



HAL
open science

Instrumentation unique de mise en forme canalaire : données actuelles

Maxime Vatageot

► **To cite this version:**

Maxime Vatageot. Instrumentation unique de mise en forme canalaire : données actuelles. Sciences du Vivant [q-bio]. 2016. hal-01931884

HAL Id: hal-01931884

<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01931884v1>

Submitted on 23 Nov 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-thesesexercice-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

ACADEMIE NANCY-METZ
UNIVERSITE DE LORRAINE
FACULTE D'ODONTOLOGIE

ANNEE 2016

N° : 9140

THESE
pour le
**DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE
DENTAIRE**

par

Maxime VATAGEOT

Né le 20 mars 1990 à Besançon (25)

<p>Instrumentation unique de mise en forme canales : données actuelles</p>

Présentée et soutenue publiquement le :

03 juin 2016

Membres du jury :

Pr. J-M. MARTRETTE	Professeur des Universités	Président
Dr. E. MORTIER	Maître de conférences des Universités	Juge
<u>Dr. R. BALTHAZARD</u>	<u>Maître de conférences des Universités</u>	<u>Directeur</u>
<u>Dr. M. VINCENT</u>	<u>Assistant Hospitalo-Universitaire</u>	<u>Codirecteur</u>
Dr. F. CAMELOT	Assistant Hospitalo-Universitaire	Juge

*Par délibération en date du 11 décembre 1972,
la Faculté de Chirurgie Dentaire arrêté que
les opinions émises dans les dissertations
qui lui seront présentées doivent être considérées comme propres à
leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner
aucune approbation ni improbation.*

Président : Professeur Pierre MUTZENHARDT

Doyen : Professeur Jean-Marc MARTRETTE

Vice-Doyens : Pr Pascal AMBROSINI -- Dr Céline CLEMENT

Membres Honoraires : Dr L. BABEL – Pr. S. DURIVAUX – Pr A. FONTAINE – Pr G. JACQUART – Pr D. ROZENCWEIG - Pr M. VIVIER – Pr ARTIS -

Doyen Honoraire : Pr J. VADOT, Pr J.P. LOUIS

Professeur Emérite : Pr J.P. LOUIS

Maître de conférences CUM MERITO : Dr C. ARCHIEN

Sous-section 56-01 Odontologie pédiatrique	Mme Mme M. Mlle Mlle M.	DROZ Dominique (Desprez) JAGER Stéphanie PREVOST Jacques HERNANDEZ Magali LAUVRAY Alice MERCIER Thomas	Maître de Conférences * Maître de Conférences * Maître de Conférences Assistante * Assistante Assistant *
Sous-section 56-02 Orthopédie Dento-Faciale	Mme M. Mlle Mlle	FILLEUL Marie Pierryle EGLOFF Benoît BLAISE Claire LACHAUX Marion	Professeur des Universités * Maître de Conférences * Assistante Assistante
Sous-section 56-03 Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie légale	Mme M. Mme	CLEMENT Céline CAMELOT Frédéric LACZNY Emily	Maître de Conférences * Assistant * Assistante
Sous-section 57-01 Parodontologie	M. Mme M. M. Mlle Mlle	AMBROSINI Pascal BISSON Catherine JOSEPH David PENAUD Jacques BÖLÖNI Eszter PAOLI Nathalie	Professeur des Universités * Maître de Conférences * Maître de Conférences * Maître de Conférences Assistante Assistante *
Sous-section 57-02 Chirurgie Buccale, Pathologie et Thérapeutique Anesthésiologie et Réanimation	Mme M. Mlle M. Mlle M.	GUILLET-THIBAUT Julie BRAVETTI Pierre PHULPIN Bérengère DELAITRE Bruno KICHENBRAND Charlène MASCHINO François	Maître de Conférences * Maître de Conférences Maître de Conférences * Assistant Assistant Assistante * Assistant
Sous-section 57-03 Sciences Biologiques (Biochimie, Immunologie, Histologie, Embryologie, génétique, Anatomie pathologique, Bactériologie, Pharmacologie)	M. M.	YASUKAWA Kazutoyo MARTRETTE Jean-Marc	Maître de Conférences * Professeur des Universités *
Sous-section 58-01 Odontologie Conservatrice, Endodontie	M. M. M. M. M. Mlle M.	MORTIER Éric AMORY Christophe BALHAZARD Rémy ENGELS-DEUTSCH Marc BON Gautier MUNARO Perrine VINCENT Marin	Maître de Conférences * Maître de Conférences Maître de Conférences * Maître de Conférences Assistant Assistante Assistant *
Sous-section 58-02 Prothèses (Prothèse conjointe, Prothèse adjointe partielle, Prothèse complète, Prothèse maxillo-faciale)	M. M. Mme Mme M. M. M. Mlle	DE MARCH Pascal SCHOUVER Jacques VAILLANT Anne-Sophie CORNE Pascale GILLET Marc HIRTZ Pierre KANNENGIESSER François SIMON Doriane	Maître de Conférences Maître de Conférences Maître de Conférences * Assistante * Assistant Assistant * Assistant Assistante
Sous-section 58-03 Sciences Anatomiques et Physiologiques Occlusodontiques, Biomatériaux, Biophysique, Radiologie	Mme Mme M. M.	STRAZIELLE Catherine MOBY Vanessa (Stutzmann) SALOMON Jean-Pierre HARLE Guillaume	Professeur des Universités * Maître de Conférences * Maître de Conférences Assistant Associé

Souligné : responsable de la sous-section * temps plein

Mis à jour le 01.03.2016

Remerciements

A NOTRE PRESIDENT DE THESE

Monsieur le Professeur Jean-Marc MARTRETTE

Docteur en Chirurgie Dentaire

Professeur des Universités – Praticien Hospitalier

Doyen de la Faculté d'Odontologie de Nancy

Chef de Service du CSERD de Nancy

Docteur en Sciences Pharmacologiques

Habilité à diriger des recherches

Sous-section : Sciences biologiques (Biochimie, Immunologie, Histologie, Embryologie, Génétique, Anatomie Pathologique, Bactériologie, Pharmacologie)

*Nous apprécions l'honneur que vous nous
avez fait en acceptant spontanément de présider le jury
de notre thèse, et vous remercions de ce
que vous avez fait pour nous en tant que Doyen.
Nous vous prions de trouver ici le témoignage de notre gratitude.*

A NOTRE JUGE

Monsieur le Docteur Eric MORTIER

Docteur en Chirurgie Dentaire

Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier

Sous-section : Odontologie Conservatrice – Endodontie

*Nous vous remercions du grand honneur que
vous nous faites de juger cette thèse.*

*Pour vos enseignements, votre aide, votre disponibilité,
veuillez trouver ici l'expression de notre profonde
admiration et de notre reconnaissance.*

A NOTRE JUGE ET DIRECTEUR DE THESE

Monsieur le Docteur Rémy BALTHAZARD

Docteur en Chirurgie Dentaire

Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier

Sous-section : Odontologie Conservatrice – Endodontie

Nous vous remercions d'avoir accepté de diriger ce travail.

*Nous n'oublierons jamais la qualité de
l'enseignement que vous nous avez dispensé
et les valeurs humaines que vous nous avez inculquées.*

*Veillez trouver dans ce travail le
témoignage de notre sincère reconnaissance.*

A NOTRE JUGE ET CODIRECTEUR DE THESE

Monsieur le Docteur Marin VINCENT

Docteur en Chirurgie Dentaire

Assistant Hospitalo-Universitaire

Sous-section : Odontologie Conservatrice – Endodontie

Vous nous avez fait l'honneur de codiriger cette thèse.

*Nous tenons à vous remercier pour
votre disponibilité, vos conseils, votre investissement
et surtout votre patience dans la réalisation de ce travail.*

*Nous vous remercions pour la qualité
de vos enseignements théoriques et cliniques.*

Nous voulons exprimer ici notre immense gratitude et notre sympathie.

A NOTRE JUGE

Monsieur le Docteur Frédéric CAMELOT

Docteur en Chirurgie Dentaire

Assistant Hospitalo-Universitaire

Sous section : Prévention, Épidémiologie, Économie de la Santé, Odontologie
Légale

*Nous vous remercions d'avoir accepté
de siéger à ce jury de thèse.*

*En travaillant à vos côtés, nous avons pu
apprécier votre gentillesse et votre bonne humeur.*

Soyez assuré de notre reconnaissance et de notre sympathie.

A mes parents,

Merci pour l'éducation que vous m'avez apportée, vos valeurs, votre aide, sans quoi je n'en serai jamais arrivé la aujourd'hui et je ne serai pas ce que je suis. Votre fils qui vous aime.

A mon frère,

Flo, merci pour tout ce que tu m'auras appris, certes à ta façon. Pendant ces années de voyage quel bonheur de se retrouver, partager de bons moments, c'est univers providés !!! Je suis heureux de partager mon appart avec toi pendant quelques mois.

A ma mamie,

Quand je pense à tous ces merveilleux moments passés ensemble, petit, les ballades au parc Micaud, les tours à vélo, les parties de jeux ou tu me laissais gagner, puis plus tard nos 16h chez Baud, nos ballades en ville, mes pauses café chez toi durant ma P1. Merci mille fois pour tout ce que tu m'as apporté.

A mon pépé,

Que de bons moments passés ensemble, en ballade, tes cours de conduite, le bricolage, l'apéro, ton côté ronchon !!! Je sais que tu es fier de moi de là haut, repose en paix.

A mon Parrain et Laurence,

A ma Marraine et Frédéric,

A mes oncles, tantes, cousins et cousines,

A mes amis de Lycée, François, Arthur, Etienne, Loic, Julia, Mélo, Pierre L., Margaux, et les autres,

Pour ces années lycée et post lycée, je suis heureux que l'on arrive à se voir régulièrement même si nous avons pris des routes différentes, nos chemins se croisent toujours ! A quand le premier mariage ???!

A Jules, Burger

Une de mes plus belles rencontres il y a déjà 6 ans. Puis tous ces bons moments passés ensemble, en vacance, au ski, en soirée, de bons repas, de bonnes recettes, de bons verres de vins ! la vie! Puis ensuite ce que j'ai pu partager avec toi côté boulot, tes conseils de "vieux" et ce magnifique cabinet que vous avez créé. Merci mec! bis.

A Audrey, Snow Queen

Ma deuxième première plus belle rencontre de Nancy ! Pas de jaloux ou de jalouse, 1ère ex-aequo. Je te remercie aussi pour tous ces bons moments passés ensemble à Nancy, et d'être la meilleure patronne au monde :) Qu'est ce qu'on est bien dans notre cabinet un peu "spécial" comme dirait un certain Edmond, nos petites chirurgies ensemble, j'espère que l'on continuera à rigoler autant encore longtemps ! et merci pour tes conseils divers et variés :) bissssssss !

A Thomas,

Merci d'avoir été mon colloc, d'être mon ami, toutes ces soirées passées ensemble, ces fous rires, ces moments révisions sur les canaps (enfin surtout moi) !!

A Vincent, mon meilleur binôme de patho et néanmoins ami,

De bons moments passés ensemble en patho ou ailleurs ! Je pense à notre binôme de patho à chaque extraction !

A Renaud,

Une belle rencontre également, merci d'avoir été mon binôme de pédo et OC, on a bien progressé ensemble,

A mes amis Luc, Coco,

Petit apéro aux vedettes, et salade tomate oignon? de bons moments passés ensemble, j'espère que ce ne sont pas les derniers :)

A mes amies Chloé, Juliette et Marjorie,

Nos amies bisontines, toujours prêtes à partager un verre et quelques ragots :)

A Fabienne et Anthony,

Merci Fabienne de m'avoir offert la possibilité de bosser chez toi, j'y ai énormément appris de choses, dans un très bel univers de travail. Merci à toi Anthony pour tes conseils en oenologie, les apéros, vous êtes les bienvenus à la maison.

Au Franz,

Le Franz ! Que dire de toi? Mise a part que tu es le mec le plus bougon que je connaisse !!! Merci pour tout ce que tu m'as appris en chir et en occluso, et "faut arrêter de triper là".

A Michel et Sophie,

Que d'apprentissage chez vous au cabinet ! Je n'en retiens que du positif, et vous êtes je pense à la base de beaucoup de choses de ce que je suis aujourd'hui dans mon métier. Merci encore et "tout va bien se passer Sophie!".

A Marjorie et Gérald,

Les meilleurs assistant et intendant de cab! "Marjorie, est ce que je pourrais avoir une assistante" disait sophie quand je passais mon temps à te raconter des bêtises à l'accueil. Merci pour tes conseils Marjorie. Et merci à toi Gérald, pour ton côté toujours posé que j'apprécie, j'aimerais pouvoir en faire autant "Bon aller Gérald, les commandes là, les commandes!!" bisés à vous !

A Nico et Julie,

A Nancy et Caro,

Pour les bons moments passé à Brabois Enfant et ce que vous m'avez appris, vous êtes géniales

A mon ami Ayham,

Pour ta grande gentillesse, tes valeurs, ta générosité, les bonnes soirées passées et ce que tu m'as appris en chir'

A mon ami Boris Vassiliev,

Je te remercie d'avoir essayé de sauver ma 36 :) et surtout pour ces imitations, ces soirées enrichies en Jura, et tes valeurs humaines inégalables !!

A tous mes camarades de Faculté et de promo que je n'ai pas pu citer précédemment,

A tous les Professeurs, MCU-PH et AHU qui m'ont encadré lors de mes stages,

Merci pour les connaissances cliniques et théoriques que vous m'avez inculquées.

Sommaire

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction

1. Des instruments en acier inoxydable aux instruments en Nickel-Titane (Ni-Ti)
2. L'instrumentation mécanisée unique de mise en forme canalaire
3. Les principaux systèmes mono-instrumentaux de mise en forme canalaire

Conclusion

Références bibliographiques

Table des matières

Liste des figures

Figure 1. Instruments de Beutelrock, dans leur trousse, datant de 1890 (http://www.biusante.parisdescartes.fr/aspad/expo94.htm).....	28
Figure 2. A gauche, représentation de la section instrumentale triangulaire. A droite, représentation de la section instrumentale carrée (Schaffer <i>et coll.</i> , 2003).....	32
Figure 3. Représentation des différentes parties qui constituent un instrument manuel de préparation canalaire : 1. Lame active, 2. Tige + lame active, 3. Longueur totale de l'instrument (Document personnel).....	33
Figure 4. Représentation de l'angle d'hélice pour les broches et limes K (D'après dentalespace).....	33
Figure 5. Schéma de l'angle de coupe (Benkirane <i>et coll.</i> , 2001).....	34
Figure 6. Schéma de l'angle de pointe (Dentalespace).....	35
Figure 7. Schéma de l'angle de transition (Dentalespace).....	36
Figure 8. Forêts de Gates-Glidden numéros 1 à 6, diamètre de 50/100° de mm à 150/100° de mm (catalogue GACD).....	39
Figure 9. Forêts Largo numéro 1 à 6 (Catalogue GACD).....	40
Figure 10. Photographie de l'instrument Endo-Express (<i>Safesiders</i>) n°30.....	40
Figure 11. Diagramme contrainte-déformation d'un alliage Ni-Ti (Jorand, 2009 ; Rocher, 2010).....	44
Figure 12. Photographie d'un contre angle réducteur d'endodontie (Anthogyr).....	51
Figure 13. Moteur de rotation continue MM-Control de la marque MICRO-MEGA®.....	51
Figure 14. Moteur sans fil de rotation continue sans fil, NSK Endo-Mate TC2 (NSK).....	52
Figure 15. Schéma montrant la différence de mise en oeuvre entre l'utilisation d'instruments uniques ou multiples (Document personnel).....	53
Figure 16. Photographie représentant l'instrument Wave One Gold® (Dentsply).....	55
Figure 17. Moteur Gold Reciproc® de chez Dentsply (www.gacd.fr).....	56

Figure 18. Schéma général récapitulatif du protocole d'utilisation de l'instrumentation unique (Document personnel).....	58
Figure 19. Photographie représentant le conditionnement du F360® (Komet®, 2014).....	61
Figure 20. Photographie représentant une coupe en section transversale du F360® (Komet®).....	62
Figure 21. Schéma récapitulatif du protocole d'utilisation du système de mise en forme canalaire F360® (Document personnel d'après Komet®).....	64
Figure 22. Image représentant la section transversale du F6 SkyTaper® en coupe (Komet®, 2015).....	65
Figure 23. Photographie des trois instruments F6 SkyTaper® de bas en haut en diamètre apical 20/100° de mm, 25/100° de mm et 30/100° de mm (Komet®, 2015).....	66
Figure 24. Schéma récapitulatif du protocole d'utilisation du système F6 SkyTaper® (Document personnel d'après Komet®).....	67
Figure 25. Photographie du One Shape® New Generation et représentation de sa section (MICRO-MEGA®, 2015).....	68
Figure 26. Schéma récapitulatif du protocole d'utilisation du système One Shape® (Document personnel d'après MICRO-MEGA®).....	71
Figure 27. Photographie de l'instrument Neonit® A1 (Neolix, 2015).....	72
Figure 28. Schéma récapitulatif du protocole d'utilisation du système Neoniti® A1 (Document personnel d'après Neolix®).....	74
Figure 29. Section asymétrique du Reciproc® avec deux angles de coupe, observée en microscopie à balayage électronique (Dentsply).....	75
Figure 30. Photographie représentant les trois conicités d'instruments Reciproc® disponibles (Dental Tribune, 2013).....	76
Figure 31. Schéma récapitulatif du protocole d'utilisation du système Reciproc® (Document personnel d'après Dentsply®).....	78

Figure 32. Photographie représentant à gauche la section de l'instrument Wave One® Gold à 3 mm et à droite à 13 mm.....	79
Figure 33. Photographie représentant les trois conicités d'instruments Wave One® Gold disponibles (Dental Tribune, 2013).....	80
Figure 34. Schéma récapitulatif du protocole d'utilisation du système Wave One® Gold (Document personnel) d'après Dentsply®.....	83

Liste des tableaux

Tableau 1. Composition chimique des deux aciers inoxydables austénitiques 304 et 303 (Arbab-Chirani <i>et Coll.</i> , 2010).....	21
Tableau 2. Principales caractéristiques mécaniques des deux aciers inoxydables austénitiques 304 et 303 (Arbab-Chirani <i>et Coll.</i> , 2010).....	22
Tableau 3. Code couleur et norme ISO (International Standard Organisation) (Arbab-Chirani <i>et Coll.</i> , 2013).....	28
Tableau 4. Caractéristiques des trois principaux instruments endodontiques manuels en acier inoxydable. (Arbab-Chirani <i>et Coll.</i> , 2013).....	29
Tableau 5. Tableau comparatif des propriétés de l'acier inoxydable et du nickel-titane (Arbab-Chirani <i>et Coll.</i> , 2013).....	39
Tableau 6. Tableau synthétique des propriétés étudiées comparant l'instrumentation unique aux séquences pluri-instrumentales et manuelles (Document personnel).....	92

Introduction

Le traitement endodontique est généralement le dernier acte qui permet de préserver une dent sur l'arcade dentaire. Ce geste demande beaucoup de temps au chirurgien-dentiste omnipraticien et peut représenter de réelles difficultés. Il consiste tout d'abord en la réalisation d'une cavité d'accès endodontique, puis en la préparation canalaire et enfin en l'obturation tridimensionnelle étanche du complexe radiculaire. En parallèle et durant l'intégralité du traitement, l'opérateur réalise une désinfection canalaire visant à éliminer les micro-organismes présents et les boues dentinaires générées par l'action mécanique à l'aide de solvants organiques et minéraux : on parle de préparation chimio-mécanique (Machtou et Bronnec, 2011).

