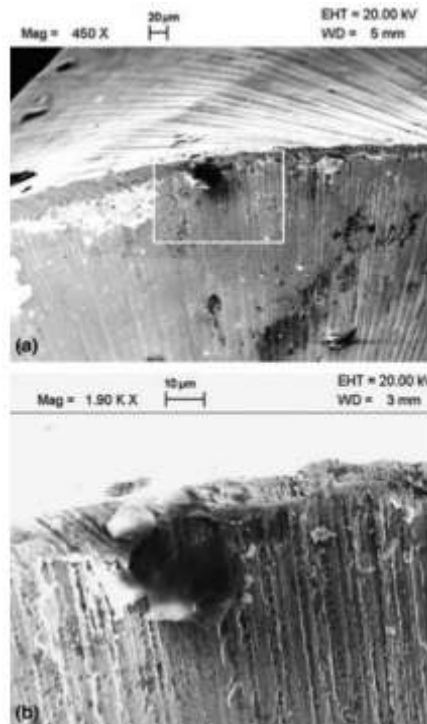


Figure 7 : (a) Instrument Ni-Ti après avoir été immergé 5 min à 50°C dans de l'hypochlorite à 5%. Altération des arêtes de coupe et surface. (b) Élargissement de la zone altérée (6)

Cependant, certains auteurs tendent à penser que l'hypochlorite n'altérerait pas les instruments Ni-Ti s'il n'est pas utilisé de manière abusive. Les effets de corrosion et d'altération de l'état de surface lors des procédures de nettoyage sont détectés lorsque l'instrument est laissé en immersion toute la nuit, soit 18h, dans de l'hypochlorite (41).

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

Il existe deux types de mono-instruments actuellement différenciés par leur dynamique d'instrumentation :

- en rotation continue : One Shape[®] (Microméga), le Concept F360[®] (Komet)
- en réciprocité : le Wave One[®] (Dentsply-Maillefer), le Reciproc[®] (Dentsply-VDW)

II.2.5 La rotation continue : Le One Shape[®]

Commercialisé en Avril 2012, le One Shape a évolué vers le One Shape[®] « New Generation » en Avril 2014 (Fig 8).



Figure 8 : One Shape[®] « new generation »

C'est un instrument en nickel-titane de diamètre apical de 25/100 à conicité constante de 6%. Il existe en 3 longueurs 21, 25 et 29 mm et des repères de profondeurs sont indiqués sur le manche à 19, 20 et 22 mm.

L'instrument possède une partie active de 16mm avec 3 zones de sections transversales différentes et dissymétriques (face décalée sur toute la partie active) (Fig 9) :

- la zone apicale longue de 2 mm, présente une section triangulaire à 3 arêtes de coupe
- la zone dite « de transition », de 7,5 mm. Sa section évolue progressivement de 3 à 2 arêtes de coupe.
- la zone coronaire de 6,5mm, possède une section en double hélice.

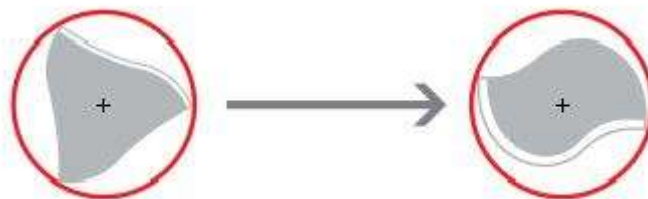


Figure 9 : Section transversale One Shape®

De plus l'angle d'hélice et le pas sont variables. Le pas est allongé vers l'apex pour une meilleure flexibilité et une diminution de l'effet de vissage. La face décalée associée à l'allongement du pas permet une meilleure remontée des débris.

La pointe de l'instrument est non active ce qui permet d'éviter les fausses routes.

Conditionné sous blister stérile, il est à usage unique.

Afin de répondre à tous les cas cliniques, MicroMéga propose des limes spécifiques de finition apicale (le One Shape® Apical 1 et 2) de diamètre 30/100 et 37/100 de mm et de conicité 6% sur les 5 mm apicaux (Fig 10). Elles sont utilisées après le One Shape® afin d'élargir le diamètre du canal dans le cas où le diamètre foraminaux serait supérieur à 25/100 ou en présence de canaux infectés afin d'augmenter l'élimination bactérienne dans les derniers millimètres apicaux.

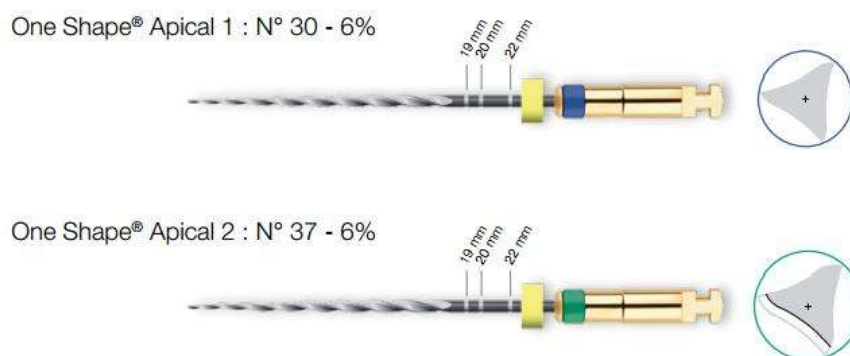


Figure 10 : Limes de finition apicale

Ces limes sont utilisées selon la même dynamique instrumentale que le One Shape®. Le One Shape® Apical 1 est amené jusqu'à la LT après le passage du One Shape®. Et le One Shape® Apical 2 est amené si besoin jusqu'à la LT après jaugeage apical à la lime #30 et irrigation.

II.2.6 La réciprocité : Le Wave One®

Le mouvement de réciprocité :

Inspiré de la technique de Roane (49), ce mouvement a été décrit par Yared en 2008 (71).

Il est caractérisé par :

- une alternance de mouvement horaire (engagement) et antihoraire (désengagement)
- les mouvements sont asymétriques : en effet le mouvement antihoraire est plus important que le mouvement horaire ce qui permet à l'instrument de progresser dans le canal, cependant, le degré de rotation dépendant des fabricants (33).
- la dynamique instrumentale est caractérisée par un mouvement de picotage apical sans pression. La progression est rapide seulement si le canal est perméable et progressive jusqu'à la longueur de travail.
- Il permet la préparation de tout type de canal mais ces instruments nécessitent un moteur bien spécifique
- Ce mouvement de réciprocité permet d'éviter les phénomènes d'aspiration bien connus en rotation continue. Cependant, ils expulsent plus de débris à l'apex que les systèmes uniques en rotation pure mais moins que lors de l'utilisation de séquences multiples (12,64).

- Ce mouvement est particulièrement intéressant lors de la négociation de courbures sévères car il limite les contraintes exercées sur l'instrument, toutefois il aurait tendance à raccourcir la longueur de travail (7).

Le Wave One[®] est un instrument en Ni-Ti à usage unique travaillant avec un mouvement de réciprocité. Le Nickel-Titane du Wave One[®] a subi un traitement thermique ce qui lui confère une grande flexibilité et une meilleure résistance à la fatigue qui est la première cause de fracture instrumentale (M-Wire). Les instruments possèdent un pas à gauche (une hélice inversée) et angle variable. Ils coupent dans le sens antihoraire en effectuant une rotation de 170°. La rotation dans le sens horaire est de seulement 50°.

La section du Wave One[®] est triangulaire concave dans sa partie apicale et triangulaire convexe dans sa partie coronaire (Fig 11) ce qui lui permet de rester flexible tout en conservant un espace suffisant pour la remonté des débris. Il présente donc un pas variable dit à gauche et un hélicoïde inversé (antihoraire).



Figure 11 : Section transversale du Wave One[®]

Leur pointe est non travaillante et ils existent en 3 longueurs 21, 23 et 31 mm ayant chacun une partie travaillante de 16 mm.

La conicité des instruments est variable et inversée (conicité maximum sur les trois derniers millimètres) ce qui permet d'éviter une élimination trop importante de dentine en coronaire et de garder une bonne flexibilité de l'instrument tout en gardant une préparation avec une conicité apicale importante.



Figure 12 : 3 tailles de Wave One®

Il existe 3 tailles de diamètre d'instrument Wave One® (Fig 12) :

- Wave One® Small (bague jaune) : pour les canaux fins. Il est de diamètre 21/100 mm et de conicité 6%. On choisit cet instrument si la lime acier 10/100 a des difficultés à progresser dans le canal.
- Wave One® Primary (bague rouge) : le plus utilisé. Il est de diamètre 25/100 mm et possède une conicité de 8% sur les derniers millimètres apicaux.
- Wave One® Large (bague noire) : il est utilisé pour les canaux larges. On le choisit lorsque qu'une lime 20/100 progresse facilement dans le canal lors de l'exploration canalaire. Il est de conicité 8% sur les derniers millimètres apicaux et de diamètre 40/100 de mm.

Récemment, le Wave One® Gold a été lancé. Il présente des modifications de traitement thermique de l'alliage, de section transversale ainsi que des diamètres et conicités différents du Wave One® initial.

Ils sont conditionnés sous blister stérile (Fig 13). Les bagues disposées sur le mandrin sont en plastique déformable ce qui empêche l'insertion des instruments dans les contre-angles après leur passage à l'autoclave.



Figure 13 : Conditionnement sous blister stérile du Wave One®

Le Wave One® de par son mouvement de réciprocité nécessite d'être utilisé avec un moteur spécifique : le X-smart Plus ou VDW-Gold Dentsply (Fig 14). Un localisateur d'apex peut y être intégré. Ces deux moteurs permettent le mouvement de rotation continue en complément de celui de réciprocité.



Figure 14 : Moteur X Smart Plus® (à gauche) et VDW-G 1Moteur X Smart Plus® (à gauche) et VDW-Gold® (à droite)

L'instrument effectue environ 10 cycles de réciprocité par seconde ce qui équivaut approximativement à une vitesse de 300 tours/min. Dans le cas du Wave One[®], il est programmé pour effectuer un mouvement anti-horaire de 170°, qui permet de s'engager dans le canal, et horaire de 50°, pour se désengager et éviter le phénomène de vissage.

Dans le tableau ci-dessous (tableau 1), sont résumées les principales caractéristiques des instruments uniques One Shape[®], Wave One[®], en comparaison avec la lime K manuelle.

Tableau 1 : Récapitulatif des caractéristiques des instruments en comparaison avec les instruments manuels acier :

	One Shape [®] « new generation »	Wave One Primary	Lime K acier
Dynamique	Rotation continue	Réciprocité Nécessite un moteur spécifique	Manuelle
Diamètre	25/100	25/100	De 06/100 à 80/100
Conicité	6 %	Variable inversée 8 % sur les derniers mm	2 %
Longueurs	21, 25 et 29 mm	21, 25 et 31 mm	21, 25 et 29 mm
Angle d'hélice	Variable	Variable	Constant
Pas d'hélice	Variable Face décalée	Variable à gauche	Constant
Section transversale	-2mm apicaux : section triangulaire -Zone de transition (7,5mm) : évolution vers une section en S -Zone coronaire (6,5 mm) : double hélice	-Triangulaire concave dans la partie apicale -Triangulaire convexe dans la partie coronaire	Section carrée
Vitesse de rotation	350-400 tours/min	10 cycles de réciprocité par minute 300 tours/min	¼ de tour horaire 1/8 de tour anti horaire
Alliage	Ni-Ti électropoli	Ni-Ti MWire	Acier inoxydable
Autres	Usage unique	Usage unique	Stérilisable

III. FACTEURS CHIMIQUES : LES SOLUTIONS D'IRRIGATION

L'irrigation est une étape indispensable au succès du traitement endodontique. Elle est associée à la mise en forme canalaire, via l'apport de solutions qui possèdent des propriétés biologiques particulières et permettent :

- l'élimination, par mise en suspension, des débris organiques et minéraux
- la lubrification des parois pour optimiser l'action de coupe des instruments
- la dissolution des composants organiques au niveau des espaces inaccessibles au nettoyage mécanique
- l'élimination des bactéries présentes ou susceptibles d'avoir été introduites pendant les manœuvres de mise en forme.

Lors des phases d'irrigation, nombreuses pendant l'étape de préparation, il existe un risque d'extrusion de produit d'irrigation associé à des débris au niveau de l'apex de la dent. Ce phénomène est dépendant de la solution et de la dynamique d'irrigation choisie. Il peut être responsable de douleurs post-opératoires.

III.1 Choix de la solution

Il existe de nombreuses solutions d'irrigation. Notre choix doit être guidé par les propriétés chimiques et biologiques. La solution idéale doit :

- éliminer les débris par une action de lavage mécanique
- avoir des propriétés anti-microbiennes
- dissoudre les composés minéraux et matières organiques du contenu cellulaire.

A ce jour, aucun produit ne réunit l'ensemble de ces propriétés. Il faut donc combiner plusieurs solutions pour obtenir les effets escomptés. Le produit d'irrigation le plus utilisé est l'hypochlorite de sodium (17). On l'associe à l'acide éthylène diamine tétra acétique, soit EDTA.

III.1.1 L'hypochlorite de sodium

La solution d'irrigation la plus couramment utilisée est l'hypochlorite de sodium dilué à 2,5 % (Fig 15). On l'utilise en endodontie depuis 1919. Sa capacité à dissoudre les tissus organiques fait de lui la solution d'irrigation de choix en endodontie. Il possède un pouvoir antibactérien à large spectre. Néanmoins il s'avère être toxique en cas d'extrusion dans les tissus péri-apicaux et d'autant plus s'il est utilisé à des concentrations élevées (17). Il est susceptible d'entraîner des douleurs intenses, un gonflement et même léser les tissus péri-apicaux jusqu'à entraîner une nécrose ou des paresthésies (26). Il est donc préférable de renouveler la solution régulièrement plutôt que d'augmenter la concentration du produit. De plus il a été relevé quelques cas d'hypersensibilité. L'étude préopératoire de chaque cas doit permettre de prévenir tout accident d'extrusion d'hypochlorite (apex immature, résorption, perforation...), ou allergique. L'hypochlorite de sodium ne possède pas d'effet solvant sur les composés minéraux. C'est pour cette raison qu'on l'associe à l'EDTA.



Figure 15 : Hypochlorite de sodium dilué à 2,5%

III.1.2 Acide éthylène diamine tétra acétique (EDTA)

L'acide éthylène diamine tétra acétique est introduit en endodontie en 1957 par Nygaard Ostby (16). Dépourvu de propriété antiseptique, il est utilisé pour sa propriété chélatante en combinaison avec l'hypochlorite de sodium. La concentration de l'EDTA varie de 8 % à 17 % selon les produits (Fig 17). Une irrigation finale de 1 à 3 minutes permet de dissoudre les composés minéraux de la boue dentinaire, ou « Smear layer », et de les rendre accessibles au lavage mécanique effectué par un dernier rinçage à l'hypochlorite de sodium (17). En cas de propulsion au niveau du péri-apex, on peut relever des douleurs liées à une modification de la réponse inflammatoire.

Il peut aussi être utilisé sous forme de gel lors du cathétérisme initial (Fig 16) afin de faciliter la progression des limes en ramollissant la dentine pariétale (17).



Figure 16 : EDTA gel utilisé pendant l'instrumentation



Figure 17 : Salvizol® EDTA liquide 8 % pour l'irrigation terminale

III.1.3 Le Digluconate de chlorhexidine

Alternative à l'hypochlorite grâce à ses propriétés anti-microbiennes, le digluconate de chlorhexidine à 2% (Fig 18) peut être utilisé comme solution d'irrigation en cas d'allergie. Bactéricide à forte concentration et bactériostatique à plus faible, elle ne présente pas en revanche de propriété protéolytique ce qui rend la molécule moins intéressante que l'hypochlorite de sodium (17,26). Les associations chlorhexidine/hypochlorite ou chlorhexidine/EDTA sont formellement contre-indiquées car elles formeraient des précipités toxiques lors de la mise en contact des différentes solutions (17).

Différentes études ont comparé l'utilisation de l'hypochlorite de sodium au digluconate de chlorhexidine. Parirokh et coll (43) ont démontré que l'hypochlorite de sodium à 5,25% avait tendance à extruder plus de débris que la chlorhexidine. En revanche les résultats entre l'hypochlorite à 2,5% et la chlorhexidine ne semblent pas montrer de différence significative dans la quantité de débris expulsée. Ces deux dernières solutions semblent avoir la même efficacité dans l'élimination des bactéries (51).



Figure 18 : Solution d'irrigation à la chlorhexidine à 2%

III.2 Choix de la dynamique

Pour s'assurer d'une irrigation de qualité, il faut que l'ensemble du réseau soit en contact avec la solution d'irrigation et que celle-ci soit renouvelée régulièrement.

On distingue deux modes de pénétration de la solution d'irrigation qui peuvent influencer dans l'extrusion apicale de débris (Fig 19) :

- l'irrigation passive
- l'irrigation active

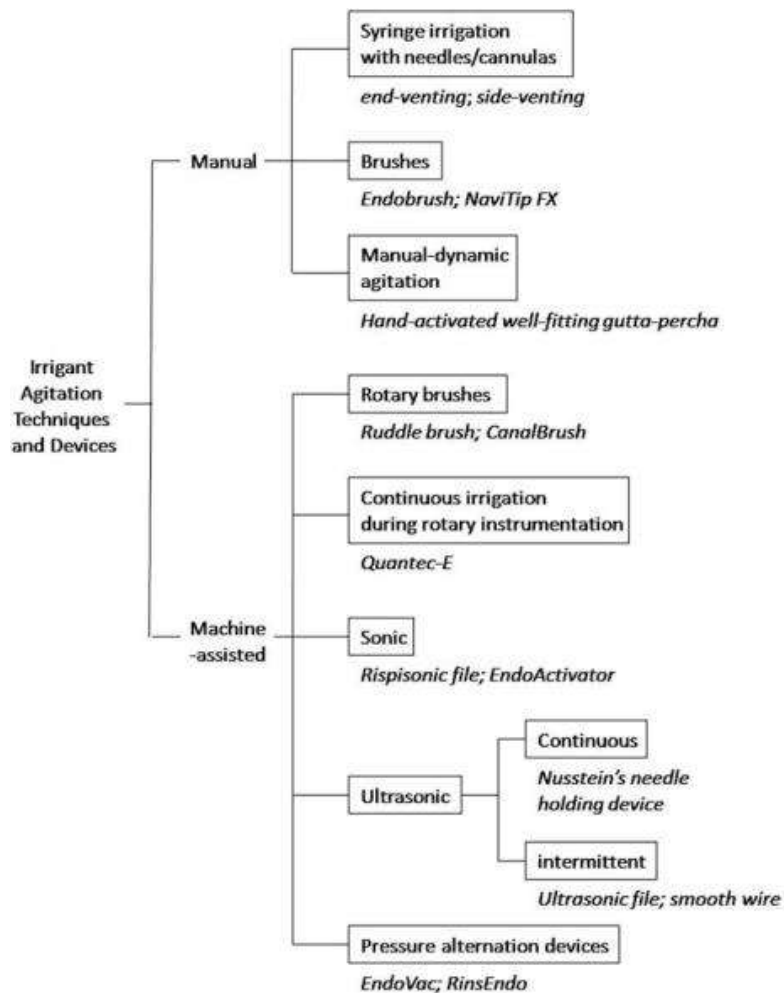


Figure 19 : Classification des dynamiques d'irrigation selon Li-sha Gu et coll (23)

III.2.1 Irrigation manuelle passive

Elle est obtenue avec une seringue et une aiguille. Elle permet un lavage du système par renouvellement régulier de la solution.

L'irrigation manuelle passive permet un nettoyage correct dans la quasi-totalité du canal. En effet la solution présente dans la zone apicale ne serait pas suffisamment renouvelée en raison du phénomène « Vapor locked » (persistance d'une bulle de gaz s'opposant à la pénétration apicale de la solution d'irrigation). Ainsi pour permettre un nettoyage optimal, une irrigation manuelle active en fin de préparation canalaire permettrait de pallier ce manque.

L'irrigation manuelle passive consiste en l'introduction d'une seringue ou canule de solution par des mouvements de va-et-vient. L'aiguille doit rester libre dans le canal pour permettre le reflux coronaire des débris et éviter l'extrusion apicale. Le débit de solution, qu'il est difficile de contrôler, doit être léger afin d'éviter toute propulsion au niveau du péri-apex (9).

III.2.1.1 Choix du dispositif aiguille/seringue

L'action physique de lavage est fonction du volume et du débit de solution utilisée lors de l'irrigation à la seringue (8,55). Ce débit et ce volume sont dépendants eux-mêmes du type de dispositif employé (assemblage seringue/aiguille). En effet, plus le diamètre de l'aiguille est petit plus la pression d'éjection sera importante avec un même volume de solution d'où un risque d'extrusion apicale plus important. Il faut choisir une seringue dont le diamètre est en rapport avec le calibre de l'aiguille. (Seringue de 5ml associé a une aiguille 27g, seringue 3ml pour une aiguille 30g).