¶ Pour préparer les canaux des racines dentaires, un nombre important d'instruments est grandement nécessaire selon des protocoles relativement strictes. Le non respect de ces derniers peut être source de nombreuses erreurs opératoires, comme par exemple des fractures instrumentales, des perforations radiculaires, ou encore la création de butées. C'est la raison pour laquelle des séquences instrumentales réduites ont vu le jour, afin de simplifier et limiter ces potentielles erreurs.

L'instrumentation endodontique est donc en constante évolution afin d'élaborer des protocoles qui permettent des mises en forme canalaires plus simples, plus rapides et plus reproductibles. Ces évolutions ont aujourd'hui permis d'élaborer de nouveaux instruments de mise en forme canalaire : l'instrumentation unique. Cependant, plusieurs questions subsistent. Est-ce une réelle avancée ? Permet-elle vraiment un gain de temps et d'efficacité pour le praticien ? Est-elle utilisable dans toutes les situations cliniques et pour tous les types de canaux ? Qu'en est-il par rapport à la technique pluri-instrumentale ? Existe-t-il un instrument unique ou une technique mono-instrumentale meilleure qu'une autre ?

Afin de répondre à ces questions, nous étudierons tout d'abord l'évolution de l'instrumentation endodontique, des instruments en acier inoxydable aux instruments en Ni-Ti, puis, nous aborderons ensuite l'instrumentation rotative et à mouvement réciproque. Enfin, nous analyserons les différents instruments uniques en étudiant et détaillant chaque système. Nous réaliserons également une revue de littérature dans laquelle nous comparerons entre eux les systèmes de préparation canalaire mono- et pluri-instrumentaux selon certains critères, tels que l'ergonomie, le respect de l'anatomie canalaire ou encore l'extrusion de débris apicaux par exemple.

1. Des instruments en acier inoxydable aux instruments en Nickel-Titane (Ni-Ti)

1.1. Instruments de préparation canalaire en acier inoxydable

1.1.1. Historique

L'histoire de l'endodontie commence réellement au XVII^e siècle. Pierre Fauchard fût le premier à décrire en 1746 l'extirpation du tissu pulpaire dans son livre intitulé « Le chirurgien-dentiste ou traité des dents » (Fauchard, 1728). Edwin Maynard en 1838 créa le premier instrument endodontique en utilisant un ressort provenant d'une montre (Castelluci, 2002). Depuis, son développement n'est que perpétuel.

En 1875, Gates invente les instruments endodontiques manuels ainsi que les forêts éponymes en acier inoxydable. Dans les années 1890, Beutelrock comprend rapidement l'intérêt de conserver les dents et d'éviter les extractions dentaires. C'est la raison pour laquelle il conçoit des instruments endodontiques tels que les forêts de Beutelrock. Vu l'intérêt porté par ses confrères pour ses instruments, il en lance la fabrication industrielle, et se rend rapidement compte de l'importance des propriétés des différents métaux. Il travaillera sur les alliages pour arriver à une instrumentation présentant de meilleures propriétés de flexibilité et d'élasticité (Figure 1).



Figure 1 : Instruments de Beutelrock, dans leur trousse, datant de 1890 (<http://www.biusante.parisdescartes.fr/aspad/expo94.htm>).

En 1892 les premiers tire-nerfs sont créés puis en 1920 les premières limes et broches sont commercialisées (Dechaume et Huard, 1977 ; Chiche 1982). Au même moment, sont inventés les extirpateurs de pulpe (Drs Arrington et Donalson). Il faut attendre 1915 pour que la société *Kerr Manufacturing Corporation* obtienne le brevet de fabrication de tous les futurs instruments de type K.

Ces instruments ont initialement été développés en acier constitué principalement de fer et de carbone, dans des proportions comprises entre 0,02% et 2% en masse pour le

carbone. Sa dénomination « acier » vient du fait qu'il contient du carbone qui lui confère ses propriétés spécifiques, à ne pas confondre avec d'autres métaux à base de fer qui ne sont pas des aciers.

Ce n'est qu'à partir de 1960 que ces instruments sont développés en acier inoxydable, différents de l'acier par des propriétés mécaniques améliorées. C'est aussi à ce moment que les premiers protocoles endodontiques standardisés sont développés (Ingle, 1955).

En 1985, Roane propose une préparation canalaire à l'aide d'un mouvement de rotation horaire/anti-horaire avec des instruments en acier ou en acier inoxydable à pointe modifiée, visant à annuler les forces de redressement néfastes générées par la rotation : c'est la technique des forces équilibrées (Roane, 1985).

Les objectifs de la préparation canalaire ont été énoncés par Schilder au début des années 1970 (Schilder, 1974 ; Machtou *et coll.*, 1993). Ils consistent en l'élimination la plus parfaite possible du tissu organique pulpaire et des agents pathogènes, au respect de la trajectoire canalaire, de la position et du diamètre du foramen apical ainsi qu'à l'obtention d'une conicité régulière de la partie coronaire à la partie apicale. L'objectif étant d'obtenir un parfait nettoyage et une obturation tridimensionnelle contrôlée, durable et étanche. L'ensemble des instruments développés jusqu'à aujourd'hui, tant en termes de géométrie, de mouvement de travail que d'alliage métallique, a été réalisé pour satisfaire ces objectifs.

1.1.2. Propriétés des instruments en acier inoxydable

1.1.2.1. Propriétés biologiques et composition

Les aciers inoxydables sont définis selon la norme EN 10088-1 comme des alliages de fer avec une teneur minimale en chrome de 10,5% de leur poids et un maximum de 1,2% en carbone (Arbab-Chirani *et coll.*, 2010), essentielle pour assurer la création d'une couche d'oxyde autoréparante plus largement dénommée couche passive. Cette dernière apporte à l'alliage sa résistance à la corrosion.

La teneur de chaque élément d'alliage influence la structure métallurgique de l'acier inoxydable et détermine trois familles d'aciers inoxydables (*The European Stainless Steel Development Association*). Ce sont les aciers austénitiques, les aciers ferritiques et les aciers martensitiques.

On peut également distinguer trois séries, définies par l'*American Iron and Steel Institute* (AISI), couramment utilisées :

- la série 200 qui regroupe les alliages austénitiques fer-chrome-nickel-manganèse,
- la série 300 qui regroupe les alliages austénitiques fer-chrome-nickel,
- la série 400 qui regroupe les alliages ferrallitiques et martensitiques.

Pour la réalisation des instruments endodontiques, les fabricants d'instruments à usage dentaire utilisent les nuances 304 et 303 (AISI).

Tout d'abord la nuance 304 ou Z2CN18-10 selon la désignation de l'Association Française de la Normalisation (AFNOR), est constituée d'un minimum de 18% de chrome, 8% de nickel, et est combinée avec un maximum de 0,08% de carbone. Elle est définie en tant qu'alliage austénitique chrome-nickel et appartient à la série T300 des aciers inoxydables.

La nuance 303 (ou Z10CNF18-09 selon l'AFNOR) est quant à elle la version optimale d'usinabilité des aciers inoxydables austénitiques grâce à l'ajout d'éléments de soufre (Arbab-Chirani *et coll.*, 2010) (Tableau 1).

Tableau 1 : Composition chimique des deux aciers inoxydables austénitiques 304 et 303 (Arbab-Chirani *et Coll.*, 2010).

<i>Composition de l'alliage</i>	<i>% C</i>	<i>% Mn</i>	<i>% P</i>	<i>% S</i>	<i>% Si</i>	<i>% Ni</i>	<i>% Cr</i>	<i>% Mo</i>
304 SS	0,07	2	0,04	0,03	1	9 à 11	17 à 19	/
303 SS	< 0,12	1	0,06	> 0,15	1	8 à 10	17 à 19	0,6

1.1.2.2. Propriétés mécaniques

Les deux nuances d'acier inoxydable 303 et 304 ont de bonnes propriétés mécaniques dont les principales sont présentées dans le Tableau 2 :

Tableau 2 : Principales caractéristiques mécaniques des deux aciers inoxydables austénitiques 304 et 303 (Arbab-Chirani *et Coll.*, 2010).

<i>Alliage (caractéristiques)</i>	<i>304 SS</i>	<i>303 SS</i>
<i>Densité</i>	8 kg/dm ³	7,9 kg/dm ³
<i>Dureté, Rockwell B</i>	82	82
<i>Résistance à la traction</i>	620 MPa	780 MPa
<i>Limite d'élasticité à 2%</i>	200 MPa	200 MPa
<i>Allongement à rupture</i>	55,00%	35,00%
<i>Module d'élasticité en traction</i>	193 GPa	193 GPa
<i>Module d'élasticité en torsion</i>	78 GPa	78 GPa

1.1.3. Caractéristiques des instruments de préparation canalaire manuels en acier inoxydable

1.1.3.1. Procédé de fabrication

Les instruments de préparation canalaire en acier inoxydable peuvent être usinés ou torsadés. Si l'instrument est torsadé, il ne subit pas de rupture dans sa masse et les fibres métalliques réalisent une harmonie avec le profil externe ; ceci permet de conserver des propriétés physiques optimales (Médioni, 1995). À l'opposé, le profil de l'instrument usiné est obtenu par meulage d'une tige métallique comme pour les limes H par exemple, ce qui les rend plus résistantes à la fracture.

1.1.3.2. Section instrumentale

Il existe 3 types de sections instrumentales pour les instruments manuels de préparation canalaire en acier inoxydable. En effet, cette dernière peut être carrée, triangulaire ou ronde. La section instrumentale aura une influence sur la résistance, la flexibilité et le centrage de l'instrument dans le canal. Elle influencera également l'évacuation coronaire des débris et le respect des trajectoires canalaire (Schaffer et coll., 2003 ; Eble, 2012) (Figure 2). La section de coupe instrumentale est une caractéristique très importante car elle a des

répercussions mécaniques : par exemple une section carrée sera moins flexible qu'une section triangulaire et donc sera plus à risque de fracture par fatigue cyclique (Kim *et coll.*, 2011).

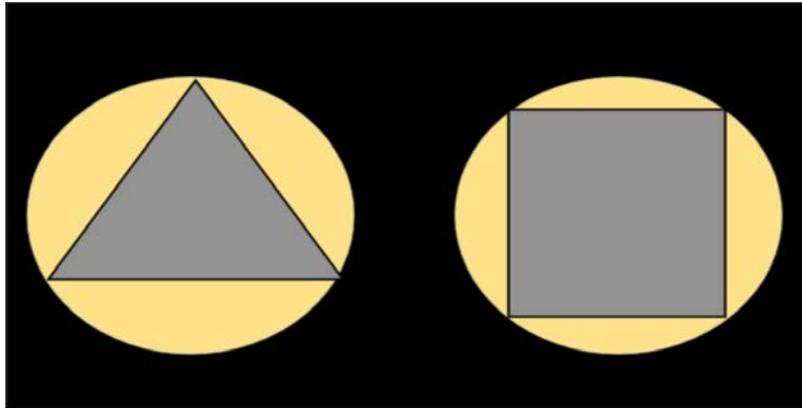


Figure 2 : A gauche, schématisation de la section instrumentale triangulaire. A droite, schématisation de la section instrumentale carrée (Schaffer *et coll.*, 2003).

1.1.3.3. Conicité et diamètre apical

Pour tous les instruments manuels de préparation canalaire en acier inoxydable respectant la norme ISO (que nous détaillerons plus tard), la conicité est de 2% : le diamètre de l'instrument de la lame active augmente de $2/100^{\text{e}}$ de mm, tous les millimètres. Le diamètre apical est lui compris entre $6/100^{\text{e}}$ de mm et $140/100^{\text{e}}$ de mm. La conicité et le diamètre apical des instruments endodontiques auront des conséquences biologiques et mécaniques. Il est montré que l'élimination de débris par l'irrigation canalaire est plus efficace, à diamètre apical égal, dans des préparations canalaires de conicité supérieures ou égales à 4% (Albrecht *et coll.*, 2004 ; Claisse et Haikel., 2003). Sur le plan mécanique, plus la conicité et le diamètre apical augmentent, moins l'instrument est flexible et plus a risque de fracture lors de la mise en forme canalaire des canaux courbes (Pertot *et coll.*, 2012). Il est aussi démontré que le nombre de cycles avant rupture diminue proportionnellement à l'augmentation du calibre de l'instrument (Pruett *et coll.*, 1997 ; Haikel *et coll.*, 1999 ; Chaves Craveiro De Melo *et coll.*, 2002). Il en est de même pour la conicité (Haikel *et coll.*, 1999).

1.1.3.4. Longueur instrumentale

La lame active présente une longueur fixe de 16 mm, de plus, la longueur totale de l'instrument est disponible en 5 mesures : 19, 21, 25, 27 et 31 mm (Figure 3). La longueur

instrumentale a des conséquences mécaniques directes sur la flexibilité, ces deux données évoluant dans le même sens ; par exemple, plus un instrument est long, plus il est flexible (à diamètres et conicités identiques).

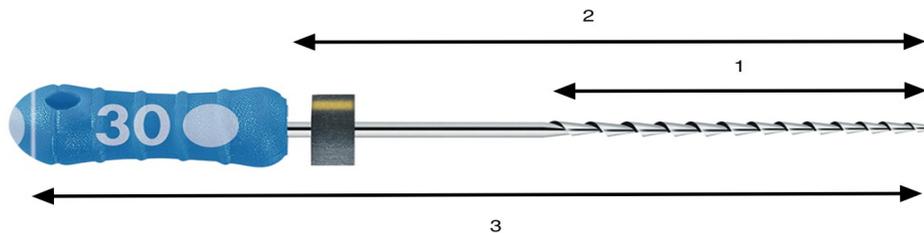


Figure 3 : Représentation des différentes parties qui constituent un instrument manuel de préparation canalair : 1. Lame active, 2. Tige + lame active, 3. Longueur totale de l'instrument (Document personnel).

1.1.3.5. Angle d'hélice

L'angle d'hélice est l'angle formé entre l'axe de l'instrument et l'axe des spires. Ce dernier aura une influence sur l'évacuation coronaire des débris (Médioni, 1995) et sur l'effet de vissage de l'instrument dans le canal de manière plus ou moins prononcée. Pour ce qui est des instruments en norme ISO, l'angle d'hélice peut être classiquement de 20° pour les broches, de 40° pour les limes K (Kerr), ou encore de 60° pour les limes H (Hedstrom) ou racleurs (Figure 4).

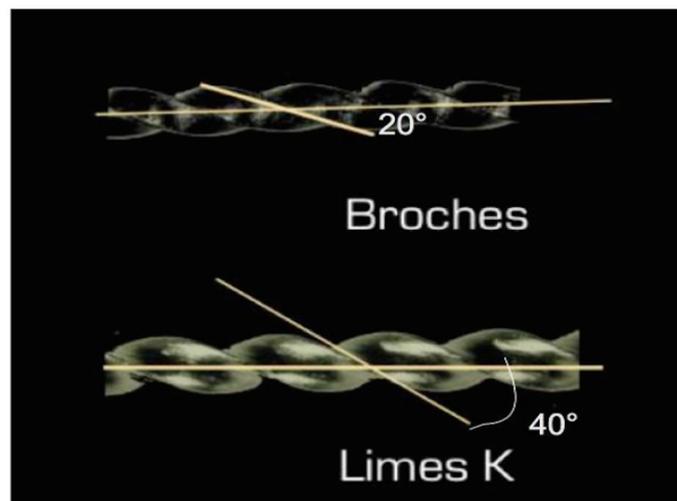


Figure 4 : Représentation de l'angle d'hélice pour les broches et limes K (d'après www.dentalespace.com).

1.1.3.6. Angle de coupe et méplat radiant

Également appelé angle d'attaque, l'angle de coupe est l'angle formé entre la face de coupe et la perpendiculaire de l'axe instrumental ; ce dernier fait varier la façon dont se forment les copeaux sur la face de coupe (CNEOC, 2010). Il faut augmenter cet angle afin de réduire l'effort de coupe et favoriser l'élimination des débris coronaires (Arbab-Chirani *et coll.*, 2010). Il est par exemple de 45° pour les limes K ou encore de 60° pour les limes H (Figure 5).

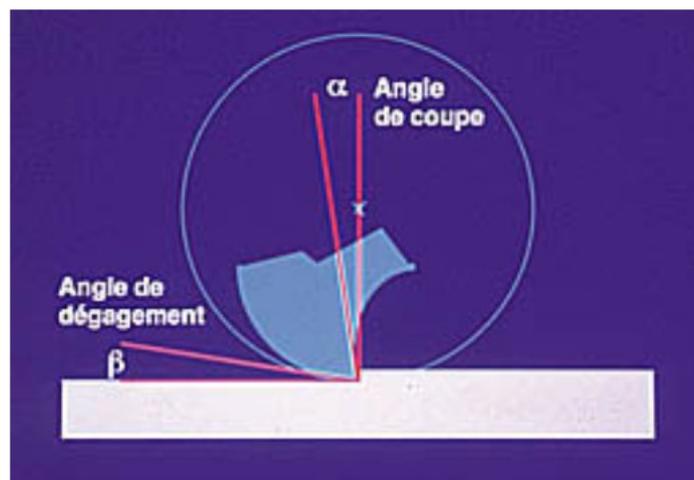


Figure 5: Schéma de l'angle de coupe (Benkirane *et coll.*, 2001).

Le méplat radiant est représenté par une surface instrumentale qui prend appui sur les parois canalaires. Il permet de garder l'instrument centré dans le canal et donc de diminuer le risque de vissage et de blocage. Cependant, la présence de méplat radiant diminue l'efficacité de coupe et n'autorise pas les mouvements de brossage pariétal. La préparation des parois dentinaires se fait alors plus par effet d'usure (Gregori *et coll.*, 2007).

L'angle de coupe peut être (Beer *et coll.*, 2008) :

- positif : la coupe est active et s'effectue dans la même direction que la force appliquée. Sur la plupart des systèmes, l'angle de coupe est légèrement positif,
- neutre : la coupe s'effectue de façon perpendiculaire à la paroi du canal,
- négatif : la coupe est passive et s'effectue par effet d'usure ; retrouvé sur les méplats radians

Nous parlons donc d'instruments (Arbab-Chirani *et coll.*, 2010) :

- non coupants ou passifs quand ils ont un méplat radiant et un angle de coupe neutre,
- coupants ou actifs quand il n'y a pas de méplat radiant et que l'angle de coupe est positif.

1.1.3.7. Angle de pointe

L'angle de pointe est formé par l'intersection des lames à l'extrémité de l'instrument (CNEOC, 2010). Selon la norme ISO, il varie de 60 à 90° (Figure 6). L'angle de pointe peut être passif, c'est à dire non travaillant : c'est le cas de la plupart des instruments endodontiques en Ni-Ti cela permet de guider l'instrument dans le canal en toute sécurité. Il peut être aussi actif, c'est principalement le cas des instruments endodontiques de retraitement canalaire qui facilitent la désobturation (Walsch, 2004).

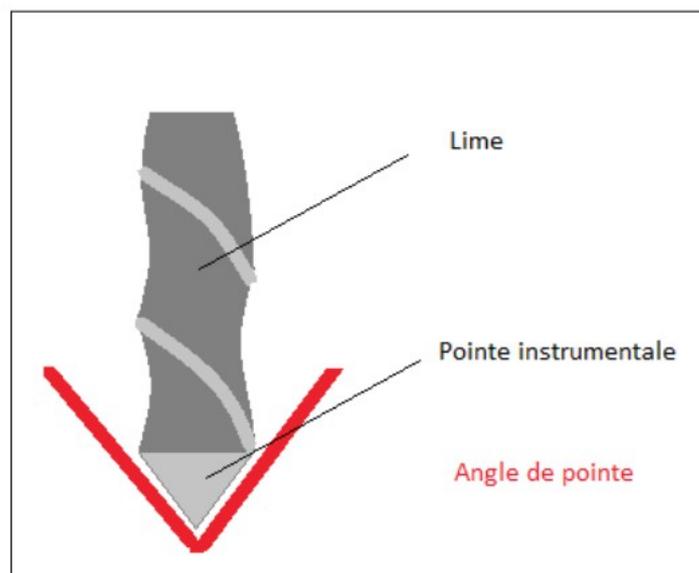


Figure 6 : Schéma de l'angle de pointe (Dentalespace).

1.1.3.8. Angle de transition

C'est l'angle formé à la jonction entre la pointe et la première spire de l'instrument (CNEOC, 2010). Plus il est marqué, plus la réalisation d'une encoche dentinaire est probable (Médioni, 1995) (Figure 7).

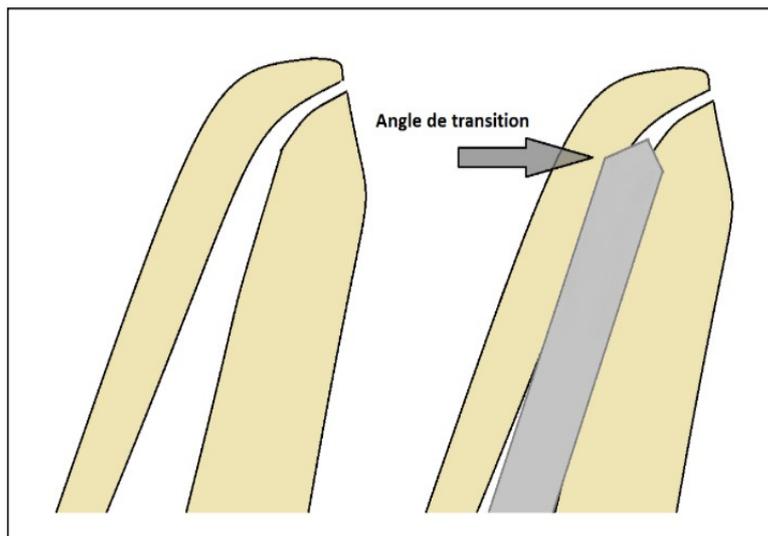


Figure 7 : Schématisation de l'angle de transition (www.dentalespace.com).

1.1.3.9. Standardisation

La majorité de l'instrumentation manuelle en acier inoxydable répond à la norme ISO 3630-1 (ISO 3630-1:2008, Instruments pour canaux radiculaires utilisés en art dentaire; 2008).

Cette norme a été mise au point par l'Organisation Internationale des Standards (ISO) en collaboration avec la fédération dentaire internationale (FDI) et l'*American Dental Association* (ADA). C'est ainsi que depuis les années 1970, plusieurs spécifications ont été établies, et révisées. Elles imposent actuellement le métal utilisé, la conicité (2%), un code couleur en fonction du diamètre apical de l'instrument (6/100° de mm à 140/100° de mm), la longueur totale de l'instrument (19, 21, 25, 27 ou 31 mm) et la longueur de la lame active (16 mm) (Tableau 3).

Tableau 3 : Code couleur et norme ISO (International Standard Organisation).

<i>Couleur</i>	<i>Numérotation ISO</i>	<i>Numérotation ISO</i>	<i>Numérotation ISO</i>
<i>Rose</i>	6	/	/
<i>Gris</i>	8	/	/
<i>Violet</i>	10	/	/
<i>Blanc</i>	15	45	90
<i>Jaune</i>	20	50	100
<i>Rouge</i>	25	55	110
<i>Bleu</i>	30	60	120
<i>Vert</i>	35	70	130
<i>Noir</i>	40	80	140

1.1.3.10. Résumé des caractéristiques des trois principaux instruments manuels de préparation canalaire en acier inoxydable

Tableau 4 : Caractéristiques des trois principaux instruments endodontiques manuels en acier inoxydable. (Arbab-Chirani et Coll., 2013).

	<i>Limes K (Kerr)</i>	<i>Lime H (Hedstrom) ou racleurs</i>	<i>Broches</i>
<i>Fabrication</i>	Usinées / torsadées	Usinées	Usinées / torsadées
<i>Alliage</i>	Acier inoxydable	Acier inoxydable	Acier inoxydable
<i>Profil et section</i>	Carrée / triangulaire	+/- Ronde (rhombdoïde) avec un empilement hélicoïdale de tronc de cône à pointe apicale	triangulaire
<i>Pas d'hélice</i>	Court	Long	Long
<i>Angle d'hélice</i>	40°	60°	20°
<i>Angle de coupe</i>	45°	90° (tranchant)	
<i>Nombre de spires</i>	+	-	-
<i>Caractéristiques</i>	Rigide	Fragile (résistance à la fracture par torsion faible)	
<i>Utilisation</i>	Rotation (120 ou 90° selon la section) et traction	Traction	Rotation (120°)
<i>Rôle</i>	Pénétration (Repérage et cathétérisme) Elargissement	Elargissement Evacuation des débris + tissus organiques	Elimination des déchets organiques et minéraux Phases terminales de préparation

1.1.4. Caractéristiques des instruments de préparation canalaire mécanisés en acier inoxydable

Ce sont des instruments en acier inoxydable montés sur contre-angle. Ils sont donc motorisés, ce qui permet une rotation de ces instruments à des vitesses variables.

Dans cette catégorie sont retrouvés les forêts qui sont destinés à élargir la partie coronaire du canal. Il en existe une grande variété, les plus connus sont les forêts de Gates-Glidden et les forêts Largo.

Les forêts de Gates-Glidden ont une forme elliptique, une section instrumentale en triple hélice avec des méplats radians et une pointe mousse non travaillante. Ils existent en deux longueurs (15 mm et 19 mm), et six diamètres différents (de 1 à 6, repérés par le même nombre de rainures sur le manche) (Figure 8). Leur diamètre évolue de 50/100° de mm à 150/100° de mm en augmentant de 20/100° de mm entre chaque numérotation (de une à six rainures sur le mandrin).



Figure 8 : Forêts de Gates-Glidden numéros 1 à 6, diamètre de 50/100^e de mm à 150/100^e de mm (catalogue GACD).

Les forêts Largo, à pointe mousse, présentent des parois coupantes parallèles et existent également en six diamètres (repérés par une à six rainures sur le manche) (Figure 9). Leur utilisation doit évidemment être réservée à la partie coronaire et rectiligne du canal. Leur diamètre évolue de 70/10^e de mm à 170/100^e de mm en augmentant de 20/100^e de mm entre chaque.



Figure 9 : Forêts Largo numéros 1 à 6 (Catalogue GACD).

Il existe également d'autres instruments de préparation canalaire rotatifs en acier inoxydable, tel que l'Endo-Express® (*SafeSiders*®) de la marque *Essential Dental Systems*®.

C'est un système de traitement endodontique, à mouvement alternatif, utilisant des limes en acier-inoxydable pouvant donc être pré-courbées avant utilisation. Les limes sont composées de seize spires avec méplat, et disponibles dans des diamètres allant de 8/100^e de mm à 30/100^e de mm et mesurant 21 ou 25 mm de longueur (Figure 10). Ce système nécessite l'achat d'un contre-angle réducteur spécifique. Les méplats permettent une efficacité d'alésage et une remontée des débris importantes, le mouvement alternatif permettant par ailleurs un meilleur centrage de l'instrument dans le canal et limite l'engagement de celui-ci dans la dentine.



Figure 10 : Instrument Endo-Express n°30 (*Safesiders*).

1.1.5. Avantages des instruments en acier inoxydable

Un des avantages de ces instruments est une efficacité de coupe importante (Donald E, 2001), ainsi qu'une résistance accrue à la corrosion. Le coût de ces instruments, relativement modéré, est aussi un avantage. Les instruments manuels en acier inoxydable peuvent être pré-courbés avant utilisation, c'est un avantage dans la perméabilisation et l'exploration du système canalaire.

1.1.6. Inconvénients des instruments en acier inoxydable

Ces instruments présentent une flexibilité et une élasticité réduite, ce qui augmente considérablement le risque d'erreurs opératoires telles que la création de butées, la déviation de la position du foramen apical, le redressement de courbures, la création de perforations ou de faux canaux, ou encore l'apparition de phénomènes de *stripping* au niveau des canaux

courbes. Bien sûr, le risque augmente en fonction du diamètre des instruments en acier inoxydable utilisés, car leur flexibilité en est réduite de manière proportionnelle.

Il est rapporté que l'utilisation seule d'instrument en acier inoxydable ne permet qu'un nettoyage très incomplet de l'endodonte (Hatton *et coll.*, 1928). L'utilisation de tels instruments pour des canaux très courbés peut de plus engendrer une déviation de la position du foramen apical, entraînant une étanchéité apicale réduite (Weine *et coll.*, 1975). De plus, une conicité de 2% pour les instruments manuels n'est pas satisfaisante pour obtenir une préparation canalaire chimio-mécanique de qualité.

1.2. Instruments de préparation canalaire en Ni-Ti

1.2.1. Historique

C'est au début des années 1960 que se développe l'alliage Ni-Ti par Buehler, métallurgiste pour l'aéro-spaciale (Buhler *et coll.*, 1963). Cet alliage fut nommé Nitinol : un acronyme des lettres le composant (**N**ickel **T**itanium **N**aval **O**rdnance **L**aboratory). Nitinol est donc le nom donné aux alliages de nickel et de titane qui possèdent des propriétés uniques de mémoire de forme et de superélasticité que nous détaillerons plus loin.

1.2.2. Propriétés des instruments endodontiques en Nickel-Titane

1.2.2.1. Composition chimique

La composition chimique des alliages Ni-Ti allie 50% de nickel et 50% de titane (en termes de nombre d'atome) ou encore 56 % de nickel et 44 % de titane (en termes de poids). Il existe toutefois de variations de quelques pourcents. Cependant, de faibles variations de cette dernière peuvent entraîner des modifications importantes des propriétés de l'alliage.

1.2.2.2. Propriétés biologiques

1.2.2.2.1. Biocompatibilité de l'alliage Ni-Ti

Il faut tout d'abord noter que la biocompatibilité du Ni-Ti a ses propres caractéristiques, différentes de celle du nickel ou du titane seul. Cependant, les ions nickel et titane peuvent être relargués par corrosion à partir de l'alliage Ni-Ti.

Il est reconnu que le nickel peut présenter un certain degré de toxicité et que sous forme ionique il peut s'associer avec de nombreuses substances biologiques importantes tels que les acides aminés ou certains activateurs (Muschak, 1980). D'après Bass *et coll.* (1993), les allergies en milieu buccal sont rares.

Quant au titane, il est connu pour être extrêmement bien toléré et n'induire aucun effet toxique (Branemark *et coll.*, 1969). En effet au contact de l'air, ou en milieu aqueux, se développe à sa surface une couche d'oxyde. Cette couche de protection, appelée couche passive, adhère au titane et lui procure sa résistance à la corrosion.

Pour déterminer la biocompatibilité du Ni-Ti, sa cytotoxicité a été évaluée en suivant plusieurs normes. L'étude de Putters *et coll.*, (1992), a examiné *in vitro* l'effet du titane seul, du nickel seul et de l'alliage Ni-Ti sur des cultures de cellules fibroblastiques. Les résultats ont montré que le nickel provoquait une inhibition significative des mitoses des fibroblastes, contrairement au titane et au Ni-Ti. Ainsi, le Ni-Ti est considéré comme biocompatible et comparable au titane. L'étude de Rocher *et coll.* (2000) donne des résultats semblables en comparant l'alliage Ni-Ti d'une part et ses constituants séparément d'autre part au travers de tests biologiques de prolifération, de survie cellulaire, de réponse inflammatoire ainsi que d'immunomarquage.