D'autres facteurs comme le type d'aiguille utilisé (Fig 20) semblent jouer un rôle dans la propulsion de débris au niveau de la région péri-apicale.

Ainsi K.Y. Yeter et coll (73), a démontré qu'une irrigation avec une aiguille à deux sorties latérales expulse moins de débris qu'une aiguille avec une extrémité ouverte. Mais cette dernière assure un meilleur nettoyage apical. La pénétration de solution est en effet limitée lors de l'utilisation d'aiguille à extrémité borgne (10).

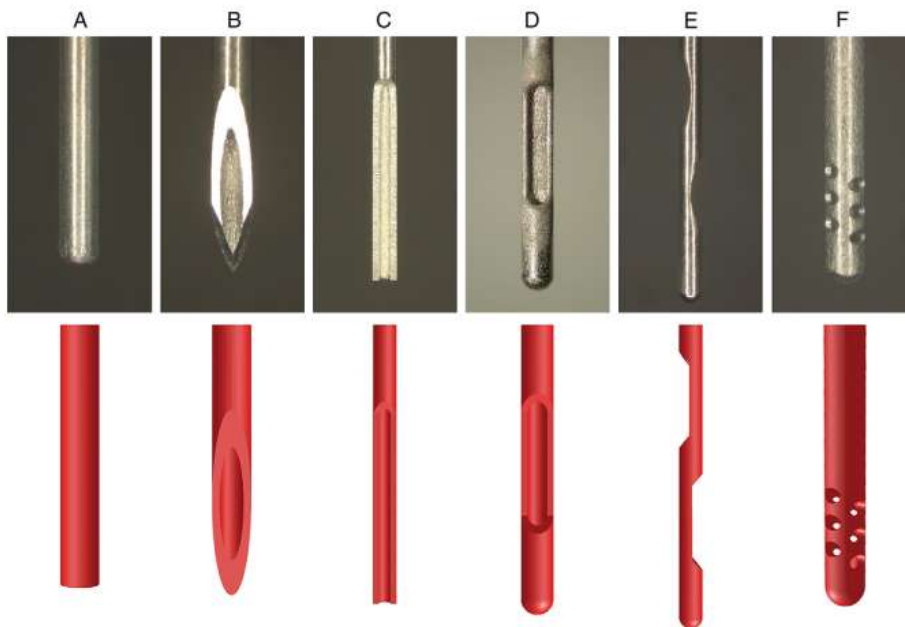


Figure 20 : Différents types d'aiguille : (19)

A : aiguille ouverte avec une extrémité plate / B : aiguille ouverte avec une extrémité biseautée

C : aiguille ouverte avec à son extrémité une encoche / D : aiguille fermée avec un côté ventilé (extrémité borgne)

E : aiguille fermée avec une double face ventilée (extrémité borgne)

F : aiguille fermée multi ventilée EndoVac® (extrémité borgne)

La proximité entre l'apex et la pointe de l'aiguille doit être maîtrisée car cela impacte la quantité de débris expulsée à l'apex (9). Il est donc préconisé de ne pas insérer l'aiguille au delà des 2-3 derniers mm de la racine (8). Cependant, une aiguille insuffisamment insérée dans le canal ne permet pas à la solution d'accéder à la zone apicale de la racine entraînant la persistance d'une plus grande quantité de bactéries (55).

L'utilisation de dispositifs à usage unique est indispensable afin d'éviter à la lumière des aiguilles de s'obstruer avec des cristaux d'hypochlorite de sodium. De plus le caoutchouc du piston tend à se détériorer avec le temps ce qui altère le coulisement du piston et peut entraîner une éjection par à-coup favorisant alors l'extrusion apicale.

III.2.2 Irrigation active

III.2.2.1 Irrigation manuelle active

Proposé par Machtou en 1980, elle s'effectue en introduisant un cône de gutta percha dans le canal en imprimant des mouvements verticaux de faible amplitude à une fréquence d'environ 100 mouvements/min afin de permettre le renouvellement de la solution d'irrigation dans les derniers millimètres apicaux. Dans une étude menée par C. Boutsoukis et coll comparant les différents systèmes actifs d'irrigation, il a été démontré que cette méthode extrudait plus de débris que les méthodes soniques et ultra soniques décrites ci-dessous (9).

III.2.2.2 L' Irrigation sonique

L'irrigation sonique consiste en l'introduction dans le canal rempli de solution d'hypochlorite de sodium d'un instrument avec une fréquence d'oscillation entre 1 et 6 kHz souvent lié à une pièce à main.

On retrouve plusieurs systèmes soniques dans la littérature :

- la lime Rispisonic[®]
- l'Endoactivator[®]
- la seringue Vibringe[®]

Néanmoins la lime Rispisonic[®] possède un design agressif qui peut être mauvais pour la pérennité du système endocanalair. Son utilisation a alors été abandonnée.

III.2.2.2.1 L'Endoactivator®

Ce dispositif est composé d'une pièce à main sonore sans fil qui met en vibration des inserts en plastique flexible de calibre et conicité variable (Fig 21). Le but est d'utiliser l'insert adapté à la préparation:

- insert jaune: diamètre 15/100 conicité 2%
- insert rouge: diamètre 25/100 conicité 4%
- insert bleu: diamètre 35/100 conicité 4%



Figure 21 : Endoactivator®

L'insert est choisi en fonction du diamètre foraminal de fin de préparation, 1mm en retrait de la longueur de travail. Le mouvement est caractérisé par une vibration à un rythme de 10000 cycles par minute associée à un mouvement de va-et-vient pendant la séquence d'irrigation. Cette dynamique permet la formation de turbulences hydrodynamiques qui favorisent l'élimination de la boue dentinaire et du biofilm (23). Ce dispositif a pour avantage de ne pas expulser beaucoup de solution et de débris au niveau du péri-apex par rapport aux autres techniques d'irrigations (19).

III.2.2.2.2 La seringue Vibringe®

Cette seringue combine l'apport manuel de solution d'irrigation à une activation sonore (Fig 22) afin de permettre un nettoyage de l'ensemble du réseau endodontique. Contrôlé par un micro processeur, la seringue produit des vibrations sonores à un rythme de 9000 cycles par minute. Il a été démontré que son efficacité dans le tiers apical du canal est semblable à l'irrigation manuelle passive avec une aiguille à ouverture latérale (31). En revanche, la seringue Vibringe® offre un débridement canalaire moindre qu'une activation ultrasonique (52).



Figure 22 : Seringue Vibringe®

III.2.2.3 Irrigation ultrasonore

L'activation ultrasonore permet à la fois d'augmenter la température donc de potentialiser l'effet anti-bactérien de l'hypochlorite et de favoriser la pénétration de la solution ainsi que l'élimination des débris (68). Les oscillations sont comprises entre 25 et 30 kHz. Il existait des systèmes de préparation associant lime de mise en forme et irrigation ultrasonore. Ces limes ne sont plus utilisées pour la préparation car les effets iatrogènes au niveau du canal (perforation, stripping...) étaient trop nombreux. Elles sont maintenant uniquement utilisées pour l'irrigation ultrasonore dite irrigation passive ultrasonore, qui potentialise l'efficacité de la solution d'irrigation.

On distingue deux types d'irrigation ultrasonore (68) :

- continue qui implique l'apport en continu de solution d'irrigation
- intermittente, la plus répandue.

Elle consiste en l'activation d'une lime montée sur une pièce à main reliée à un générateur piézo-électrique (Fig 23). Les ultrasons génèrent un mouvement liquidien qui vient nettoyer les parois canalaire.



Figure 23: IrriSafe® (Satelec)

III.2.3 Irrigation active mécanisée

Classiquement, l'irrigation est réalisée à l'aide d'une seringue et d'une aiguille. Elle peut être complétée par des dispositifs d'activation décrits précédemment. Récemment, des dispositifs d'irrigation mécanisés ont vu le jour afin d'améliorer le débit et la circulation de la solution dans le réseau endo-canalair.

Ces systèmes peuvent être classés en 2 groupes:

- les systèmes utilisant la pression comme le RinsEndo® (Durr Dental)
- les systèmes utilisant la dépression comme l'EndoVac® (Discus Dental)

III.2.3.1 Dispositif utilisant la pression : Le RinsEndo® (Durr Dental) :



Figure 24 : RinsEndo®

Composé d'une pièce à main spécifique (Fig 24) que l'on connecte au cordon turbine de l'unit, il permet de délivrer la solution d'irrigation sous forme de flux et reflux de 65 microlitres grâce à la production d'impulsions à une fréquence de 1,6 Hz. Ce système affiche une efficacité limitée selon certaines études (15) et provoque une extrusion accrue de débris à l'apex (19).

III.2.3.2 Dispositif utilisant la dépression : l'Endo Vac® (Discus Dental)

Dans ce système, le flux d'irrigation est inversé. Le dispositif est composé d'une seringue qui apporte la solution d'irrigation dans la cavité d'accès et d'une tubulure qui est reliée à l'aspiration chirurgicale.

Cette tubulure est susceptible de recevoir deux types de canules :

- Une macro-canule de 0,55mm pour l'évacuation des gros débris au sein de la cavité d'accès et dans la portion coronaire du canal
- Une micro-canule (Fig 25) de 0,32mm de diamètre disponible en 25 ou 31 mm de long, à l'extrémité fermée mais perforée latéralement qui aspire les particules de 100 microns et crée le flux inversé.

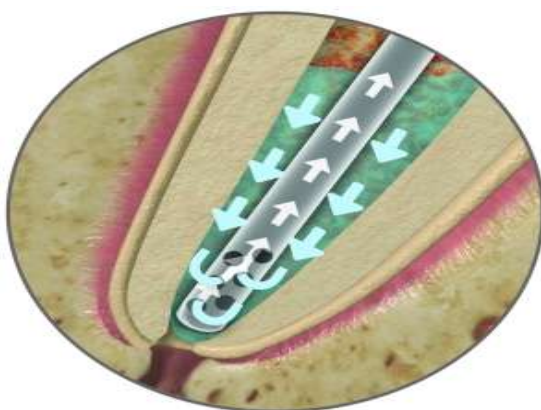


Figure 25 : Micro-canule de l'EndoVac®

La macro-canule est utilisée en premier lieu afin d'évacuer les gros débris et de prévenir l'obstruction des micro-pertuis de la micro-canule (Fig 25). C'est cette dernière qui permet véritablement le renouvellement de la solution dans le 1/3 apical par pression apicale négative.