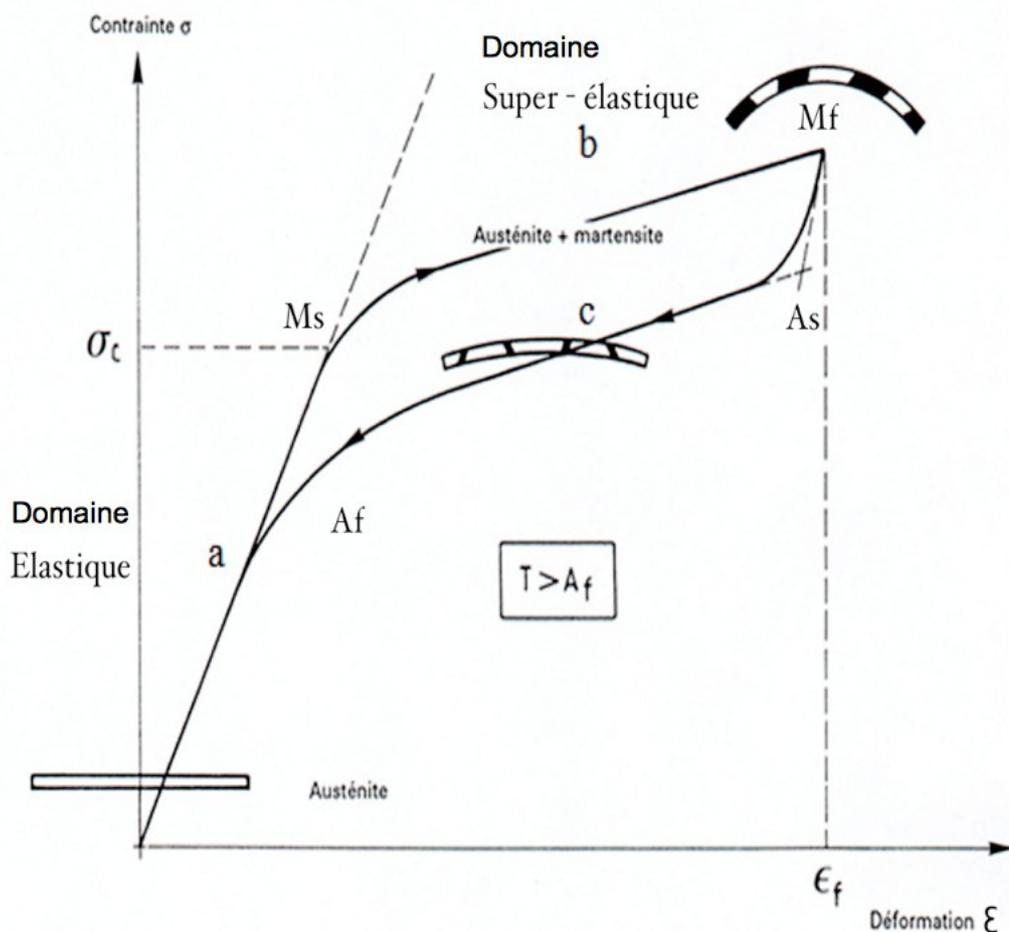
In vivo, les études ont commencé dès 1973 avec Cutright *et coll.* Ils ont étudié la réaction tissulaire des fils de Ni-Ti en implantation sous cutanée sur 45 rats durant 9 semaines, en comparaison avec des fils en acier inoxydable 316L. Aucune différence significative ne fut montrée entre ces deux alliages.

1.2.2.3. Propriétés mécaniques

1.2.2.3.1. La superélasticité

La superélasticité est définie comme la capacité de l'instrument en Ni-Ti à se déformer même sous une contrainte faible. Lorsque la contrainte appliquée cesse, l'instrument retourne à sa forme initiale (Mac Spadden, 1993). L'énergie est stockée de façon non dissipative et

peut donc être récupérée complètement. Le principal intérêt de cette propriété est la grande possibilité de déformation dans un domaine « superélastique » alors que la contrainte varie. Sur la Figure 11, nous pouvons voir dans un premier temps que la contrainte s'exerce dans le domaine de déformation élastique de l'austénite (a), puis cette dernière atteignant une valeur critique (σ_c), la transformation martensitique débute et il y a alors la formation de martensite induite sous contrainte (b). Dès que la contrainte cesse, la transformation inverse se produit et il y a une réversion totale de la martensite vers l'austénite jusqu'à une déformation nulle (c) (Figure 11). Nous définissons un alliage à mémoire de forme (AMF) de type Ni-Ti par ses températures caractéristiques de transformation de phase martensitique : Température de début (M_s) et de fin de la phase de transformation martensitique (M_f), ainsi que la température de début (A_s) et de fin (A_f) de transformation de la phase austénitique lui conférant ses propriétés superélastiques.



1.2.2.3.2. La mémoire de forme

La propriété de mémoire de forme est l'aptitude d'un échantillon ayant subi une déformation importante à l'état martensitique, donc un changement de forme notable, à récupérer sa forme initiale à l'état austénitique. Cependant la propriété de mémoire de forme n'est que très peu utilisée en endodontie. Elle est appliquée à l'instrument HyFlex® (Coltène®) qui reprend sa forme initiale après un traitement thermique de stérilisation. Ce processus renforce les limes et les rend beaucoup plus résistantes à la fatigue cyclique. La propriété de mémoire de forme trouve son application dans un autre domaine qui est celui de l'orthopédie dento-faciale, avec les arcs orthodontiques à mémoire de forme en Ni-Ti.

1.2.2.3.3. La flexibilité

La flexibilité est la capacité d'une lime soumise à une contrainte (courbure canalaire par exemple) à se déformer de façon réversible. Ce n'est que lorsque la contrainte dépasse la limite élastique que la déformation devient plastique et donc irréversible. Une augmentation encore plus importante de la contrainte entraîne une fracture instrumentale. Les instruments endodontiques en Ni-Ti ont la particularité d'avoir en phase superélastique, et à la température

Figure 11 : Diagramme contrainte-déformation d'un alliage Ni-Ti (Jordan, 2009 ; Rocher, 2010).

de travail, une flexibilité élevée plus grande que celle des limes en acier (Kazemi et coll. 2000). C'est un avantage en endodontie pour éviter l'apparition de butée et préserver la courbure originelle du canal (Schafer, 2001).

1.2.2.3.4. L'efficacité de coupe

L'efficacité de coupe d'un instrument peut être exprimée par rapport à la quantité de dentine éliminée par unité d'énergie émise. Elle est fonction du type d'alliage de l'instrument, de sa dimension, de sa géométrie, de sa conicité, ainsi que de la section et des bords coupants. L'efficacité de coupe des limes en Ni-Ti semble être supérieure à celle des instruments en acier inoxydable (Kazemi *et coll.*, 1996). Cependant, le Ni-Ti étant plus ductile que l'acier inoxydable, il est moins efficace en coupe lors d'une utilisation manuelle ; sa mécanisation le

rend cependant plus coupant que l'acier inoxydable (Tepel *et coll.*, 1993 , Walia *et coll.*, 1988 , Arbab-Chirani *et coll.*, 2010 , Saunders., 2005).

1.2.2.3.5. La résistance du Ni-Ti

Les instruments en Ni-Ti doivent être utilisés sans effort et sans résistance. La résistance à la déformation par torsion est deux à quatre fois supérieure aux limes en acier inoxydable, au delà l'instrument se déforme et le risque de fracture augmente (Walia *et coll.*, 1988 ; Rowan *et Coll.*, 1996).

Si l'on exerce une contrainte trop importante sur l'instrument en Ni-Ti, alors celui-ci devient plus propice à la fracture (selon un mode ductile) ; la limite de déformation plastique est atteinte et un défaut apparaît puis se propage.

Concernant la fracture par fatigue cyclique, en flexion, les instruments endodontiques en Ni-Ti ont une faible résistance à la rupture lors d'un usage répété (Pruett, 1997). Toutefois, les instruments en Ni-Ti sont plus résistants à la fracture due à la fatigue cyclique que ceux en acier inoxydable. Souvent, cette fracture survient sans signe précurseur (Martin *et coll.*, 2003). C'est une des raisons pour lesquelles l'utilisation d'instruments à usage unique peut avoir un intérêt.

1.2.3. Avantages

Le principal avantage de cet alliage est évidemment sa superélasticité, qui en fait un allié précieux dans la préparation canalaire, notamment pour les canaux courbes. Ainsi, l'instrument en Ni-Ti va suivre la courbure canalaire et engendrer moins de déformation que son homologue en acier inoxydable permettant de plus l'obtention d'une préparation canalaire avec une conicité plus importante (Crespo *et coll.*, 2008).

L'utilisation d'instruments en Ni-Ti permet aussi une meilleure préparation des parois canalaires si nous la comparons à celle obtenue avec des instruments en acier inoxydable (Zmener *et coll.*, 2011).

La superélasticité du Ni-Ti permet également l'obtention d'instruments endodontiques de plus forte conicité tout en diminuant l'effet de vissage et en augmentant l'effet de coupe par modification des contacts entre l'instrument et les parois canalaires.

De plus, il a été montré que l'extrusion apicale de débris lors de la préparation canalair est plus importante à l'aide d'instruments endodontiques manuels en acier inoxydable qu'avec des instruments rotatifs en Ni-Ti (Ferraz *et coll.*, 2001) et permet également une reproductibilité plus importante des préparations canalaires.

De même l'usage d'instruments en Ni-Ti limite le risque d'erreurs per-opératoires (perforations, création de butées par exemple) (Gambil *et coll.*, 1996, Iqbal *et coll.*, 2003).

Enfin, l'instrumentation mécanisée en Ni-Ti permet une préparation canalair plus rapide qu'avec les instruments endodontiques manuels en acier inoxydable, ce qui permet de rendre le temps gagné à l'irrigation canalair (Hulsmann *et coll.*, 2005).

1.2.4. Inconvénients

Le risque de fractures instrumentales est l'inconvénient principal, du fait de la mécanisation de ces instruments. Il est évidemment majoré lors de la préparation de canaux comportant des courbures marquées. L'instrument en fonction subit alors d'importantes contraintes en flexion, liées à l'anatomie, et en torsion, liées à l'effet de gainage contre les parois. Certaines études montrent que la majorité des fractures ont lieu en flexion (Parashos *et coll.*, 2004), alors que d'autre concluent à une majorité de fractures en torsion (Alapati *et coll.*, 2003). D'autres facteurs sont à prendre en compte tels que le respect des consignes d'utilisation du fabricant comme la vitesse de rotation ou le torque par exemple, mais aussi le nombre d'utilisations de l'instrument, la complexité du cas et la qualité de la préparation de la cavité d'accès endodontique. D'autre part, les facteurs technologique tels que la fabrication des instruments ou humains comme l'expérience et les forces appliquées par l'opérateur sont également à prendre en considération. La fracture est donc multifactorielle.

L'utilisation d'instruments mécanisés en Ni-Ti peut être contre-indiquée en cas d'ouverture buccale limitée. Des fabricants commercialisent des contres-angles et des limes de taille réduite pour y remédier comme le contre-angle InGet® de la marque MICRO-MEGA® par exemple.

1.3 Synthèse comparative des propriétés de l'acier inoxydable et du Ni-Ti

Ce tableau résume les différences de propriétés entre l'acier inoxydable et le Ni-Ti (Tableau 5).

Tableau 5 : Tableau comparatif des propriétés de l'acier inoxydable et du Ni-Ti (Arbab-Chirani *et Coll.*, 2013).

<i>Propriété</i>	<i>Ni-Ti</i>	<i>Acier Inoxydable</i>
<i>Flexibilité</i>	++	0
<i>Résistance à la corrosion</i>	+	+
<i>Efficacité de coupe</i>	0 + si mécanisation	+
<i>Résistance à la torsion</i>	+	+
<i>Résistance à la fatigue</i>	++	+
<i>Usinabilité</i>	+	+

2. L'instrumentation mécanisée unique de mise en forme canalaire

Comme nous l'avons vu précédemment, de part ses qualités et propriétés remarquables, le Ni-Ti est l'alliage de choix pour la fabrication d'instruments endodontiques de mise en forme canalaire mécanisée.

Les concepts de préparation en rotation continue ou préparation mécanisée, puis en rotation à mouvement réciproque sont apparus avec l'avènement du Ni-Ti. En effet, l'alliage Ni-Ti par ses propriétés mécaniques intéressantes autorise la conception d'instruments à forte conicité favorables à une application mécanisée du concept de préparation corono-apicale. La tendance actuelle étant à la réduction du nombre de limes pour la mise en forme canalaire, les industriels ont donc développé des instruments dits « uniques ». Cela serait évidemment une révolution pour le monde de l'endodontie à condition que la qualité et l'efficacité des traitements canaux ne soient pas remises en question.

2.1. Instrumentation rotative unique à mouvement continu

2.1.1. Description

Ce sont des instruments de mise en forme canalaire en Ni-Ti utilisés avec un mouvement de faible amplitude (2 à 3 mm) de va-et-vient corono-apical. La vitesse de

rotation est constante et comprise entre 250 et 600 tours par minute ; il est essentiel de se référer aux indications du fabricant et de les respecter. Plusieurs instruments uniques à mouvement continu sont disponibles actuellement sur le marché (F360®, One Shape®, F6 SkyTaper® par exemple). Chacun d'entre eux présentant des caractéristiques de longueurs, de conicités et de diamètres différents. Le profil et la section de coupe de chaque instrument varie également selon les fabricants. Les instruments sont dit uniques, c'est à dire qu'un seul instrument est suffisant à la mise en forme canalaire après cathétérisme initial. Cette particularité entraîne un usage unique de l'instrument alors soumis à de fortes contraintes lors de son utilisation.

L'utilisateur peut monter ces limes uniques de mise en forme canalaire soit directement sur l'unité de son fauteuil avec un contre angle réducteur dédié (Figure 12) ou alors utiliser des moteurs spécifiques de rotation continue. Les contres-angles réservés aux instruments en Ni-Ti présentent des facteurs de réduction importants (de 1/75 à 1/128), diminuant la vitesse de rotation. Les contre-angles indépendants ont l'avantage d'être programmables (torque, vitesse de rotation) et peuvent être sans fil. L'inconvénient est l'achat d'un périphérique supplémentaire (Figures 13 et 14).



Figure 12 : Photographie d'un contre angle réducteur d'endodontie (Anthogyr®).



Figure 13 : Moteur de rotation continue MM-Control de la marque MICRO-MEGA®

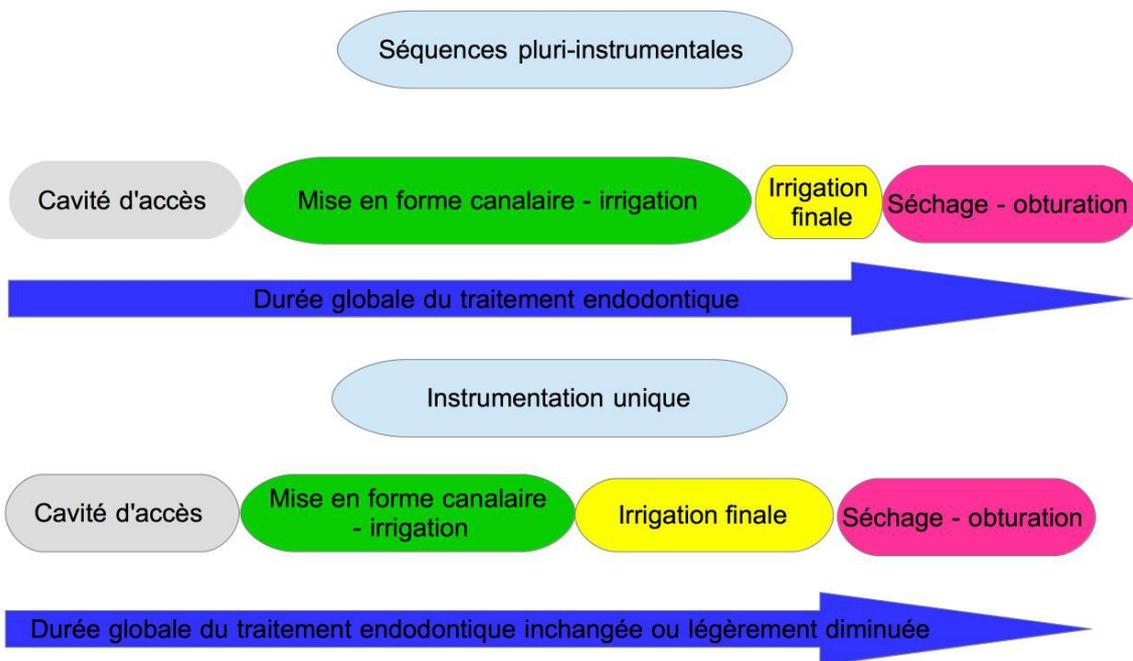


Figure 14 : Moteur sans fil de rotation continue, NSK Endo-Mate TC2® (NSK®).

2.1.2. Avantages

L'instrumentation unique à mouvement continu en comparaison aux séquences pluri-instrumentales comporte de nombreux avantages :

- gain de temps lors de la mise en forme canalaire (un seul instrument). Ce gain de temps doit être rendu à l'irrigation canalaire (Figure 15).



- meilleur centrage de l'instrument, forte conicité, diminution du risque de butée (Burklein *et coll.*, 2013),

- facilitation de la gestion des stocks et la stérilisation du fait de l'usage unique : les praticiens n'ont plus alors à gérer le nombre de stérilisations de leurs instruments endodontiques qui peut être source de confusion (Plotino *et coll.*, 2012). De plus, de nombreuses études montrent une contamination possible entre deux patients après réutilisation d'instruments endodontiques stérilisés. L'instrumentation unique endodontique de mise en forme canalaire permettrait de palier ces problèmes (Pertot *et coll.*, 2011).

Figure 15 : Schéma montrant la différence de mise en oeuvre entre l'utilisation d'instruments uniques ou des séquences pluri-instrumentales (Document personnel).

2.1.3. Inconvénients

L'utilisation d'un seul instrument pour la mise en forme canalaire peut être un inconvénient dans le cas de canaux très calcifiés, ou alors difficiles à traiter endodontiquement. Le risque de fracture de ces instruments en Ni-Ti est toujours existant même si nous verrons qu'il est réduit. Il existe en effet deux types de fracture instrumentale (Martin et Machtou, 2011). La fracture de type 1 qui résulte de l'engagement des spires dans les parois canales et entraîne une rupture par l'application d'un couple de torsion trop important sur l'instrument. D'autre part, la fracture de type 2, par fatigue cyclique, résulte elle de l'utilisation prolongée d'un instrument. Ainsi les instruments uniques seraient concernés essentiellement par des fractures de type 1 c'est à dire des fractures par torsion. En effet, ces instruments ne servant que pour un seul traitement endodontique, ils sont moins concernés par la fatigue cyclique.

2.2. Instrumentation rotative unique à mouvement réciproque

2.2.1. Description

Le mouvement de réciprocity a été exploré à la fin des années 1990. Il s'agit d'un mouvement alternatif d'amplitude différente dans un sens horaire et anti-horaire qui fût à la base appelé « mouvement alternatif asymétrique ». Cependant, ce terme a été remplacé par le terme de « réciprocity » ou encore « mouvement réciproque » (Martin et Machtou, 2011). Il n'est pas à confondre avec le mouvement réciproque symétrique qui est en effet un mouvement d'amplitude égale dans les deux sens. La différence réside dans le fait que le mouvement de visage (horaire) est plus important en amplitude que le mouvement de dévissage (antihoraire). Ce mouvement a été décrit par Yared (2008).

Ce type de mouvement est utilisé actuellement par le Wave One® (Dentsply-Maillefer) et le Reciproc® (Dentsply-VDW). Ces nouveaux instruments ont largement été étudiés et ont connu des évolutions (comme le Wave One® Gold) (Figure 16) que nous décrirons plus largement en troisième partie.



Figure 16 : Instrument Wave One® Gold (Dentsply).

2.2.2. Avantages

Le mouvement réciproque permet de diminuer le risque de fracture par torsion (type 1) par son mouvement alternatif. De plus il réduit la fatigue cyclique des instruments limitant également les fractures de type 2 (Varela-Patino *et coll.*, 2010). Un autre intérêt est que ce mouvement élimine virtuellement tout effet de vissage et d'aspiration, et donc diminue encore le risque de fracture par torsion (De-Deus *et coll.*, 2010). Ce mouvement permet de limiter le risque d'engagement des spires dans la dentine par décharge des contraintes accumulées. Enfin, l'avantage principal de ces instruments canalaires à mouvement réciproque est le parfait centrage de l'instruments sur la trajectoire canalair (Yared, 2008). La facilité d'utilisation de ces instruments et la courbe d'apprentissage réduite ne doivent pas faire oublier la séquence d'irrigation canalair. Les instruments uniques à mouvement réciproque présentent les mêmes avantages que l'instrumentation unique à mouvement continu.

2.2.3. Inconvénients

L'utilisation de ces limes nécessite un moteur spécial pré-réglé aux valeurs angulaires spécifiques pour chaque système et donc un coût supplémentaire (Figure 17) : le praticien doit donc utiliser un moteur indépendant. De plus, l'usage de tels instruments peut surprendre le praticien au début de l'apprentissage, un temps d'adaptation est donc nécessaire.



Figure 17 : Moteur Gold Reciproc de chez Dentsply VDW (www.gacd.fr).

Même si elle est diminuée en raison de l'usage unique des instruments et du mouvement anti-horaire, la fracture instrumentale (par fatigue cyclique) associée au mouvement horaire (torsion), reste un inconvénient (Plotino *et coll.*, 2012).

2.3. Principe de la mise en forme mono-instrumentale

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

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

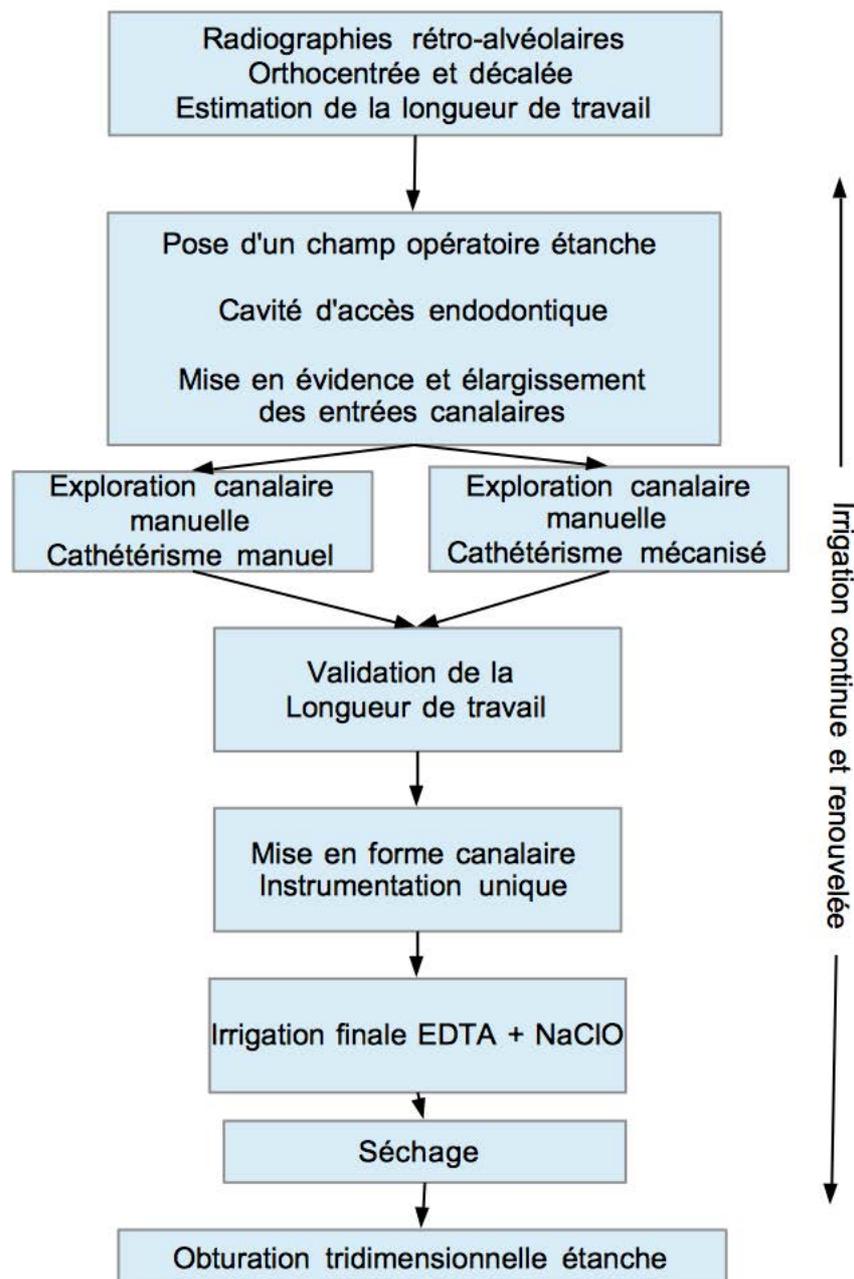
Il est ensuite nécessaire de réaliser une exploration canalaire dite passive à l'aide d'une lime 8/100° de mm ou 10/100° de mm. L'étape suivante est la réalisation d'un « *glide path* », c'est à dire l'utilisation d'instruments de cathétérisme rotatifs afin de parvenir au pré-élargissement et à la détermination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

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

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

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

Ce protocole est schématisé par la Figure 18.



2.4. Règles d'utilisation des instruments uniques rotatifs de mise en forme canalaire

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

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

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

Figure 18 : Protocole d'un traitement endodontique par utilisation d'instrumentation unique (Document personnel).

3. Les principaux systèmes mono-instrumentaux de mise en forme canalaire

Nous allons dans un premier temps décrire les systèmes de préparation canalaire mono-instrumentaux et leurs protocoles d'utilisation avant de réaliser une revue de littérature pour les comparer entre eux et aux systèmes de préparation canalaire pluri-instrumentaux selon des critères qualitatifs prédéfinis.

3.1. Rotation continue

3.1.1. F360® (Komet®)

3.1.1.1. Caractéristiques

Cet instrument a été mis au point et commercialisé par la société Komet® en 2014. Il est usiné en Ni-Ti, emballé sous blister stérile (Figure 19), et à usage unique.



Figure 19 : Conditionnement du F360® (Komet®, 2014).

3.1.1.1.1. Profil de l'instrument

Le F360® a une section en double « S » (Figure 20) qui lui confère une bonne efficacité de coupe (angle de coupe positif). Il présente par ailleurs une pointe inactive et un pas progressif variable dont l'angle de coupe varie de la pointe vers le mandrin dans le but d'augmenter l'efficacité de coupe en diminuant l'effet de vissage et de favoriser l'évacuation des débris (Claisse-Crinquette et Robberecht, 2014).



Figure 20 : Image en microscopie à balayage électronique représentant une coupe en section transversale du F360® (Komet®).

3.1.1.1.2. Paramètres géométriques

Cet instrument à une conicité constante de 4%.

L'instrument unique de mise en forme canalaire F360® existe en 3 longueurs : 21, 25 et 31 mm. Pour chacune de ces longueurs il existe différents diamètres de pointe et donc de finition apicale : 25/100^e de mm, 35/100^e de mm, 45/100^e de mm et 55/100^e de mm.

3.1.1.2. Protocole d'utilisation (Komet®, 2014)

Après réalisation des préalables à tout acte endodontique vus dans la partie précédente, les entrées canalaires doivent être ensuite élargies sur les deux à trois premiers millimètres, à l'aide d'un *opener* (AlphaKite Opener® de chez Komet® par exemple). Cet *opener* est ici un instrument de 19 mm de long avec un diamètre de pointe de 30/100° de mm et une conicité de 10%.

L'opérateur peut ensuite utiliser un instrument unique de cathétérisme comme le PathGlider® (Komet®) à 3% de conicité disponible en diamètre de pointe de 15/100° de mm et 20/100° de mm pour préparer le passage des instruments suivants. Il est aussi possible de réaliser cette étape à l'aide d'instruments manuels en acier inoxydable pré-courbés.

Après avoir validé la longueur de travail à l'aide d'un localisateur d'apex et d'une radiographie lime en place, l'opérateur peut ensuite utiliser le F360® pour réaliser la mise en forme canalair. Selon les recommandations du fabricant l'instrument doit tourner à une vitesse optimale de 250 à 350 tours par minute avec un torque de 1,8 Ncm. Il est aussi recommandé de réaliser un mouvement de *picking* (va-et-vient) dans le canal pour être continuellement en mouvement. Une fois la lime amenée à la longueur de travail, le praticien peut, si la situation clinique le nécessite, élargir sa préparation avec un instrument de finition à 6% (F6 SkyTaper®) ou alors obturer directement le ou les canaux à l'aide de la technique de son choix.

Il est essentiel de renouveler l'irrigation canalair entre chaque passage d'instrument, après avoir vérifier la perméabilité canalair à l'aide d'une lime manuelle en acier inoxydable (K15).

La figure 21 présente le protocole à suivre pour réaliser la mise en forme canalair à l'aide de l'instrument unique F360® (Figure 21).

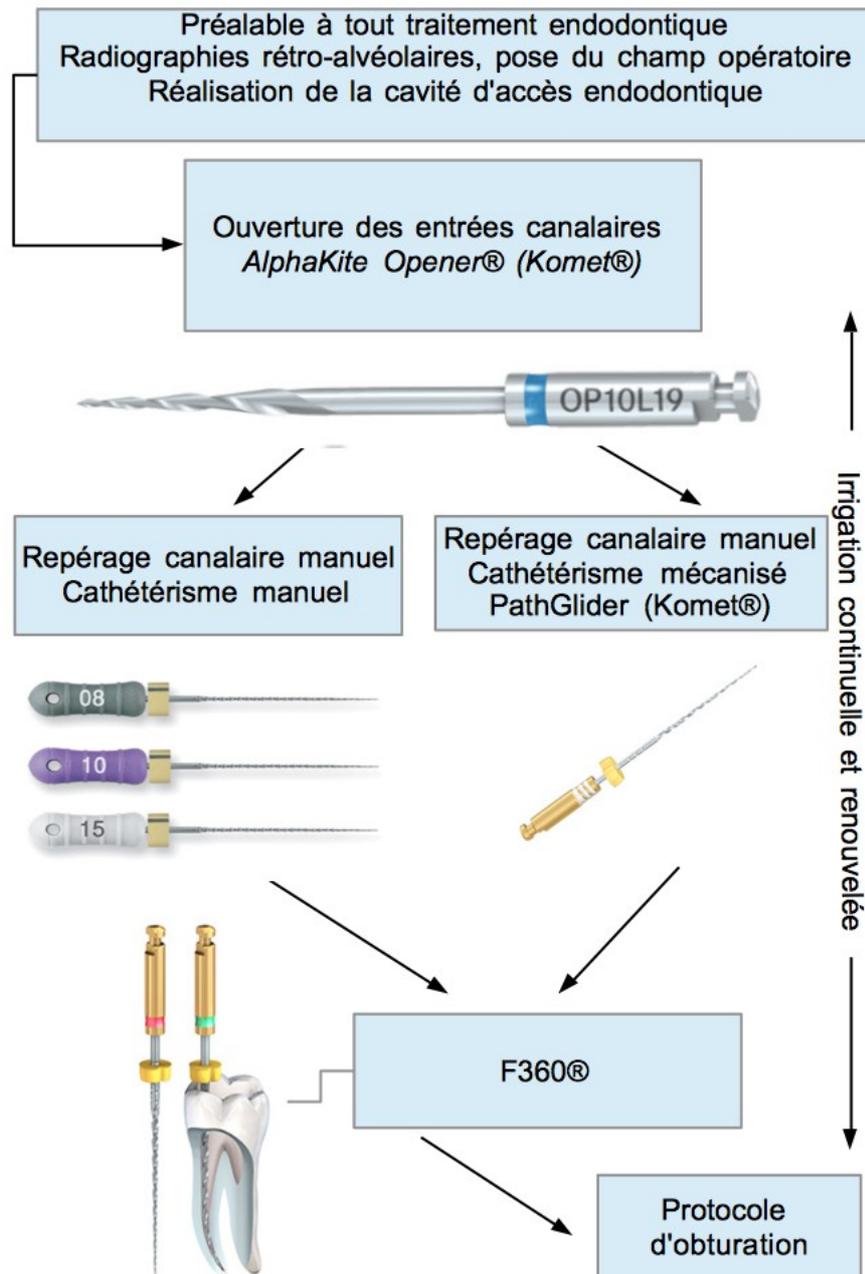


Figure 21 : Schéma récapitulatif du protocole d'utilisation du système de mise en forme canalaire F360® (D'après Komet®).

3.1.2. F6 SkyTaper® (Komet®)

3.1.2.1. Caractéristiques

Cet instrument a été mis au point et commercialisé par la société Komet® en janvier 2015. Il est usiné en Ni-Ti, livré en emballage stérile sous blister, et à usage unique. Il est à utiliser selon le mouvement de rotation continue et est une évolution de l'instrument unique F360®. La principale différence entre les deux instruments est leur conicité.

3.1.2.1.1. Profil de l'instrument

Le F6 SkyTaper® a le même profil et donc les mêmes avantages que le F360®, à savoir une section en double « S » (Figure 22). Son pas est variable progressif avec une pointe inactive.

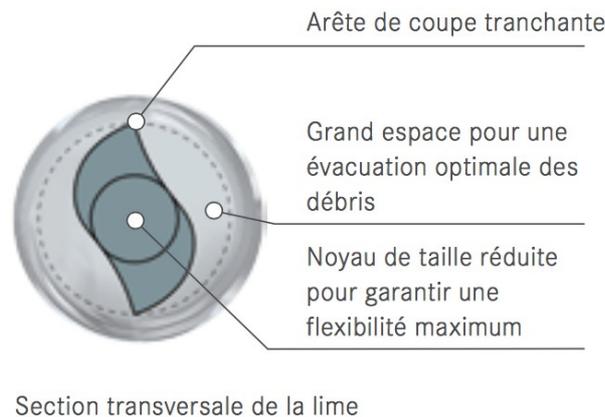


Figure 22 : Image représentant la section transversale du F6 SkyTaper® en coupe (Komet®).

3.1.2.1.2. Paramètres géométriques

Le F6 SkyTaper® a une conicité constante de 6%, contrairement au F360® qui a une conicité de 4%. Il existe en trois longueurs (21, 25 et 31 mm) et 5 tailles de diamètre apical pour chaque longueur : 20/100° de mm, 25/100° de mm, 30/100° de mm, 35/100° de mm, 40/100° de mm (Figure 23).



Figure 23 : Photographie des trois instruments F6 SkyTaper® (Komet®, 2015).

3.1.2.2. Protocole d'utilisation (Komet®, 2015)

Le protocole d'utilisation est sensiblement le même que pour le F360®, hormis le fait que cet instrument ayant une conicité de 6%, il n'est pas nécessaire de repasser un instrument pour majorer la conicité de la préparation canalaire une fois celle-ci terminée.

Après réalisation du préalable à tout acte endodontique (voir partie 2), le praticien doit élargir les entrées canalaire à l'aide de l'AlphaKite *Opener*®, puis réaliser le cathétérisme à l'aide de limes manuelles en acier inoxydable ou de limes rotatives de cathétérisme initial (ex: *PathGlider*® de chez Komet®). Après détermination et validation de la longueur de travail, le praticien devra choisir un instrument de deux diamètres de pointe supérieurs comparé à l'instrument manuel de cathétérisme utilisé. Par exemple, si lors du cathétérisme initial il est aisé d'aller à l'apex avec une lime manuelle d'un diamètre de pointe de 15/100° de mm le praticien utilisera alors le F6 SkyTaper® avec un diamètre de pointe de 25/100° de mm pour réaliser la mise en forme canalaire. Selon les recommandations du fabricant l'instrument doit tourner à une vitesse optimale de 300 tours par minute pour un torque de 2,2 Ncm pour les instruments de diamètre 20/100° de mm à 30/100° de mm, et de 2,8 Ncm pour les instruments de diamètre 35/100° de mm et 40/100° de mm. Il est aussi recommandé de réaliser un mouvement de *picking* (va-et-vient) dans le canal de manière à être continuellement en mouvement.