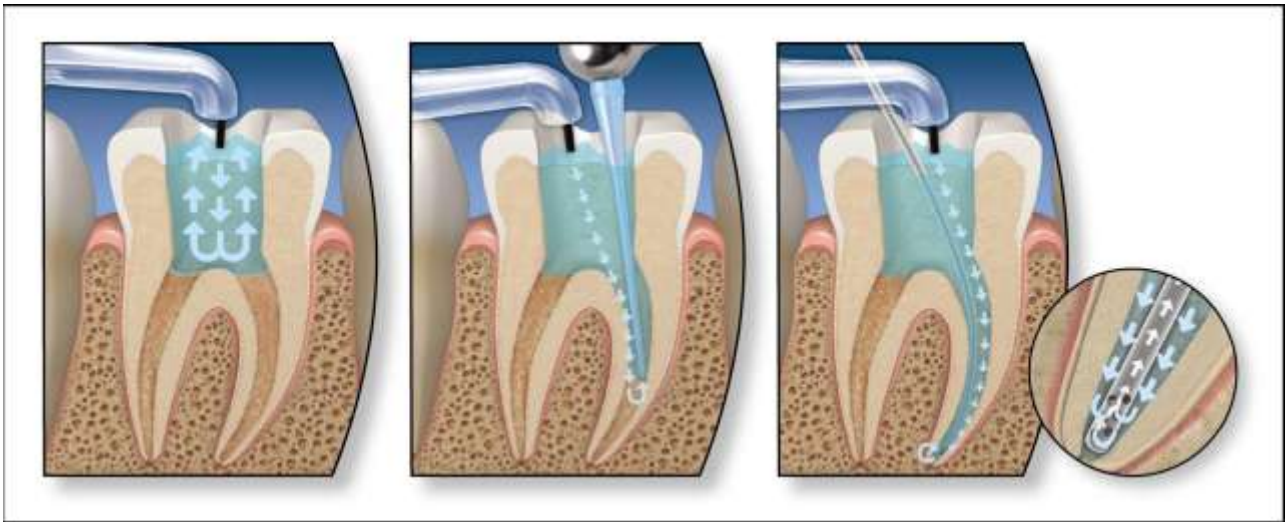


Figure 26 : Protocole d'utilisation de l'EndoVac®

L'Endovac® semble être un dispositif efficace et sûr. Son efficacité dans l'élimination de la boue dentinaire est équivalente aux ultrasons (28) et supérieure à l'irrigation passive à la seringue (2). L'extrusion de débris semble limitée en comparaison avec le Rinsendo®, ou l'irrigation manuelle active (19). En effet dans une étude récente de 2015, Iriboz et coll (30) ont comparé l'expulsion de solution lors de l'irrigation avec une seringue, le Self adjusting file® décrit ci-dessous, une activation ultrasonique et l'EndoVac®. Ils ont conclu que le risque d'expulsion était significativement diminué avec ce dernier.

Cependant, en 2014, une étude avait démontré que le SAF® extrudait moins de solution que les autres systèmes en général (32). L'efficacité et la iatrogénicité des systèmes d'activation sont opérateur-dépendant ce qui peut expliquer ces différences de résultat.

III.2.4 Le Self Adjusting file® (SAF®):

Cet instrument n'est rien d'autre qu'une lime de préparation (Fig 27) à laquelle on associe une irrigation continue. La lime SAF® est un cylindre creux et compressible en nickel-titane. Sa pointe est effilée et asymétrique. Elle existe en 2 diamètres (1,5 et 2 mm) et 3 longueurs (21, 25 et 31 mm) afin de répondre à tous les cas cliniques. Le système d'irrigation délivre la solution au sein de la lime à un débit de 5ml/min en moyenne. Les vibrations occasionnées lors de la préparation potentialisent l'efficacité de la solution favorisant le débridement de l'ensemble du réseau canalaire.



Figure 27 : La lime SAF®

Ce système d'irrigation semble relativement efficace. Cependant, cette lime ne peut être utilisée que lorsqu'une préparation du canal a été effectuée au préalable à un diamètre de 20/100 mm minimum.

Dans le tableau ci-dessous (tableau 2), sont résumées les principales caractéristiques des différents systèmes d'irrigation :

Tableau 2 : Tableau récapitulatif des caractéristiques des différents systèmes d'irrigation :

	Irrigation manuelle passive	Irrigation manuelle active	Seringue Vibringe®	Endoactivator®	Lime ultrasonore	Self Adjusting file®	Système RinsEndo®	Système EndoVac®
Concept	Système aiguille seringue : mouvement de va-et-vient	Agitation avec un cône de gutta percha	Seringue et activation sonique combinés	Activation sonique	Activation ultrasonique passive	Lime de préparation et activation sonique	Système utilisant la pression	Macro et micro canule utilisant la dépression
Fréquence		Environ 100 mouvements/min	2-3 kHz	1-6 kHz	25-30kHz	5000 vibrations/min		
Efficacité sur la smear layer	--(2,15,52)	++(15)	-(52)	-(15)	++(15,28,52)	± (résultats controversés)	+(15)	++(2,28)
Extrusion apicale	+(9,19)	+++ (9)	+(32)	-(19)	+(9,30,32)	± (résultats controversés) (30,32)	++(19)	--(19,30,32)

Deuxième partie : Étude comparative *ex vivo* de l'extrusion de débris apicaux lors de la préparation

I. OBJECTIF

Précédemment, nous avons pu voir dans la littérature que les douleurs post-opératoires pouvaient être causées par l'extrusion apicale de débris lors de la préparation endo-canalair.

Ce phénomène d'expulsion est directement lié à la dynamique instrumentale et au type d'instrument utilisé.

Cette étude *ex vivo* a pour objectif de comparer la susceptibilité du One Shape® et du Wave One® à extruder des débris au-delà du foramen apical.

II. MATERIELS ET METHODES

II.1 Sélection des dents

Des dents monoradiculées, incisives, canines et prémolaires, matures extraites ont été sélectionnées pour l'étude. Elles ont été stockées dans un flacon d'hypochlorite de sodium à 2.5 % jusqu'à la manipulation.

Chaque dent a été radiographiée dans le sens vestibulo-lingual et mésio-distal afin de s'assurer qu'elles ne présentent qu'un seul canal et un foramen unique.

Les dents présentant un angle de courbure supérieur à 20° selon la méthode de Schneider (54) ont été exclues de l'étude (Fig 28).



Figure 28 : Angle de courbure selon Schneider (54)

La perméabilité canalaire a été testée, les dents avec des apex calcifiés ou ouverts ont été écartées.

Soixante dents ont été retenues pour l'étude.

II.2 Préparation des échantillons

II.2.1 Préparation des dents

Chaque dent a été décoronnée afin d'obtenir une longueur de travail équivalente, entre 18 et 20 mm, et un repère stable tout au long de l'expérimentation.

La cavité d'accès a été réalisée à l'aide d'une fraise boule diamantée puis d'une Endo Z[®]. La longueur de travail a été mesurée avec une lime K 10/100 en l'introduisant jusqu'à l'apex anatomique et en retirant 1 millimètre.

Toutes les racines des dents sélectionnées ont été préalablement nettoyées aux ultrasons et un vernis a été appliqué le long de la racine, à l'exception des deux derniers millimètres, afin d'éviter la contamination par des débris non issus de la préparation

II.2.2 Répartition des dents

Les 60 dents ont été réparties au hasard en 3 groupes (n=20) :

- Groupe 1 : préparation avec le One Shape[®] (O)
- Groupe 2 : préparation avec le WaveOne[®] Primary (W)
- Groupe 3 : Préparation manuelle (groupe témoin)

II.2.3 Modèle expérimental

Pour notre expérimentation, nous nous sommes inspirés de la méthode de Myers et Montgomery (38). Pour cela, 60 flacons de prélèvement en plastique fermés par un bouchon vissé ont été percés à l'aide d'un fer à souder. La dent est introduite dans ce trou et doit être bien stable afin d'éviter toute mobilité lors de l'instrumentation. Afin de respecter l'équilibre des pressions internes et externes, il a été réalisé un trou dans le bouchon avec une aiguille préalablement chauffée (Fig 29).



Figure 29 : Flacon avec dent

Une feuille de papier adaptée à la morphologie du flacon a été placée tout autour afin de permettre la préhension sans risque de contamination des parois par les doigts, ce qui pourrait faire varier le poids final du flacon et ainsi fausser les résultats de l'étude (Fig 29). De plus il permet de cacher l'intérieur du flacon qui pourrait influencer la dynamique instrumentale de l'opérateur.

II.3 Pré-pesée des flacons

Avant instrumentation, chaque flacon est pesé trois fois sur une balance d'analyse en prenant soin de les déplacer à l'aide de la feuille de papier. La balance utilisée est le model Extend Sartorius® (Fig 30). Elle donne une précision de 10^{-4} .



Figure 30 : Balance Extend Sartorius®

Des flacons témoins ont été testés afin de voir leur comportement à l'étuve. Ces derniers après avoir passé 48h à 68 °C ont tendance à perdre 0,003 g. Cette perte a été prise en compte lors des résultats finaux.

II.4 Préparation canalaire

Chaque canal a été préparé avec un instrument neuf.

Lors de la préparation des 3 groupes, l'irrigation est effectuée à l'hypochlorite dilué à 2,5 % à une quantité totale de 10 ml par dent. La seringue d'irrigation utilisée a une capacité de 3 ml et l'aiguille a un diamètre externe de 0,35mm et une longueur de 25mm. C'est une aiguille ouverte à extrémité arrondie (Fig 31).

L'irrigation a été effectuée de manière passive, l'aiguille a été introduite dans le canal et des mouvements de va-et-vient ont été effectués.



Figure 31 : Association aiguille seringue

II.4.1 Groupe 1 : Protocole opératoire de préparation avec le One Shape®

Il est recommandé d'utiliser le One Shape® à une vitesse de 350-450 tours/minute et à un torque de 2,5 N/cm. Il est donc possible d'utiliser un moteur d'endodontie classique ou sur le fauteuil associé à un contre-angle réducteur double bague verte.

Dans notre étude, la mise en forme est effectuée avec un contre angle réducteur Ax's Endo 08 MICRO-MEGA à 400 tours/minute (Fig 32).



Figure 32 : Contre angle Ax's Endo 08 MICROMEGA

Après avoir pesé 3 fois le flacon vide, les premiers millimètres de la racine sont élargis à l'aide de l'Endoflare[®] à 600 tours/minute puis la dent est cathétérisée à l'aide d'une lime 10/100 jusqu'à la longueur de travail.

2 ml de solution d'irrigation sont ensuite introduits dans le canal par mouvements de va-et-vient.

Le One shape[®] est introduit en 3 fois jusqu'à la longueur de travail selon la dynamique recommandée par le fabricant :

- Pénétrer le canal avec le One Shape[®] jusqu'au 2/3 de la LT en effectuant des mouvements de va-et-vient sans pression en réalisant, lors de la remontée, un « broissage » pariétal.

En cas de résistance ou d'aspiration, la préparation est arrêtée et l'instrument retiré et nettoyé.

Après chaque passage de l'instrument, celui-ci est nettoyé pour éviter la formation de bouchons apicaux, et le canal est irrigué abondamment. La perméabilité canalaire est vérifiée à l'aide d'une lime 10/100. L'inspection de l'instrument après chaque passage est effectuée : tout instrument présentant un quelconque signe de dévissage, fatigue ou usure prématurée est jeté.

- Réintroduire le One Shape[®] toujours avec la même dynamique instrumentale jusqu'à LT-3mm

- Puis, passer le One Shape[®] jusqu'à la LT toujours avec ces mouvements de va-et-vient et ce brossage pariétal.

Entre chaque passage, une quantité de 2ml d'hypochlorite est apportée dans le canal. L'irrigation terminale est de 3 ml.

Pour finir, la racine est rincée à l'aide de 1ml de solution d'irrigation au-dessus du flacon afin de récupérer les derniers débris adhérant à l'apex.

II.4.2 Groupe 2 : Protocole opératoire de préparation avec le Wave One[®]

L'utilisation d'un moteur spécifique est nécessaire pour la dynamique de réciprocité. Pour l'étude nous avons utilisé le moteur Wave•One™ motor[®] (Dentsply-Maillefer) dans le mode Wave One All qui est un mouvement de réciprocité (Fig 33).



Figure 33 : Moteur Wave•One™ motor[®] (Dentsply-Maillefer)

Les premiers millimètres de l'entrée canalaire sont élargis avec l'Endoflare[®]. Le canal est cathétérisé à la lime K 10# jusqu'à la longueur de travail avant l'instrumentation mécanisée.

La longueur de travail est atteinte en 3 fois selon la dynamique conseillée par le fabricant :

- La lime est introduite par picotage apical, un mouvement de va-et-vient vertical d'amplitude 3 mm est effectué jusqu'à atteindre en 3 fois la longueur de travail. Le canal est irrigué puis une lime de récapitulation de #10 est passée afin d'éviter la formation de bouchon.

Entre chaque passage l'instrument est nettoyé et vérifié afin de détecter une altération précoce. Toute lime usée prématurément est jetée.

Entre chaque étape, le canal est irrigué de 2 ml d'hypochlorite à 2,5 %. L'irrigation terminale et le rinçage de la racine sont semblables à la description préalable du One Shape[®].

II.4.3 Groupe 3 : Protocole opératoire de préparation manuelle

Elle consiste en une succession de passage de lime K puis H de diamètre croissant après pré élargissement coronaire à l'Endoflare[®] à 600 tours/minute.

La lime K est introduite dans le canal par des mouvements de rotation $\frac{1}{4}$ de tour horaire $\frac{1}{8}$ de tour anti-horaire et la lime H par des mouvements de brossage des parois canalaire jusqu'à la LT. Entre chaque instrument, 1 ml de solution d'hypochlorite de sodium est déposé dans le canal, 1ml sert au rinçage final de la racine. La fin de la préparation est atteinte lorsque la lime H #25 est introduite dans le canal sans résistance.

L'irrigation terminale est de 1ml et la racine est rincée comme dans les groupes précédents.

II.5 Post-pesée des flacons

Après préparation des 3 groupes, les 60 flacons sont placés à l'étuve à 68 °C pendant 48h afin qu'au bout des 2 jours, la solution d'irrigation soit complètement évaporée et qu'il ne reste plus que les débris extrudés lors de l'instrumentation (Fig 34).



Figure 34 : Etuve

Les flacons sont ensuite pesés 3 fois de la même manière qu'avant l'instrumentation. A chaque résultat obtenu, nous avons ajouté de manière arbitraire 0,003g afin de pallier la diminution du poids des flacons lors de leur passage à l'étuve.

Les poids des pots vides avant et après passage à l'étuve ont été comparés afin de voir la quantité de débris extrudée lors de la préparation endocanalaire.

II.6 Analyse statistique

Dans un premier temps, comme les échantillons comparés étaient inférieurs à 30 ($n=20$), une analyse descriptive a été effectuée afin de vérifier la distribution et la reproductibilité des échantillons avec un test de Lillifors ($p<0.05$) et Kruskal Wallis ($p<0.05$) respectivement.

Dans une deuxième analyse, nous avons comparé les différences des mesures des 3 groupes afin de déterminer s'il existait une différence significative entre les 3 échantillons par l'utilisation d'un test Kruskal Wallis ($p<0.05$).

Pour finir nous avons effectué une comparaison paire par paire pour déterminer quelle technique extrude le moins de débris par rapport à une autre grâce à 2 tests afin de s'assurer de la fiabilité des résultats : un test Bonferroni ($p<0,05$) et un test de Fischer ($p<0,05$).

III. RESULTATS

III.1 Analyse descriptive et de reproductibilité

L'analyse descriptive et de reproductibilité des variables nous permettent de conclure que les mesures sont reproductibles dans les 3 groupes. Il est donc possible de les utiliser pour l'analyse de comparaison.

III.2 Analyse des 3 techniques

Le test de Lillifors sur l'ensemble des valeurs DIFF (n=180) montre que les variables n'ont pas une distribution normale ($p=0.000$). Le test utilisé pour comparer l'extrusion dans les 3 techniques sera donc un : Kruskal Wallis (ANOVA non paramétrique).

Il y a une différence significative entre les 3 techniques (Kruskal Wallis, $p = 0.000$)

	Moyenne avant	SD	Moyenne après	SD
Groupe 1 : One Shape[®]	7,343	0,156	7,346	0,156
Groupe 2 : Wave One[®]	7,304	0,143	7,310	0,142
Groupe 3 : Manuelle	7,434	0,159	7,437	0,159

Figure 35 : Quantité de débris en g extrudée après instrumentation

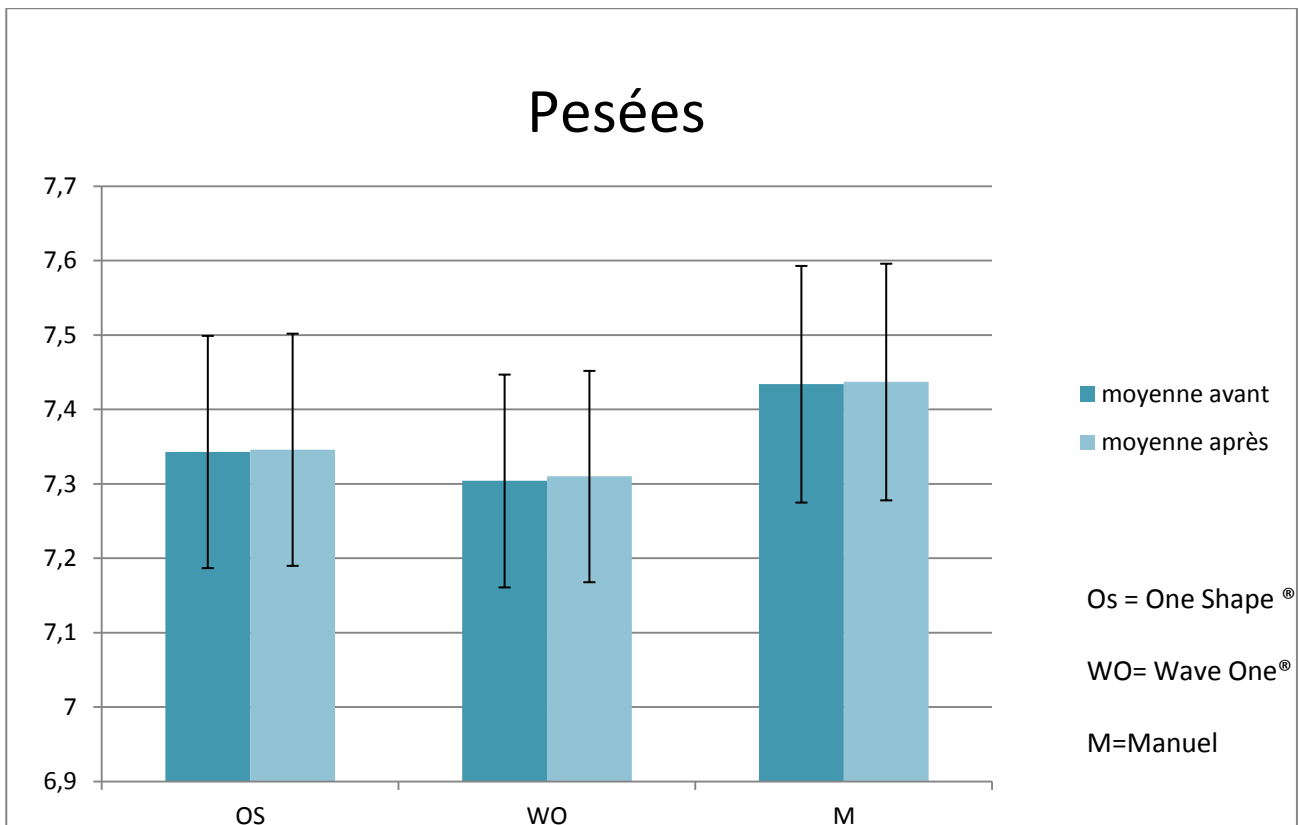


Figure 36 : Pesées

III.2.1 Comparaison paire par paire

- Ajustement de Bonferroni

	One Shape®	Wave One®	Manuelle
One Shape®	1.000		
Wave One®	0.000	1.000	
Manuelle	1.000	0.000	1.000

- **Test de Fisher's Least-Significant-Difference**

	One Shape [®]	Wave One [®]	Manuelle
One Shape [®]	1.000		
Wave One [®]	0.000	1.000	
Manuelle	0.892	0.000	1.000

Les tests de comparaisons montrent qu'il existe une **différence significative entre Wave One[®] et One Shape[®]** ($p = 0.000$), **entre Wave One[®] et la technique Manuelle** ($p = 0.000$), mais il n'y a pas de différence entre One Shape et la technique Manuelle ($p = 0.892$).