Il est essentiel de renouveler l'irrigation canalaire entre chaque passage instrumental, après avoir vérifié la perméabilité canalaire à l'aide d'une lime manuelle en acier inoxydable (K10 ou K15).

Une fois la mise en forme canalaire terminée, le praticien peut réaliser le séchage canalaire et l'obturation tridimensionnelle étanche.

La Figure 24 est un schéma représentant le protocole de mise en forme canalaire à l'aide de l'instrument unique F6 SkyTaper®.

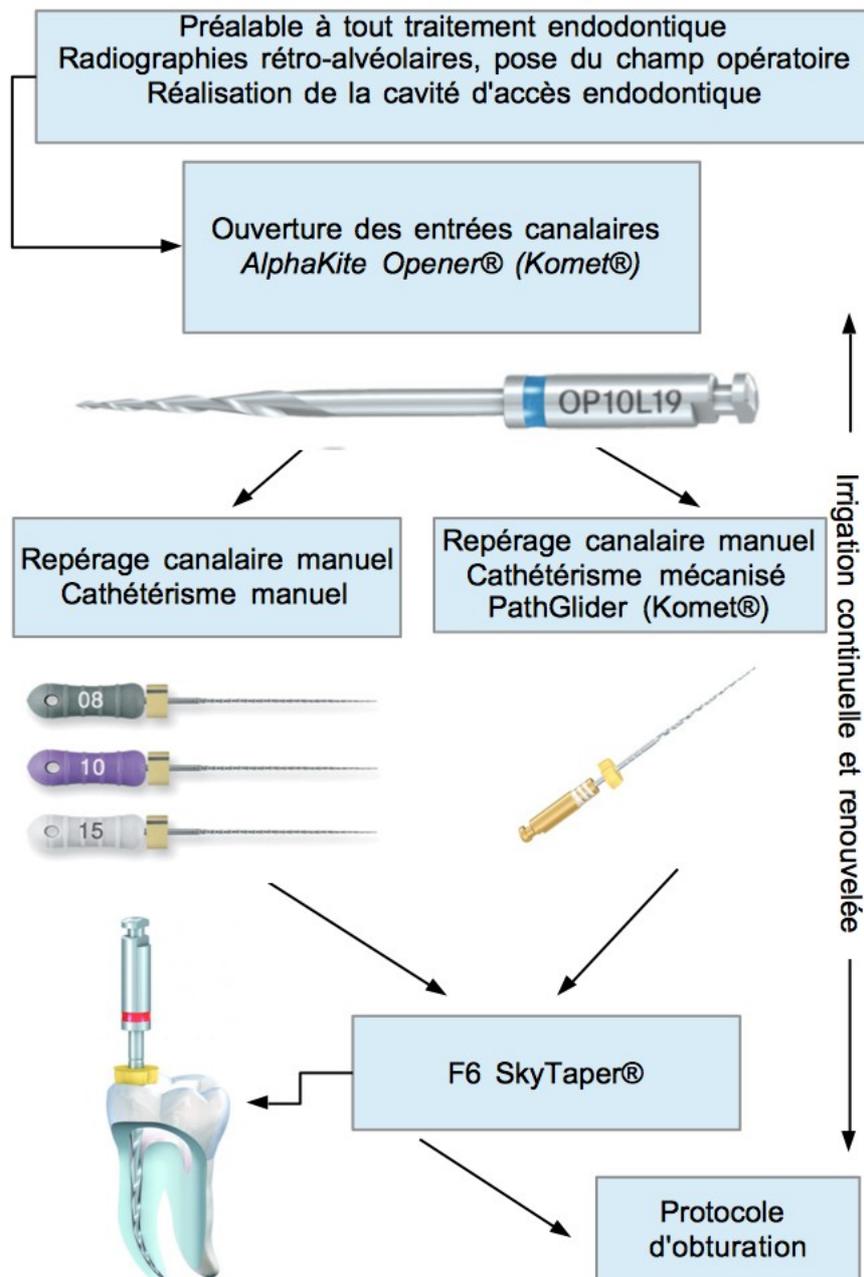


Figure 24 : Schéma récapitulatif du protocole d'utilisation du système F6 SkyTaper®
(D'après Komet®).

3.1.3. One Shape® New Generation (MICRO-MEGA®)

3.1.3.1. Caractéristiques

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

3.1.3.1.1. Profil de l'instrument

Le One Shape® New Generation dispose d'une section variable dissymétrique tout au long de la lame. La section de l'instrument varie d'une forme de triple hélice à 3 arêtes de coupe dans la partie apicale à une section en forme de « S » à 2 arêtes de coupe dans la partie coronaire (Figure 25). Ce passage se fait avec une zone de transition et cette variabilité de section sur les trois zones de la partie active permet au One Shape® New Generation de travailler dans le canal comme trois instruments successifs (Burklein *et coll.*, 2013). L'instrument dispose également de trois repères de profondeur sur la lime (19, 20 et 22 mm).

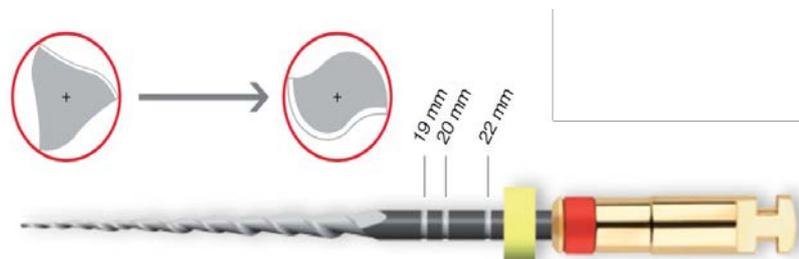


Figure 25 : One Shape® New Generation (MICRO-MEGA®, 2015).

3.1.3.1.2. Paramètres géométriques

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

l'instrument One Shape® Apical 2 avec un diamètre de pointe de 37/100° de mm, tout deux disponibles en 3 longueurs.

3.1.3.2. Protocole d'utilisation

Après réalisation du préalable à tout traitement endodontique, l'opérateur à l'aide de l'*Endoflare*® (MICRO-MEGA®) procède à l'ouverture des entrées canalaires. C'est un instrument de 15 mm de long, de conicité 12 % avec un diamètre de pointe de 25/100° de mm. Cet instrument ne doit pas travailler sur plus des deux ou trois premiers millimètres du canal.

Le cathétérisme peut ensuite être réalisé à l'aide de limes manuelles en acier inoxydable (K10 et K15), ou bien avec des instruments rotatifs de cathétérisme, en Ni-Ti comme le One G® ou encore le couple d'instruments G1® et G2® d'autre part, à la longueur de travail estimée.

L'instrument One G® est un instrument unique de cathétérisme en Ni-Ti, à pointe non travaillante qui existe en 3 longueurs : 21, 25 et 29 mm avec une conicité de 3% et un diamètre de pointe de 14/100° de mm. Il présente une section dissymétrique innovante dont les 3 arrêtes de coupe sont situées sur 3 rayons différents par rapport à l'axe canalair permettant une meilleure élimination des débris et une action de pré-élargissement canalair. Il est conseillé de l'utiliser avec une vitesse de rotation comprise entre 250 et 400 tours par minute pour un torque de 1,2 NCm.

Les instruments G1 et G2 sont des instruments rotatifs de cathétérisme initial à pointe non travaillante. Ils ont un diamètre de pointe respectivement de 12/100° de mm et 17/100° de mm et une conicité de 3%. Leur section de coupe est la même que l'instrument One G®. Il est conseillé de les utiliser avec une vitesse de rotation comprise entre 250 et 400 tours par minute pour un torque de 1,2 NCm.

Après validation de la longueur de travail, le praticien peut réaliser la mise en forme canalair à l'aide de l'instrument unique One Shape® New Génération. Il est tout d'abord amené aux deux-tiers de la longueur de travail, puis après une séquence d'irrigation canalair le One Shape® New Generation est amené à 3 mm de l'apex et enfin, après une nouvelle irrigation, l'instrument est amené à l'apex. La vitesse de rotation recommandée est de 350 à 450 tours par minute, en rotation continue avec un couple maximal de 2,5 NCm.

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

Il est essentiel de renouveler l'irrigation canalaire entre chaque passage d'instrument, après avoir vérifié la perméabilité canalaire à l'aide d'une lime manuelle en acier inoxydable (K10 ou K15).

La Figure 26 résume schématiquement le protocole de réalisation d'un traitement endodontique à l'aide du One Shape® New Generation (D'après la notice d'utilisation de MICRO-MEGA®).

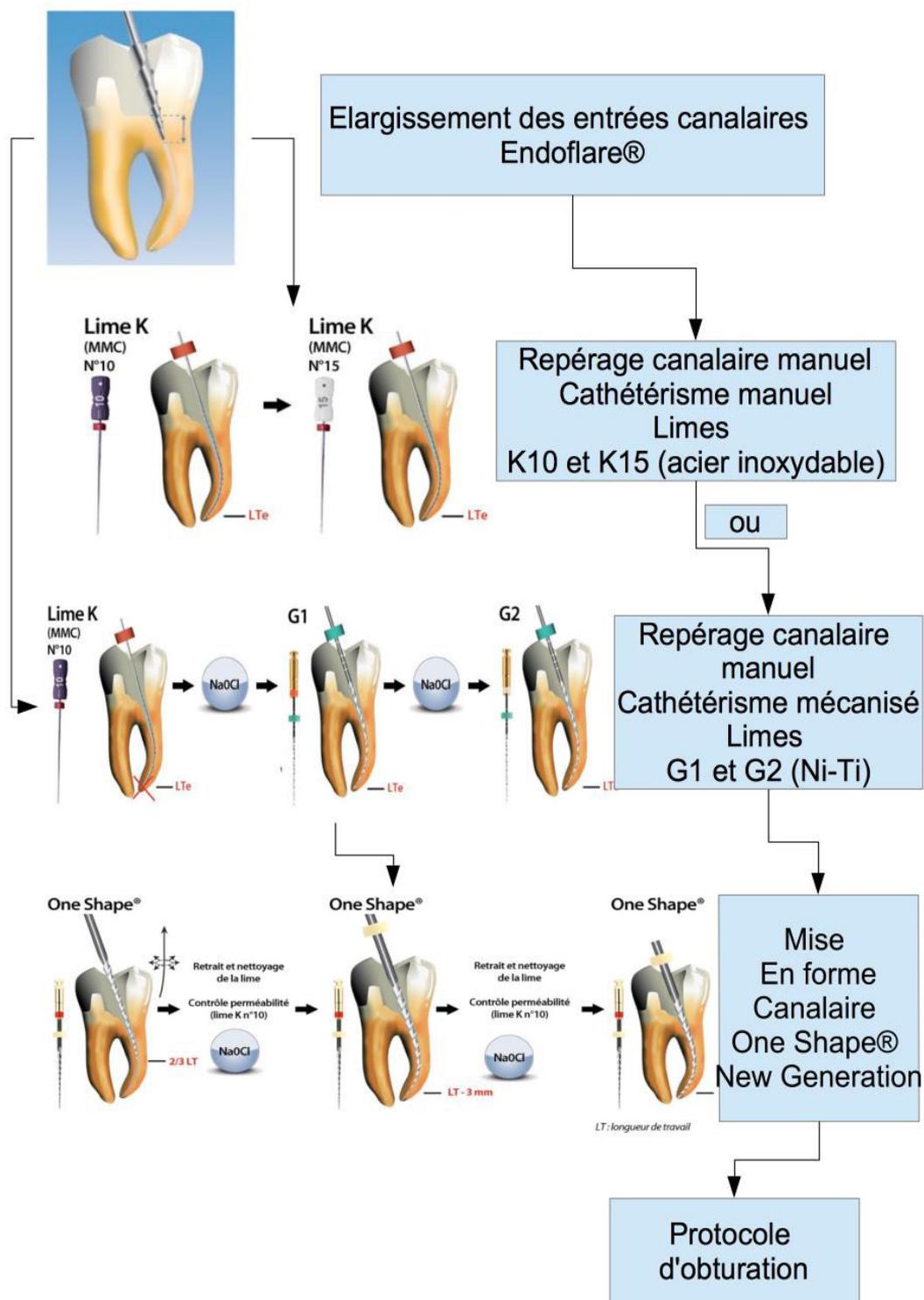


Figure 26 : Schéma récapitulatif du protocole d'utilisation du système One Shape® New Generation (D'après MICRO-MEGA®).

3.1.4. Neoniti® A1 (Neolix®)

C'est un instrument unique de préparation canalaire en Ni-Ti destiné à la mise en forme canalaire en rotation continue. Il est commercialisé sous blister non stérile. Le praticien doit alors le stériliser avant utilisation, ce qui réduit l'avantage ergonomique d'utilisation d'instruments uniques de mise en forme canalaire.

3.1.4.1. Caractéristiques

3.1.4.1.1. Profil de l'instrument

Cet instrument présente une section rectangulaire non homothétique qui permet une flexibilité progressive le long de la lame. Les faces et les arrêtes ont une surface abrasive qui permet de majorer l'effet de coupe autorisant une meilleure élimination de la *smear layer* résiduelle. Cet instrument subit aussi un traitement thermique lors de sa fabrication ce qui permet d'augmenter sa flexibilité et sa résistance à la fatigue.

La tige, sur sa partie non travaillante dispose de quatre repères circulaires de profondeur respectivement à 18, 19, 21 et 23 mm (Figure 27).



Figure 27 : Photographie de l'instrument Neoniti® A1 (Neolix®, 2015).

3.1.4.1.2. Paramètres géométriques

Le Neoniti® A1 a une conicité constante de 8%. Cet instrument existe en deux longueurs : 21 et 25 mm. Pour chaque longueur, il existe trois diamètres de pointes différents : 20/100° de mm, 25/100° de mm et 40/100° de mm.

3.1.4.2. Protocole d'utilisation

Après réalisation du préalable à tout traitement endodontique, le praticien va alors localiser et élargir les entrées canalaires à l'aide de l'instrument Neoniti® C1, qui est un *opener*. C'est un instrument en Ni-Ti d'une conicité de 12 %, avec un diamètre de pointe de 25/100° de mm et d'une longueur de 15 mm. Il est à utiliser en rotation entre 300 et 500 tours par minute avec un torque maximale de 1,5 NCm.

Après réalisation d'un cathétérisme et validation de la longueur de travail, le praticien peut alors réaliser la mise en forme canalair à proprement parler. L'opérateur réalise trois ou quatre mouvements de va-et-vient dans le tiers médian du canal à l'aide de l'instrument unique Neoniti® A1, en l'associant avec un appui pariétal. Après avoir irrigué, il est nécessaire de récapituler avec une lime manuelle K10 ou K15. Enfin, l'instrument Neoniti® A1 peut être amené à la longueur de travail par un mouvement axial (*picking*). Selon les recommandations du constructeur l'instrument doit tourner avec une vitesse comprise entre 300 et 500 tours par minutes avec un torque maximal de 1,5 NCm.

Il est essentiel durant toute la durée de ce protocole de récapituler avec une lime manuelle en acier inoxydable entre chaque passage d'instruments, et de travailler en associant une irrigation continue et renouvelée à l'hypochlorite de sodium.

Enfin, le praticien peut réaliser l'obturation canalair selon la méthode de son choix après une séquence d'irrigation finale.

La figure 28 représente le protocole de mise en forme canalair à l'aide de cet instrument (Figure 28).

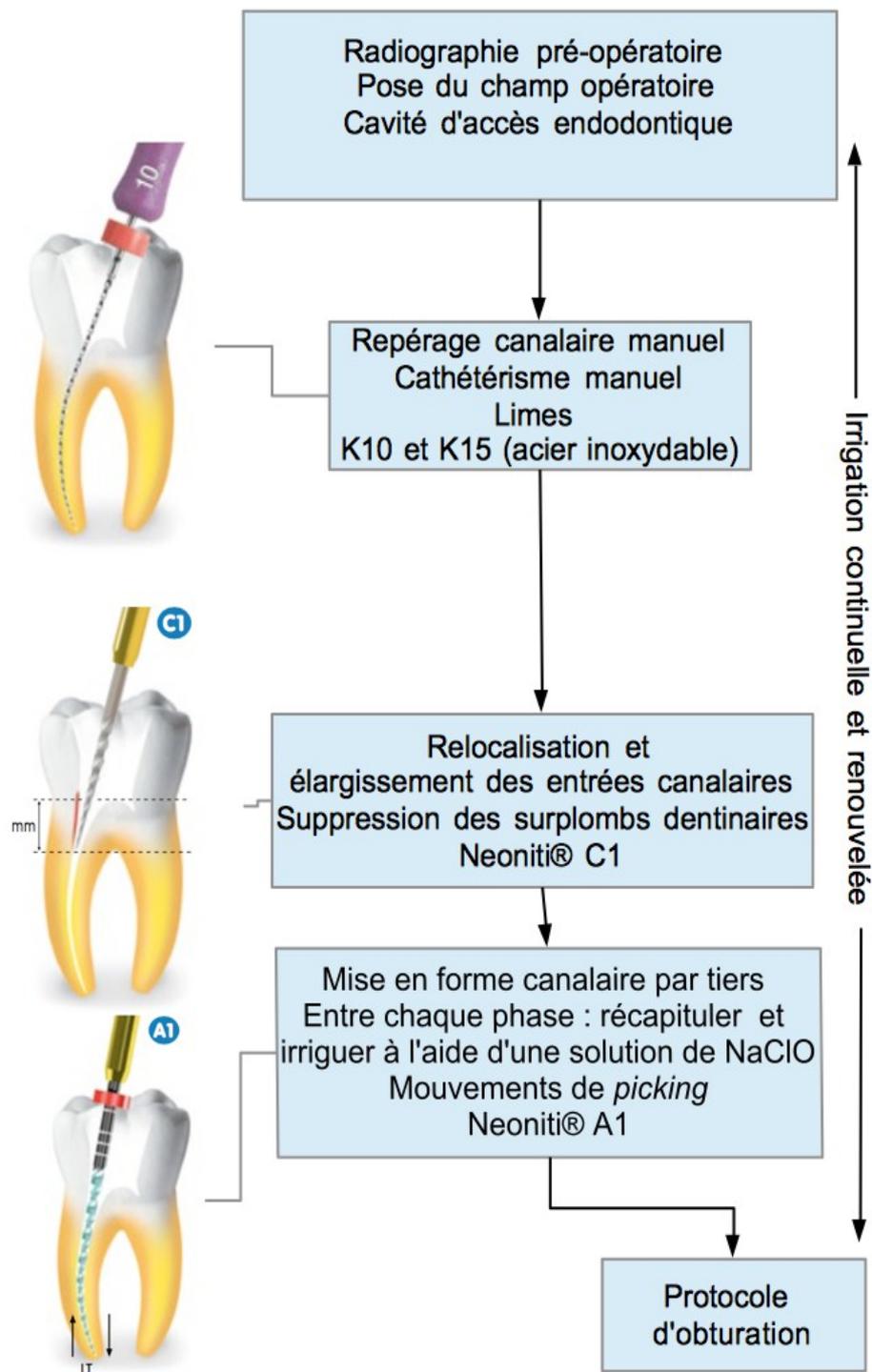


Figure 28 : Schéma récapitulatif du protocole d'utilisation du système Neoniti A1®
(D'après Neolix®).