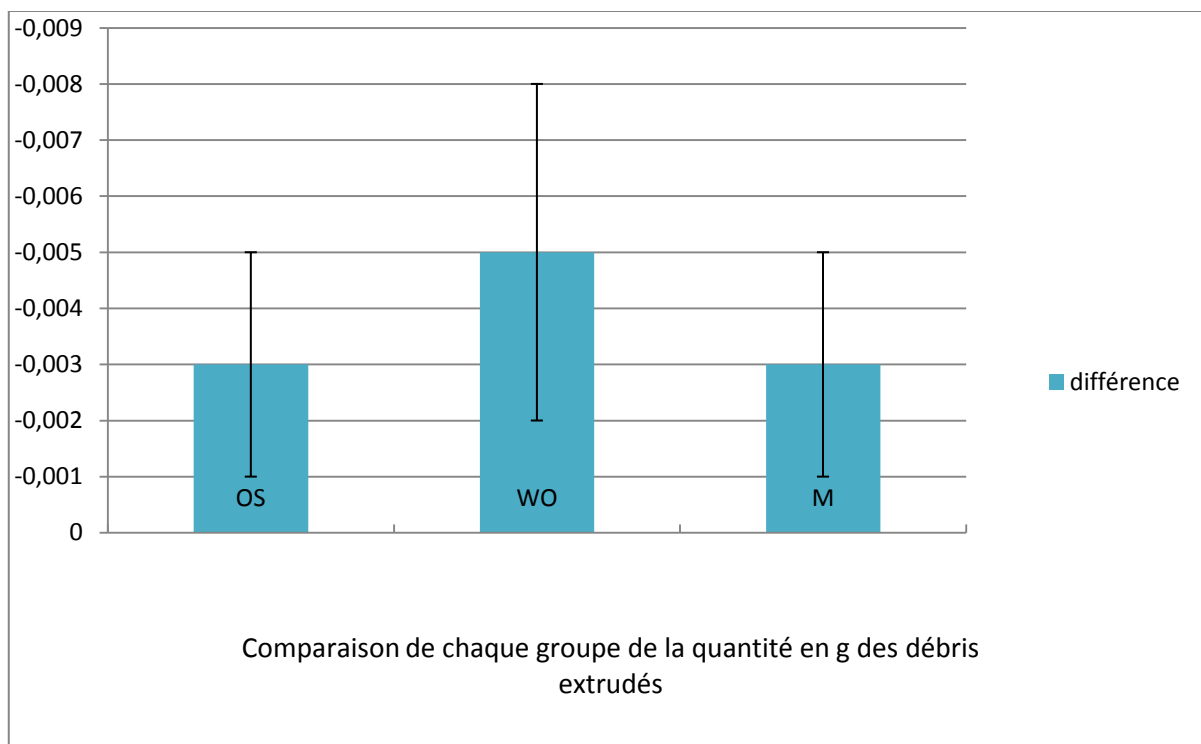


Figure 37 : Comparaison paire par paire

Nous pouvons conclure que le One Shape[®] expulse significativement moins de débris que le Wave One[®] lors de l'étape de mise en forme.

IV. DISCUSSION

Cette étude a pour objectif d'évaluer la quantité de débris extrudés entre 3 techniques : 2 instruments uniques et la technique manuelle qui sert de témoin. Ces instruments diffèrent par leur design et leur dynamique instrumentale. Ces propriétés peuvent influencer la quantité de débris expulsée à l'apex de la dent. Les résultats obtenus montrent que tous les instruments testés dans l'étude causent une extrusion apicale de débris. Cependant la quantité est moins importante lors de la préparation avec le One Shape® qu'avec le Wave One® ce qui confirme les résultats retrouvés dans la littérature (34,39).

Afin d'éviter les biais liés à la complexité anatomique, les dents retenues pour notre étude ont fait l'objet d'une sélection stricte (monocanalaire, apex mature, courbure inférieure à 20°...) Elles ont été disposées en 3 groupes de manière aléatoire.

Un seul et unique manipulateur a opéré à l'aveugle. Les tubes ont soigneusement été entourés de papier pour ne pas influencer l'opérateur lors de la préparation. Les longueurs de travail ont été mesurées avant instrumentation à une distance de 1 mm de l'apex anatomique. En effet plusieurs études ont comparé la quantité de débris extrudés avec une instrumentation à l'apex et une instrumentation à apex-1 mm et ont conclu que l'extrusion était moins importante à la longueur apex-1mm (5,38).

L'irrigation a été effectuée avec toutes les précautions élémentaires. L'aiguille n'a pas été insérée au delà des 2 derniers mm de la racine. Ces dispositions permettent d'écarter les biais liés à la technique d'irrigation. Cependant certains auteurs écrivent que l'utilisation de l'hypochlorite peut fausser les résultats car lors de l'évaporation du liquide, des cristaux de sodium peuvent modifier le poids des débris (61). Nous avons tout de même conservé cette solution d'irrigation afin de nous rapprocher le plus possible de la situation clinique.

Malgré le faible nombre d'étude sur le One Shape® par rapport au Wave One®, nos résultats sont en concordance avec ceux décrits dans la littérature ces dernières années (12,34,39,61) à l'exception de la comparaison entre le One Shape et les limes manuelles pour lesquelles la

différence n'était pas significative. Certains auteurs mettent en évidence une augmentation significative des débris expulsés à l'apex lors d'une préparation manuelle step back par rapport à l'utilisation du One Shape® (technique crown down). En effet dans la préparation manuelle, les limes agissent en piston et favorisent ainsi l'extrusion de débris (5,35). De plus, la faible préparation apicale lié à la faible conicité des limes manuelles limite la possibilité aux débris de remonter correctement coronairement lors de l'instrumentation (35).

Notre étude ne permet pas de préciser si c'est la dynamique instrumentale et/ou le design de la lime (à face décalée pour le One Shape®) qui limite l'expulsion des débris lors de la préparation mécanisée. Cependant, plusieurs études menées par Bürklein, permettent d'affirmer que les 2 paramètres jouent un rôle dans l'apparition de flambée inflammatoire post-opératoire. L'une, qui compare 2 instruments avec une section transversale triangulaire (ProTaper® et Wave One®) en rotation continue et réciprocité respectivement et 2 autres de limes (le Mtwo® et Reciproc®) qui ont une section transversale en S (13), laisse à penser que le design de la lime a une d'influence sur la remontée des débris en direction apicale évitant la formation de bouchon et de compactage apical. Les instruments présentant une section transversale triangulaire assurent un meilleur débridement radiculaire (13). Toutefois, cette étude ne permet pas de conclure sur l'extrusion apicale de débris. La seconde étude permet d'affirmer que c'est probablement la cinématique de réciprocité qui favorise le plus l'extrusion apicale et que le design particulier de la lime du One Shape® utilisé en rotation continue (en comparaison avec le F360® KOMET qui possède une section transversale en S) permet de limiter encore plus l'expulsion apicale de résidus (12). De nombreuses études soulignent que cette dynamique de réciprocité augmente en plus la formation et l'accumulation de débris et de smear layer (13,14,16,50).

Quelques travaux récents, étudiant l'impact du pré-élargissement rotatif, permettent d'affirmer qu'il favorise la progression des limes de préparation (3) et améliorerait la remontée des débris (44). Cependant, la littérature ne permet pas de conclure sur l'association pré-élargissement mécanisé/ instruments uniques sur l'extrusion de débris en raison du trop faible nombre d'études. De plus selon les publications actuelles, le nombre de limes utilisées lors de la mise en forme n'a aucun impact sur la quantité de débris extrudée (16). L'étude de l'influence du pré-élargissement rotatif sur l'extrusion de débris est un sujet à développer dans de futurs travaux.

D'autres facteurs cliniques, indépendants de la technique d'instrumentation peuvent influencer sur l'extrusion de débris et n'ont pas pu être simulés dans cette étude. En effet, la barrière naturelle apicale liée à la santé des tissus péri-apicaux est difficile à simuler (53). Il est vrai que le traitement d'une dent à pulpe vitale et celui d'une dent nécrosée associées à une lésion péri-apicale d'origine endodontique ne présente pas les mêmes similitudes au niveau de la composition de la région péri-apicale. En présence de la pulpe et d'aucune lésion au niveau de l'apex, l'extrusion apicale se trouve alors limitée (53). Il est donc difficile d'extrapoler, sur la base des résultats de notre étude, les conséquences cliniques sans considérer l'environnement biologique de la dent. Cependant la plus faible extrusion apicale de débris provoqué par le One Shape® pourrait impliquer une plus faible susceptibilité à provoquer des flambées infectieuses ou inflammatoires.

Pour conclure, selon notre étude et la littérature, le One Shape® limite l'extrusion de débris lors de la préparation apicale tout en assurant la même qualité de nettoyage que le Wave One® (40).

CONCLUSION

Le flare-up est un phénomène dont les étiologies principales sont l'extrusion apicale de débris et de micro-organismes lors de l'instrumentation et/ou l'irrigation.

Développés récemment, les instruments uniques de mise en forme canalaire assurent un nettoyage mécanique par un protocole simple lié à l'utilisation d'un seul instrument, en toute sécurité, le risque de fracture étant limité par son usage unique. Tout ceci aboutit à une préparation endocanaire qui respecte les principes mécaniques de mise en forme en peu de temps ce qui permet d'optimiser le temps d'action des solutions d'irrigation. Cependant cette modification de mise en forme avec un seul instrument implique-t-elle ou non une diminution de l'extrusion des débris par rapport à une technique manuelle ?

Notre étude expérimentale permet de montrer que le One Shape[®] expulse significativement moins de débris que le Wave One[®] lors de la mise en forme. Cette diminution serait principalement liée à la différence de dynamique instrumentale, l'un en rotation continue l'autre en réciprocité. Ces résultats concordent avec ceux retrouvés dans la littérature actuelle. La rotation continue semble être la dynamique de choix afin d'assurer un débridement de qualité tout en limitant le risque d'extrusion apicale de débris. De plus, même si la différence avec la technique manuelle n'est pas significative, le One Shape[®] provoque moins d'extrusion, mais ces résultats obtenus *ex vivo* ne peuvent pas être pour l'instant transposés cliniquement.

Depuis quelques années, de nouveaux instruments de pré-élargissement en nickel-titane en rotation continue ont été commercialisés afin de compléter l'action des limes manuelles. De nombreuses études ont mis en évidence un avantage lors de l'utilisation de ces limes, avant d'instrumenter avec des limes de préparation, pour la négociation de canaux courbes. Elles permettent un meilleur respect de la trajectoire canalaire. En revanche, aucune étude n'a été menée sur leur susceptibilité à expulser des débris à l'apex des dents. Il serait intéressant de développer ce sujet dans de futurs travaux.