3.2. Mouvement réciproque

3.2.1. Réciproc® (Dentsply-VDW®)

3.2.1.1. Caractéristiques

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

3.2.1.1.1. Profil de l'instrument

Cet instrument présente un pas à gauche, c'est à dire une hélice inversée par rapport aux instruments traditionnels, et coupe donc en sens anti-horaire. Il présente un angle d'hélice et un pas d'hélice variables, afin d'augmenter la flexibilité et permettre une meilleure évacuation des débris. La section de l'instrument est asymétrique et présente 2 arêtes coupantes (Figure 29). Sa pointe est non active.



Figure 29 : Section asymétrique du Reciproc® avec deux angles de coupe, observée en microscopie électronique à balayage (Dentsply-VDW®).

3.2.1.1.2. Paramètres géométriques

Le Reciproc® présente une conicité variable inversée, c'est à dire que la conicité maximale est située sur les trois derniers millimètres de l'instrument et diminue coronairement. Ainsi, la conicité apicale est majorée, tout en conservant une flexibilité globale satisfaisante par rapport à des instruments de conicité constante. De plus, cela permet d'éviter d'éliminer trop de dentine coronairement et donc de limiter la fragilisation des structures dentaires résiduelles. La conicité sur les trois derniers millimètres est différente selon le diamètre de pointe de l'instrument choisit. Pour le Réciproc® 1, d'un diamètre de pointe de 25/100° de mm la conicité est de 8%, elle est de 6% pour le Réciproc® 2 (diamètre de pointe de 40/100°) et de 5% pour le Reciproc® 3 (diamètre de pointe de 50/100° de mm) (Figure 30).



Figure 30 : Photographie représentant les trois conicités d'instruments Reciproc® disponibles (Dental Tribune, 2013).

Le Reciproc® existe en trois longueurs d'instruments, 21, 25 et 31 mm et trois diamètres de pointe, 25/100° de mm, 40/100° de mm et 50/100° de mm.

3.2.1.2. Protocole d'utilisation (Dentsply-VDW®, 2011)

L'instrument à utiliser doit avoir un diamètre et une conicité supérieurs au canal à préparer. D'une manière générale, les canaux étroits seront à préparer à l'aide du Réciproc® 1, et les canaux plus larges et droits avec le Reciproc® 2 ou 3.

Après réalisation des préalables à tout traitement endodontique, le praticien procède au cathétérisme, avec des limes manuelles ou mécanisées de faible diamètre jusqu'à la longueur

de travail estimée. Si le praticien sent une butée, il s'arrête à cette longueur. La mise en forme canalaire consistera alors à passer le Reciproc® 1, jusqu'à la longueur obtenue avec le passage des limes précédentes. La vitesse de rotation de l'instrument Reciproc® est de 300 tours par minute. L'instrument est introduit dans le canal en réciprocity et animé d'un mouvement de *picking*, en va-et-vient qui le fait progresser en direction apicale. Après deux ou trois passages de l'instrument, ou si un blocage apparaît, l'instrument est retiré, nettoyé à l'aide d'une compresse stérile imbibée d'hypochlorite de sodium et le canal est irrigué avec cette même solution. L'instrument est alors remis dans le canal, plus apicalement et sans pression jusqu'à atteindre la longueur obtenue avec la lime K d'exploration canalaire.

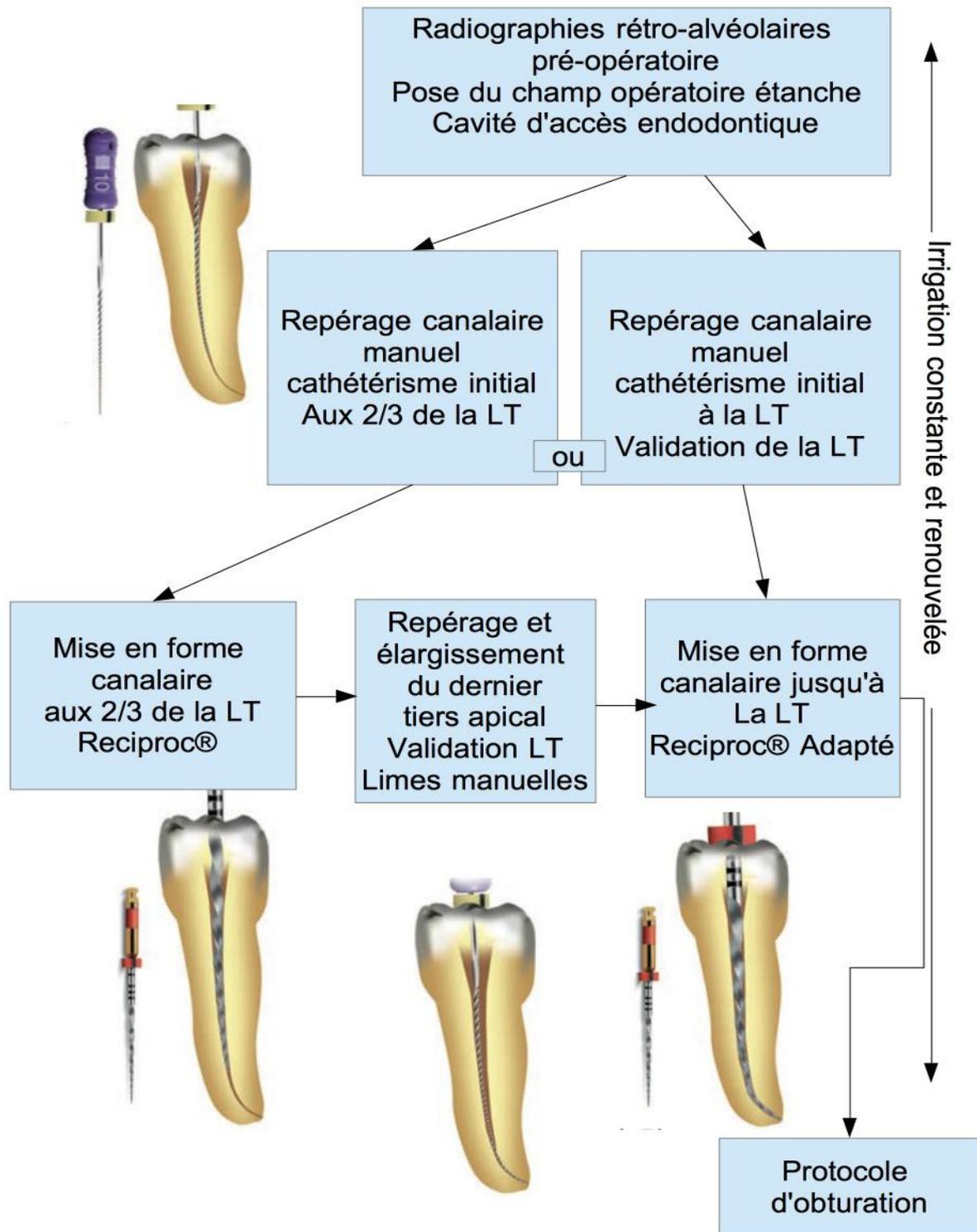
L'étape suivante consiste à repasser les limes manuelles afin d'effectuer un repérage et un pré-élargissement du tiers apical. Cette étape permet également d'évaluer des courbures apicales non visibles à la radiographie rétro-alvéolaire, et de valider la longueur de travail à l'aide d'une radiographie rétro-alvéolaire per-opératoire (lime K 15).

Le canal est ensuite mis en forme à l'aide du Reciproc® 1 jusqu'à l'apex, en l'utilisant comme décrit précédemment. Le praticien doit jauger le diamètre apical. Si une préparation en 25/100° de mm est suffisante, la mise en forme canalaire est achevée. Si la situation clinique le nécessite, il peut utiliser les instruments Reciproc® de conicité et de diamètre de pointe plus importants (Reciproc® 2 et 3). Toutefois, si la radiographie pré-opératoire montre un canal très large, alors le même protocole peut être réalisé avec un Reciproc® 2 ou Reciproc® 3 d'emblée.

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

Enfin, intervient l'étape de l'obturation canalaire. Bien sûr, ce protocole est généraliste et chaque cas doit être appréhendé par le praticien et adapté en fonction de sa difficulté (Pertot, 2013). La figure 31 schématise et résume ce protocole.

Figure



3.2.2. Wave One® Gold (Dentsply-Maillefer®)

3.2.2.1. Caractéristiques

L'instrument Wave One® Gold est un instrument unique de mise en forme canalaire. Il est usiné en Ni-Ti Gold vendu sous blister stérile, et s'utilise avec un mouvement de réciprocité. Le mandrin comporte également des bagues d'identification de couleurs déformables à la chaleur.

3.2.2.1.1. Profil de l'instrument

Le profil du Wave One® Gold est le même que celui du Reciproc®. Il présente un pas à gauche, c'est à dire une hélice inversée par rapport aux instruments traditionnels, et coupe donc en sens anti-horaire. L'angle d'hélice et le pas d'hélice sont variables afin d'augmenter la flexibilité et de permettre une meilleure évacuation des débris. La section de l'instrument est différente du Reciproc®, c'est un parallélogramme évolutif le long de l'instrument (Figure 32) (Burklein et Schafer, 2012). Ce type de section augmente la résistance de l'instrument au niveau de sa pointe tout en conservant une flexibilité importante au niveau coronaire et une évacuation des débris satisfaisante (Pertot, 2015).

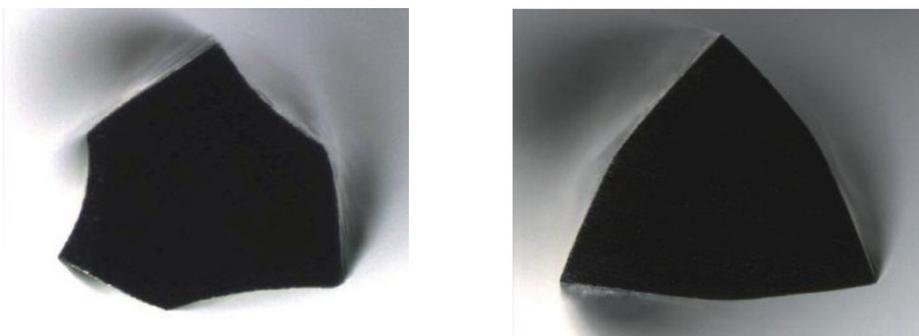


Figure 32 : Image en microscopie à balayage électronique représentant à gauche la section de l'instrument Wave One® Gold à 3 mm et à droite à 13 mm.

Le Wave One® Gold est fabriqué en Ni-Ti Gold ce qui lui confère sa couleur dorée. Cet alliage est obtenu suite à un traitement thermique du Ni-Ti conventionnel. Comparativement au Ni-Ti M-Wire®, l'alliage Gold est (Pertot, 2015) :

- plus résistant à la fatigue cyclique,
- plus résistant à la torsion (le nombre de degré en rotation avant fracture lorsque la pointe est bloquée est supérieur,
- plus flexible,
- présente un angle résiduel après flexion plus important que celui du M-Wire classique ; cet angle résiduel indique une déformation permanente après flexion ; plus cet angle est important et plus le centrage de l'instrument dans le canal l'est également, dans le sens où il ne cherche pas à se redresser pour retrouver sa forme initiale.

3.2.2.1.2. Paramètres géométriques

Il existe trois Wave One® Gold différents. Le Wave One® Gold « *Small* » avec un diamètre de pointe de 20/100° de mm et une conicité de 7%, le Wave One® Gold « *Primary* » qui présente une conicité de 7% avec un diamètre de pointe de 25/100° de mm, le Wave One® Gold « *Medium* » avec une conicité de 6% et un diamètre de pointe de 35/100° de mm et enfin le Wave One® Gold « *large* » qui est un instrument en 5% et un diamètre de pointe de 45/100° de mm (Figure 33).

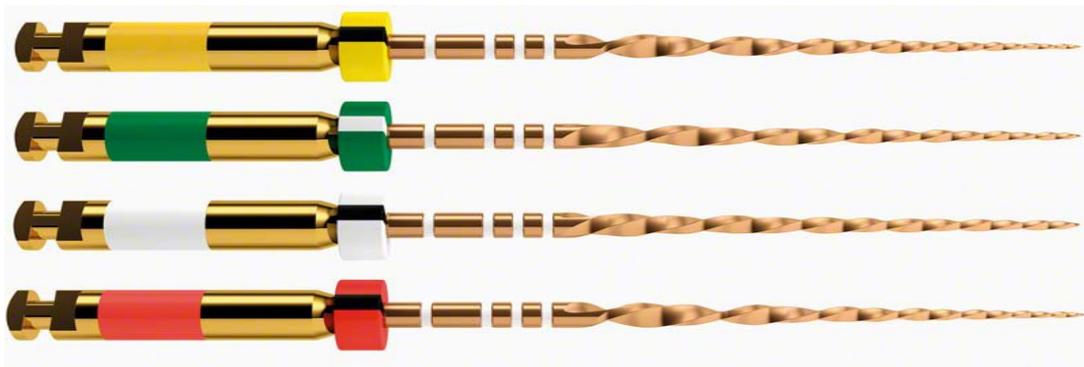


Figure 33 : Photographie représentant les quatre instruments Wave One® Gold disponibles (Dentsply).

Les quatre instruments Wave One® Gold décrits sont disponibles en trois longueurs : 21, 25 et 31 mm.

3.2.2.2. Protocole d'utilisation

Après avoir réalisé les étapes préalables à tout traitement endodontique, et un repérage canalaire à l'aide de limes manuelles, le cathétérisme est réalisé en amenant des limes manuelles ou des des limes rotatives de cathétérisme le plus loin possible dans le canal sans forcer. Si la lime se rapproche de la longueur de travail estimée précédemment, alors une première mesure peut déjà être effectuée à l'aide d'une radiographie per-opératoire lime en place ou d'un localisateur d'apex.

Le praticien peut ensuite utiliser le Wave One® Gold « *Primary* » avec une légère pression en direction apicale afin de mettre en forme la partie coronaire du canal (2-3 mm). Après irrigation canalaire à l'aide d'une solution d'hypochlorite de sodium et vérification de la perméabilité canalaire à l'aide d'une lime manuelle en acier inoxydable (K10), les 2/3 coronaires sont mis en forme à l'aide du Wave One® Gold « *Primary* » est repassé en deux ou trois passages. Un brossage pariétal est fortement recommandé afin d'éliminer les éventuelles interférences coronaires et de parfaire la mise en forme canalaire des canaux irréguliers.

Si la lime « *Primary* » ne progresse pas, il est conseillé d'utiliser la lime « *Small* ». L'opérateur valide la longueur de travail à l'aide d'une radiographie rétro-alvéolaire lime en place. Enfin, le Wave One® Gold « *Primary* » est amené à la longueur de travail en plusieurs passages. La vitesse de rotation recommandée pour cet instrument est de 350 tours par minute. Dès que le praticien sent un blocage, ou alors après deux ou trois mouvements de va-et-vient (*picking*), l'instrument est retiré, nettoyé à l'aide d'une compresse stérile imbibée d'hypochlorite de sodium et le canal est irrigué à l'aide de cette même solution. L'opération est alors renouvelée jusqu'à l'obtention de la longueur de travail validée.

Si la préparation apicale en 25/100° de mm est suffisante, la mise en forme canalaire est achevée. Si l'instrument utilisé ne semble pas être travaillant il est nécessaire d'utiliser les limes « *Medium* » ou « *Large* ». Cela peut être fait d'emblée dans le cas de canaux très larges, visibles à la radiographie pré-opératoire.

Intervient ensuite l'étape de séchage et d'obturation canalaire tridimensionnelle étanche.

Pour rappel, il est nécessaire durant tout le protocole de travailler sous irrigation constante et renouvelée à l'hypochlorite de sodium, et également de récapituler entre chaque passage instrumental à l'aide d'une lime manuelle en acier inoxydable.

La figure 34 résume le protocole d'utilisation de cet instrument.