Bibliographie:

1. AASIM SA, MELLOR AC et QUALTROUGH JE.

The effect of pre-soaking and time in the ultrasonic cleaner on the cleanliness of sterilized endodontic files.

Int Endod J 2006;39(2):143-149.

2. ABARAJITHAN M, DHAM S, VELMURUGAN N et coll.

Comparison of endovac irrigation system with conventional irrigation for removal of intracanal smear layer : an in vitro study.

Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol 2011;112:407-411.

3. AJUZ N C C, ARMADA L , GONZALES LS et coll.

Glide path preparation in s-shaped canal with rotary pathfinding nickel-titanium instruments.

J Endod 2013;39(4):534-537.

4. AL-HADLAQ SMS, ALJARBOU FA et ALTHUMAIRY RI.

Evaluation of cyclic flexural fatigue of M-Wire nickel-titanium rotary instruments.

J Endod 2010;36(2):305-307.

5. BEESON T J, HARTWELL G R, THORNTON J D et GUNSOLLY J C.

Comparison of debris extruded apically in straight canals: conventional filing versus profile .04 taper series 29.

J Endod 1998;24(1):18-22.

6. BERRUTI E, ANGELINI E, RIGOLONE M et coll.

Influence of sodium hypochlorite on fracture properties and corrosion of protaper rotary instruments.

Int Endod J 2006;39(9):693-699.

7. BERUTTI E, CHIANDUSSI G, PAOLINO DS et coll.

Effect of canal length and curvature on working length alteration with WaveOne reciprocating files.

J Endod 2011;37(12):1687-1690.

8. BOUTSIOUKIS C, LAMBIANIDIS T et KASTRINAKIS E.

Irrigant flow within a prepared root canal using various flow rates : a computational fluid dynamics study.

Int Endod J 2009;42:144-155.

9. BOUTSIOUKI C, PSIMMA Z et KASTRINAKIS E.

The effect of flow rate and agitation technique on irrigant extrusion ex vivo.

Int Endod J 2014;47(5):487-496.

10. BOUTSIOUKIS C, VERHAAGEN B, VERSLUIS M et coll.

Evaluation of irrigant flow in the root canal using different needle types by an unsteady computational fluid dynamics model.

J Endod 2010;36(5):875-879.

- 11. BUI TB, MITCHELL JC et BAUMGARTNER JC.**
Effect of electropolishing profile nickel-titanium rotary instruments on cyclic fatigue resistance, torsional resistance, and cutting efficiency.
J Endod 2008;34(2):190-193.
- 12. BURKLEIN S, BENTEN S et SCHAFER E.**
Quantitative evaluation of apically extruded debris with different single-file systems : Reciproc, F360 and OneShape versus Mtwo.
Int Endod J 2014;47(4):405-409.
- 13. BURKLEIN S, HINSCHITZA K, DAMMASCHKE T et SCHAFER E.**
Shaping ability and cleaning effectiveness of two single file systems in severely curved root canals of extracted teeth: Reciproc and WaveOne versus Mtwo and Protaper.
Int Endod J 2012;45(5):449-461.
- 14. BURKLEIN S et SCHAFER E.1**
Apically extruded debris with reciprocating single file and full-sequence rotary instrumentation systems.
J Endod 2012;38(6):850-852.
- 15. CARON G, NHAM K, BRONNEC F et MACTHOU P.**
Effectiveness of different final irrigant activation protocols on smear layer removal in curved canals.
J Endod 2010;36(8):1361-1366.
- 16. CAVIEDES-BUCHELI J, CASTELLANOS F, VASQUEZ N et coll.**
The influence of two reciprocating single-file and two rotary-file systems on the apical extrusion of debris and its biological relationship with symptomatic apical periodontitis. A systematic review and meta-analysis.
Int Endod J 2015;[Epub ahead of print]
- 17. CLAISSE-CRINQUETTE A.**
Pharmacologie endodontique (I) : Les irrigants.
Encyl Méd Chir (Paris), Médecine buccale, 28-720-X-10,2011.
- 18. CONDORELLI GG, BONACCORSO A, SMECCA E et coll.**
Improvement of the fatigue resistance of NiTi endodontic files by surface and bulck modifications.
Int Endod J 2010;43(10):866-873.
- 19. DESAI P et HIMEL V.**
Comparative safety of various intracanal irrigation systems.
J Endod 2009;35(4):545-549.

- 20. DIEMER F, MICHETTI J, MALLET JP et PIQUET R.**
Effect of asymmetry on behavior of prototype rotary triple helix root canal instruments.
J Endod 2013;39(6):829-832.
- 21. GAMBARINI G, GEROSA R, DE LUCA M et coll.**
Mechanical properties of new and improved nickel-titanium alloy for endodontic use : an evaluation of file flexibility.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol 2008;105(6):798-800.
- 22. GAMBARINI G, GRANDE NM, PLOTINO G et coll.**
Fatigue resistance of engine-driven rotary nickel-titanium instruments produced by new manufacturing methods.
J Endod 2008;34(8):1003-1005.
- 23. GU LS, KIM JR, LING J et coll.**
Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices.
J Endod 2009;35(6):791-804.
- 24. GUIVARC4H M, SOLER T, PEREZ F et BUKIET F**
Mise en forme canalaire et irrigation.
Réal Clin 2014;25(1):49-60.
- 25. GUTMANN JL et GAO Y.**
Alteration in the inherent metallic and surface properties of nickel-*titanium root canal instruments to enhance performance, durability and safety: focus review.
Int Endod J 2012;45(2):113-128.
- 26. HAUMAN C H J et LOVE R M**
Biocompatibility of dental materials used in contemporary endodontic therapy: a review. Part 1. Intracanal drugs and substances.
Int Endod J 2003;36:75-85.
- 27. HEROLD KS, JOHNSON BR et WENCKUS CS.**
A scanning electron microscopy evaluation of microfractures, deformation and separation in endosequence and profile nickel-titanium rotary files using an extracted molar tooth model.
J Endod 2007;33(6):712-714.
- 28. HOWARD R K, KIRPATRICK T C, RUTLEDGE R E et YACCINO J M**
Comparison of debris removal with three different irrigation techniques.
J Endod 2011;37(9):1301-1305.
- 29. IQBAL M, KURTZ E et KOHLI M.**
Incidence and factors related to flare-ups in a graduate endodontic programme.
Int Endod J 2009;42(2):99-104.
- 30. IRIBOZ E, BAYRAKTAR K, TURKAYDIN D et TARCIN B.**
Comparison of apical extrusion of sodium hypochlorite using 4 different root canal irrigation techniques.
J Endod 2015;41(3):380-384.

- 31. JOHNSON M, SIDOW SD, LOONEY SW et coll.**
Canal and isthmus debridement efficacy using a sonic irrigation technique in a closed-canal system.
J Endod 2012;38(9):1265-1268.
- 32. KARATAS E, OZSU D, ARSLAN H et ERDOGAN AS.**
Comparison of the effect of nonactivated self-adjusting-file system, Vibringe, EndoVac , ultrasonic and needle irrigation on apical extrusion of debris.
Int endod J 2015;48(4) :317-322.
- 33. KIM HC, KWACK SW, CHEUNG GSP et coll.**
Cyclic fatigue and torsional resistance of two new nickel-titanium instruments used reciprocation motion : Reciproc versus WaveOne.
J Endod 2012;38(4):541-544.
- 34. KUCUKYILMAZ E, SAVAS S , SAYGILI G et UY SAL B.**
Assessment of apically extruded debris and irrigant produced by different nickel-titanium instrument systems.
Braz Oral Res 2015;29(1):1-6.
- 35. KUSTARCI A, AKDEMIR N, SISO SH et ALTUNBAS D.**
Apical extrusion of intracanal debris using two engine driven and step-back instrumentation techniques: an in vitro study.
Eur J Dent 2008;2(4):233-239.
- 36. MARTIN B, ZELADA G, VARELA P et coll.**
Factors influencing the fracture of nickel-titanium rotary instruments.
Int Endod J 2003(4);36:262-266.
- 37. MUNOZ E, FORNER L et LLENA C.**
Influence of operator's experience on root canal shaping ability with a rotary nickel-titanium single-file reciprocating motion system.
J Endod 2014;40(4):547-550.
- 38. MYERS GL et MONTGOMERY.**
A comparison of weights of debris extruded apically by conventional filing and canal mastertechniques.
J Endod 1991; 17(6):275-279.
- 39. NAYAK G, SINGH I, SHETTY S et DAHIYA S.**
Evaluation of apical extrusion of debris and irrigant iusing two new reciprocating and one continuous rotation single file systems.
JDT 2014;11(3): 302-309.
- 40. NABESHIMA C K, CABALLERO-FLORES H, CAI S et coll.**
Bacterial removal promoted by 2 single-file systems: Wave One and One Shape.
J Endod 2014;40(12):1995-1998.

- 41. O'HOY PYY, MESSER HH et PALAMARA JEA.**
The effect of cleaning procedures on fracture properties and corrosion of Ni-Ti files.
Int Endod J 2003(11);36:724-732.
- 42. OLIVEIRA ALVES V.**
Endodontic flare-ups: a prospective study.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol 2010;110:e68-e72.
- 43. PARIROKH M, JALALI S, HAGHDOOST AA et ABBOTT PV.**
Comparison of the effect of various irrigants apically extruded debris after root canal preparation.
J Endod 2012;38(2):196-199.
- 44. PASQUALINI D, MOLLO L, SCOTTI N et coll.**
Postoperative pain after manual and mechanical glide path : a randomized clinical trial.
J Endod 2012;38(1):32-36.
- 45. PETERS OA.**
Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems : A review.
J Endod 2004;30(8):559-567.
- 46. RAPISARDA E, BONACCORSO A et TRIPI TR.**
Wear of nickel-titanium endodontic instruments evaluated by scanning electron microscopy: effect of ion implantation.
J Endod 2001;27(9):588-592.
- 47. RAPISARDA E, BONACCORSO A, TRIPI TR et coll.**
The effect of surface treatments of nickel-titanium files on wear and cutting efficiency.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol 2000;89:363-368.
- 48. RIITANO F.**
Anatomic endodontic technology (AET) – a crown-down root canal preparation technique : basic concepts, operative procedure and instruments.
Int Endod J 2005(8);38:575-587.
- 49. ROANE JB, SABALA CL et DUNCANSON MG.**
The « balanced force » concept for instrumentation of curved canals.
J Endod 1985;11(5):203-211.
- 50. ROBINSON JP, LUMLEY PJ, COOPER PR et coll.**
Reciprocating root canal technique induces greater debris accumulation than continuous rotary technique as assessed by 3-dimensional micro-computed tomography.
J Endod 2013;39(8):1067-1070.
- 51. ROCAS IN et SIQUEIRA JF.**
Comparison of the in vivo antimicrobial effectiveness of sodium hypochlorite and chlorhexidine used as root canal irrigants : a molecular microbiology study.
J Endod 2011;37(2):143-150.

- 52. RODIG T, BOZKURT M, KONIESCHKE F et HULSMANN M.**
Comparison of Vibringe system with syringe and passive ultrasonic irrigation in removing debris from simulated root canal irregularities.
J Endod 2010;36(8):1410-1413.
- 53. SALZGEBER M et BRILLIANTD J.**
An in vivo evaluation of the penetration of an irrigating solution, in root canals.
J Endod 1977;3(10):394-398.
- 54. SCHNEIDER SW.**
A comparison of canal preparations in straight and curved canals.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol 1971; 32: 271-275.
- 55. SEDGLEY CM, NAGEL AC et APPEGATE B.**
Influence of irrigant needle depth in removing bioluminescent bacteria inoculated into instrumented root canals using real-time imaging in vitro.
Int Endod J 2005;38:97-104.
- 56. SELTZER S et J.NAIDORF I.**
Flare-ups in endodontics : I.Etiological factors.
J Endod 1985; 11(11) : 472-478.
- 57. SIPAVICIUTE E et MANELIENE R.**
Pain and flare-up after endodontic treatment procedures.
Stomatologija 2014;16(1):25-30.
- 58. SIQUEIRA JF.**
Microbial causes of endodontic flare-ups.
Int Endod J 2003;36(2):453-463.
- 59. SONNTAG D, DELSCHEN S et STACHNISS V.**
Root-canal shaping with manual and rotary Ni-Ti files performed by students.
Int Endod J 2003;36:715-723.
- 60. SONNTAG D, OVE A.**
Effect of prion decontamination protocols on nickel-titanium rotary surfaces.
J Endod 2007;33(4):442-446.
- 61. TANALP J et GUNGOR T .**
Apical extrusion of debris: a literature review of an inherent occurrence during root canal treatments.
Int Endod J 2014;47(3):211-221.
- 62. THOMPSON SA.**
An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry.
Int Endod J 2000;33:297-310.

- 63. TINAZ AC, ALACAM T, UZUN O et coll.**
The effect of disruption of apical constriction on periapical extrusion.
J Endod 2005;31(7):533-535.
- 64. TINOCO JM, DE-DEUS G, TINOCO M.B et coll.**
Apical extrusion of bacteria when using reciprocating single-file and rotary multifele instrumentation systems.
Int Endod J 2014;47(6):560-566.
- 65. TOPUZ O, AYDIN C, UZUN O et coll.**
Structural effects of sodium hypochlorite solution on RaCe rotary nickel-titanium instruments : an atomic force microscopy study.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol 2008;105:661-665.
- 66. TESIS I, FAIVISHEVSKY V, FUSS Z et ZUKERMAN O.**
Flare-ups after endodontic treatment : a meta-analysis of literature.
J Endod 2008;34(10):1177-1181.
- 67. VALOIS CRA, SYLVA LP et AZEVEDO RB.**
Multiple autoclave cycles affect the surface of rotary nickel-titanium files : An atomic force microscopy study.
J Endod 2008;34(7):859-862.
- 68. VAN DER SLUIS LWM, VERLUIJS M et WESSELINK PR.**
Passive ultrasonic irrigation of root canal : a review of literature.
Int Endod J 2007;40(6):415-426.
- 69. VERTUCCI FJ.**
Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures.
Endod Topics 2005;10:3-29.
- 70. WALTON R et FOUAD A.**
Endodontic interappointment flare-ups: a prospective study of incidence and related factor.
J Endod 1992;18(4):172-177.
- 71. YARED G.**
Canal preparation using only one Ni-Ti rotary instrument : preliminary observations.
Int Endod J 2008;41(4):339-344.
- 72. YE J et GAO Y.**
Metallurgical characterization of M-Wire nickel-titanium shape memory alloy used for endodontic rotary instruments during low-cycle fatigue.
J Endod 2012;38(1):105-107.
- 73. YETER KY, EVCIL MS et ERSOY I.**
Weight of apically extruded debris following use of two canal instrumentation techniques and two designs of irrigation needles.
Int Endod J 2013;46(9):795-799.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

<p>Figure 1 : Déséquilibre lors de l'extrusion de micro-organismes (58)</p>	<p>Page 16</p>
<p>Figure 2 : Facteurs influençant l'intensité de la réponse inflammatoire (58)</p>	<p>Page 17</p>
<p>Figure 3 : Complexité du réseau endodontique (69)</p>	<p>Page 20</p>
<p>Figure 4 : Limes K (document MicroMéga - www.micro-mega.com)</p>	<p>Page 23</p>
<p>Figure 5 : Avantages de l'instrument unique. (Document F Bukiet)</p>	<p>Page 28</p>
<p>Figure 6 : Lime avec débris de Ca(OH)_2 après 5 min de bain aux ultrasons (1)</p>	<p>Page 28</p>
<p>Figure 7 : (a) Instrument Ni-Ti après avoir été immergé 5 min à 50°C dans de l'hypochlorite à 5%. Altération des arêtes de coupe et surface. (b) Élargissement de la zone altérée (6)</p>	<p>Page 29</p>
<p>Figure 8 : One Shape® « new generation » (document MicroMéga par F.PEREZ)</p>	<p>Page 30</p>
<p>Figure 9 : Section transversale One Shape® (document MicroMéga par F.PEREZ)</p>	<p>Page 31</p>

Figure 10 : Limes de finition apicale (document MicroMéga par F.PEREZ)	Page 32
Figure 11 : Section transversale du Wave One®(Dentsply-Maillefer – brochure)	Page 33
Figure 12 : 3 tailles de Wave One® (Dentsply-Maillefer – brochure)	Page 34
Figure 13 : Conditionnement sous blister stérile du Wave One® (Dentsply-Maillefer – brochure)	Page 35
Figure 14 : Moteur X Smart Plus® (à gauche) et VDW-G 2Moteur X Smart Plus® (à gauche) et VDW-Gold® (à droite)	Page 35
Figure 15 : Hypochlorite de sodium dilué à 2,5% (Dentsply – www.gacd.fr)	Page 39
Figure 16 : EDTA gel utilisé pendant l'instrumentation (www.i-dental.it)	Page 40
Figure 17 : Salvizol® EDTA liquide 8 % pour l'irrigation terminale (www.ecm.univ-rennes1.fr)	Page 40
Figure 18 : Solution d'irrigation à la chlorhexidine à 2% (www.dentala2z.co.uk)	Page 41

Figure 19 : Classification des dynamiques d'irrigation selon Li-sha Gu et coll (23)	Page 42
Figure 20 : Différents types d'aiguille (19)	Page 44
Figure 21 : Endoactivator® (Dentsply-Maillefer - www.dentiss.com/www.gacd.fr)	Page 46
Figure 22 : Seringue Vibringe® (Dentsply-Maillefer – www.kanaal.nvve.com)	Page 47
Figure 23 : IrriSafe® (Satelec – www.kdm-online.de)	Page 48
Figure 24 : RinsEndo® (Dürr Dental - www.durrdental.com)	Page 49
Figure 25 : Micro-canule de l'EndoVac® (Sybron endo – www.sybronendo.com)	Page 50
Figure 26 : Protocole d'utilisation de l'EndoVac® (Sybron endo – www.sybronendo.com)	Page 51
Figure 27 : La lime SAF® (RedentNova - www.en.zerodonto.com)	Page 52

Figure 28 : Angle de courbure selon Schneider (54) (www.lecourrierdudentiste.com)	Page 55
Figure 29 : Flacon avec dent (Réalisée au LIOAD par E.RICHARD)	Page 56
Figure 30 : Balance Extend Sartorius® (Réalisée au LIOAD par E.RICHARD)	Page 57
Figure 31 : Association aiguille seringue (Réalisée au LIOAD par E.RICHARD)	Page 58
Figure 32 : Contre angle Ax's Endo 08 MICROMEGA (MicroMéga par F.PEREZ)	Page 59
Figure 33 : Moteur Wave•One™ motor® (Dentsply-Maillefer) (Réalisée au LIOAD par E.RICHARD)	Page 60
Figure 34 : Etuve (Réalisée au LIOAD par E.RICHARD)	Page 61
Figure 35 : Quantité de débris en g extrudée après instrumentation (tableau par E.RICHARD)	Page 63
Figure 36 : Pesées (graphique par E.RICHARD)	Page 64
Figure 37 : Comparaison paire par paire (graphique par E.RICHARD)	Page 65

RICHARD (Estelle). – L'extrusion apicale de débris par des instruments uniques de mise en forme canalaire : étude comparative in vitro du One Shape[®] et du Wave One[®]
- 81 f. ; 37ill. ; 2tabl. ; 73 ref. ; 30 cm. (Thèse : Chir. Dent. ; Nantes ; 2015)

RESUME

Le flare-up est un phénomène douloureux qui peut apparaître après un traitement endodontique. Il peut être la conséquence de l'extrusion apicale de débris lors de la préparation endocanalaire.

Depuis 2011, des sociétés ont commercialisé différents instruments uniques de mise en forme dont le One Shape[®] (Microméga) en rotation continue et le Wave One[®] (Dentsply-Maillefer) en réciprocity.

Entre ces deux instruments, quel est celui qui expulse le moins de débris à l'apex lors de la mise en forme ? Dans ce travail, une étude est réalisée afin de répondre à cette problématique.

RUBRIQUE DE CLASSEMENT : Odontologie Endodontie

MOTS CLES MESH

Endodontie-Endodontics

Instruments dentaires-Dental instruments

Douleur postopératoire-Pain,postoperative

Préparation de canal radiculaire-Root canal preparation

JURY

Président : Professeur PEREZ F.

Directeur : Professeur PEREZ F.

Assesseur : Docteur ENKEL B.

Assesseur : Docteur MARION D.

Assesseur : Docteur ARMENGOL V.

ADRESSE DE L'AUTEUR

2 Place Sainte Croix– 44000 Nantes

estellewinniga.richard@yahoo.fr