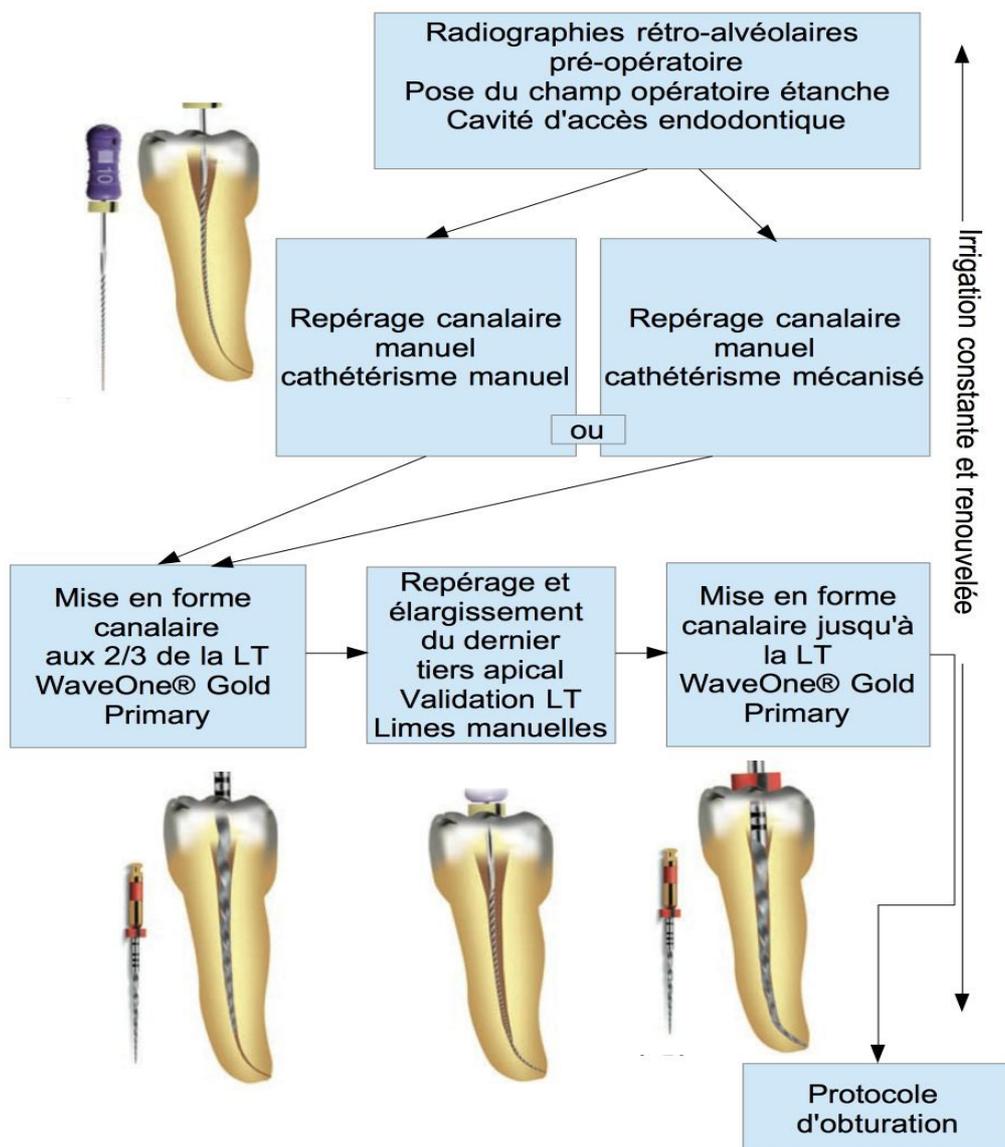


Figure 34 : Schéma récapitulatif du protocole d'utilisation du système Wave One® Gold (D'après Dentsply)

3.3. Etude comparative des systèmes de mise en forme canalaire mécanisés multi- et mono-instrumentaux.

3.3.1. Respect de l'anatomie canalaire et de la position du foramen apical

Le respect de l'anatomie canalaire et de la position du foramen apical est un des critères incontournable de la réussite d'un traitement endodontique.

L'étude de Burklein *et coll.* (2013) a montré que l'utilisation d'une instrumentation en Ni-Ti (manuelle ou mécanisée), comparée à l'utilisation d'instruments en acier inoxydable, réduit le risque de déviation de la trajectoire canalaire. De plus, les séquences multi-instrumentales ont un risque plus faible de déviation de la trajectoire canalaire que l'utilisation d'instruments uniques.

Dans cette même étude, les auteurs ont montré que les instruments uniques en Ni-Ti M-Wire (Reciproc®) présentent un risque plus faible de déviation de la trajectoire canalaire que leurs homologues en Ni-Ti classique. L'étude de Shen *et coll.* (2011) a abouti à la même conclusion. Jonhson *et coll.* (2008) ainsi que Gao *et coll.* (2012) ont montré dans leurs études que la flexibilité des instruments en Ni-Ti M-Wire est significativement augmentée comparée à celle du Ni-Ti classique, ce qui est un avantage dans le respect de la trajectoire canalaire.

Ainsi nous pouvons émettre l'hypothèse que les instruments uniques en Ni-Ti M-Wire (Reciproc®) permettent un meilleur respect de l'anatomie canalaire et de la position du foramen apical que les instruments uniques en Ni-Ti conventionnel.

La réalisation d'un cathétérisme initial est essentielle quelle que soit la technique de mise en forme canalaire utilisée (instrumentation unique ou pluri-instrumentale) (Burklein *et coll.*, 2013).

Par ailleurs, Saber *et coll.* (2014) ont réalisé une étude sur soixante quatre molaires mandibulaires extraites traitées à l'aide des instruments uniques One Shape®, Wave One® et Reciproc®. Une double radiographie (pré-opératoire et post-opératoire) standardisée de ces dents a été réalisée afin d'étudier le respect de la trajectoire canalaire. Les auteurs ont noté que le One Shape® (instrument unique à mouvement continu) provoquait significativement plus de déviation de la trajectoire canalaire que le Wave One® ou le Reciproc® (mouvement de réciprocité) et qu'il n'y avait que peu de différence entre le Wave One® et le Reciproc® pour

cette propriété. Ainsi, les instruments de réciprocity provoqueraient un meilleur maintien de la trajectoire canalaire du fait d'un meilleur centrage de l'instrument dans le canal de part leur mouvement spécifique.

3.3.2. Efficacité de coupe et de mise en forme canalaire

Une étude récente (Saleh *et coll.*, 2014) a étudié l'efficacité de coupe et de mise en forme canalaire sur 64 blocs en résine avec des canaux en « S ». Cette étude a consisté en leur préparation canalaire à l'aide de quatre types d'instruments uniques avec plusieurs diamètres de pointe. Les instruments uniques Reciproc®, F360®, Wave One® et One Shape® ont été testés 16 fois chacun selon les recommandations des fabricants. Puis, des logiciels informatiques ont analysé la quantité de résine retirée lors du passage des instruments endodontiques en utilisant des photographies réalisées avant et après le passage de chaque instrument. Les auteurs ont conclu que les canaux en « S », préparés à l'aide du Reciproc®, F360®, Wave One® ou One Shape® semblaient être mieux préparés à l'aide d'instrument de plus petits diamètres apicaux, pour un même instrument. Les auteurs ont également conclu que tous ces systèmes étaient efficaces pour une mise en forme canalaire correcte. Cependant une quantité plus importante de résine a été retirée au niveau de la face interne des courbures lors de la mise en forme canalaire à l'aide du Wave One® et du Reciproc® (mouvement de réciprocity), comparés aux One Shape® et F360® (mouvement de rotation continue) (Saleh *et coll.*, 2014). Ainsi, les instruments endodontiques uniques de mise en forme canalaire par mouvement de réciprocity auraient une meilleure efficacité de coupe et de mise en forme canalaire que ceux présentant une mise en forme canalaire par mouvement de rotation continue.

Comme nous l'avons vu précédemment, l'acier inoxydable a une meilleure efficacité de coupe que le Ni-Ti, mais la mécanisation des instrument en Ni-Ti leur procure une meilleur efficacité de coupe que ceux en acier inoxydable.

3.3.3. Extrusion de débris apicaux

Une étude réalisée par Mittal *et coll.* (2015) sur 42 prémolaires mandibulaires extraites a analysé la quantité de débris extrudés avec différents systèmes de mise en forme canalaire. Les dents ont été séparées en quatre groupes : trois groupes de 12 dents infectées à l'aide de souches d'*Enterococcus faecalis* et un groupe témoin de six dents non infectées. Un

des groupes inoculés a été traité endodontiquement à l'aide de limes manuelles, un autre à l'aide du système Protaper® (système pluri-instrumental) et le dernier à l'aide de l'instrument unique One Shape®, toujours selon les recommandations des différents fabricants. Les résultats de colonies bactériennes extrusées par millilitre ont ensuite été analysés. Les auteurs ont montré que le fait d'avoir recours à une mise en forme canalaire de manière manuelle provoquait une extrusion apicale de débris et de bactéries plus importante que l'utilisation de limes mécanisées. De même, l'utilisation de la séquence pluri-instrumentale Protaper® extrudait quantitativement plus de débris et de bactéries à l'apex que la mise en forme canalaire à l'aide de l'instrument unique One Shape® (Mittal *et coll.*, 2015).

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

D'autre part, Tinoco *et coll.* (2013) ont étudié quarante cinq incisives mandibulaires extraites infectées volontairement par *Enterococcus faecalis* et incubées à 37°C pendant 30 jours. Les dents ont ensuite été réparties en 3 groupes selon les instruments de mise en forme canalaire choisis : Reciproc®, Wave One® Gold et BioRace® (séquence pluri-instrumentale en rotation continue). Les bactéries extrudées au niveau apical ont été collectées, et le nombre de colonies déterminé. Les auteurs ont conclu que la mise en forme canalaire à l'aide d'instruments uniques animés d'un mouvement de réciprocité (Wave One® Gold et Reciproc® ici) extrudent moins de bactéries que la séquence BioRace® (séquence multiple). L'étude conclue également qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux instruments uniques ci-dessous étudiés, pour lesquelles des bactéries sont tout de même retrouvées au-delà de l'apex (Tinoco *et coll.*, 2013). Une autre étude réalisée sur quarante prémolaires mandibulaires montre cependant que l'extrusion de débris apicaux est plus importante lors de la mise en forme canalaire avec le Reciproc en comparaison au Wave One® Gold (Xavier *et coll.*, 2014).

Ustun *et coll.* (2014) ont pour leur part réalisé une étude en traitant endodontiquement 45 dents (prémolaires mandibulaires) à l'aide des instruments endodontiques Protaper®, Wave One® Gold et Twisted File®. Les débris apicaux qui en résultaient ont été pesés et incubés à

70°C pendant cinq jours. Les auteurs ont conclu que toutes les techniques de mise en forme canalaire provoquaient une extrusion de débris apicaux, mais que parmi ces instruments, l'extrusion est significativement moindre pour le Wave One® Gold que pour le ProTaper® Next et le Twisted File®. Ici, les instruments de réciprocity provoquaient moins d'extrusion de débris apicaux que les séquences pluri-instrumentales, résultats en corrélation avec l'étude de Mittal *et coll.* (2015).

Enfin, l'étude de Turker *et coll.* (2015), a montré que le système One Shape® a extrudait moins de bactéries comparé aux systèmes pluri-instrumentaux ProTaper Next® et Twisted File®.

3.3.4. Elimination des bactéries canalaire

Dans leur étude, Burklein *et coll.* (2011), ont comparé sur des dents extraites l'aptitude au nettoyage canalaire des instruments uniques Reciproc® et Wave One® Gold d'une part, et des séquences pluri-instrumentales Mtwo® et ProTaper® d'autre part. Les auteurs ont montré que le nettoyage du dernier tiers apical des canaux est plus efficace avec le Mtwo® et le Reciproc® que le Wave One® Gold et le ProTaper® (Burklein *et coll.*, 2011). Ainsi, nous ne pouvons pas faire de différence entre les instruments uniques ou les séquence pluri-instrumentales quant à l'élimination de bactéries canalaire grâce à cette étude.

L'étude de Ferrer-Luque *et coll.* (2013), a été réalisée sur soixante seize prémolaires mandibulaires extraites. Ces dents ont été infectées avec la bactérie *Enterococcus faecalis* durant 4 semaines, puis leurs canaux ont ensuite été préparés à l'aide de trois instruments différents : le Mtwo®, le Reciproc® et le Twisted File®, tout en utilisant deux types d'irrigations : de l'eau distillée ou de l'hypochlorite de sodium à 5,25%. L'élimination bactérienne, dans le cadre de l'utilisation des différents systèmes avec une irrigation à l'hypochlorite de sodium, n'est pas significativement différente entre les trois instruments. Il en est de même lors d'une irrigation avec de l'eau distillée, dans les mêmes conditions. Ainsi les instruments uniques ou de séquences pluri-instrumentales, et à mouvement réciproque ou en rotation continue d'autre part semblent être aussi efficaces quant à la désinfection endo-canalaire, ce qui confirme les résultats de Burklein *et coll.*, (2011).

De plus, l'étude de Dagna (2012) a montré que l'utilisation d'instruments uniques (en rotation continue, ou en mouvement de réciprocity), dans le cadre d'un respect du temps dédié

à l'irrigation canalaire, permet une désinfection canalaire aussi efficace qu'avec des séquences pluri-instrumentales. Ainsi, si les protocoles sont respectés, l'utilisation de limes uniques permettent une mise en forme aussi efficace et plus rapide qu'avec des instruments conventionnels ; ce temps doit être rendu à l'irrigation canalaire et ne doit pas être en deçà de 20 minutes.

3.3.5. Résistance à la fatigue cyclique et à la fracture

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

D'autre part, Pirani *et coll.* (2014) ont réalisé des mises en forme canalaire sur dents extraites à l'aide des instruments uniques Wave One® Gold et Reciproc®, en utilisant trois fois chaque instrument (conventionnellement à un usage unique pour une molaire). Ils ont comparé leurs états de surface à l'aide de logiciels informatiques avant et après utilisation. Aucun des instruments utilisés ne montrait de désenroulement, distorsion ou fracture. Toutefois, ces instruments étant à usage unique, il n'est pas recommandé de les utiliser plusieurs fois.

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

D'autre part, Gao *et coll.* (2010) ont montré grâce à leur étude que la résistance à la fatigue cyclique des instruments en Ni-Ti M-Wire était 150 à 400 % plus importante comparée à ceux en Ni-Ti conventionnel. De plus, pour les instruments uniques, les fractures par fatigue cyclique sont logiquement moins importantes que pour les systèmes pluri-instrumentaux.

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

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

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

3.3.6. Rapidité d'exécution de l'acte endodontique

Concernant la préparation de canaux sur des blocs en résine dans l'étude précédemment décrite, les auteurs ont mis en évidence une rapidité significativement plus importante de mise en forme canalaire avec le One Shape® et le Reciproc® qu'avec le Wave One® et le F360® (Saleh *et coll.*, 2014).

L'étude de Burklein *et coll.* (2011), sur dents extraites, a montré une rapidité de mise en forme canalaire plus importante pour les instruments uniques Reciproc® et Wave One® que pour les séquences pluri-instrumentales (Mtwo® et ProTaper®). De plus, la mise en forme canalaire avec le Reciproc® est significativement plus rapide qu'avec le Wave One® (Burklein *et coll.*, 2011).

Une autre étude (Burklein *et coll.*, 2013) montre que les instruments uniques F360®, One Shape® et Reciproc® permettent une mise en forme canalaire plus rapide que la séquence pluri-instrumentale Mtwo®, et qu'il n'existe aucune différence significative notée entre ces trois mono-instruments concernant la rapidité de mise en forme canalaire.

Saber *et coll.* (2011) ont également montré sur dents extraites que la mise en forme canalaire était plus rapide avec l'instrument One Shape® que les instruments Wave One® et Reciproc®. Ils ont également montré que le Reciproc® permet une mise en forme canalaire plus rapide que le Wave One®. Ceci confirme l'étude de Burklein *et coll.* (2011).

Lors d'une mise en forme canalaire sur blocs en résine à l'aide des instruments Reciproc®, Wave One®, F360® et One Shape®, la réalisation d'un *Glide Path* n'a pas eu d'impact significatif sur la variation de durée de mise en forme canalaire (Burklein *et coll.*, 2014).

Les études précédemment citées montrent donc que la mise en forme canalaire est plus rapide avec les instruments uniques qu'avec les séquences pluri-instrumentales ou encore l'instrumentation manuelle. Ce gain de temps doit évidemment être rendu à l'irrigation canalaire, notamment au moment de l'irrigation finale.

3.3.7. Désobturation canalaire

Une étude menée par Zuolo *et coll.* en 2013 a montré que la désobturation canalaire est plus efficace lorsqu'elle est réalisée à l'aide du Reciproc® comparée à celles réalisées avec l'instrumentation manuelle ou la séquence pluri-instrumentale Mtwo®. En terme de durée, la désobturation canalaire est également significativement plus rapide avec le Reciproc que celle réalisée manuellement ou à l'aide de séquences pluri-instrumentales. Pour réaliser cette étude, cinquante quatre incisives centrales maxillaires obturées endodontiquement ont été désobturées à l'aide de limes manuelles en acier inoxydable (groupe 1), de la séquence de retraitement Mtwo® (groupe 2) et enfin du Reciproc® (groupe 3). La quantité de matériaux d'obturation restant au sein des canaux a ensuite été évaluée.

3.3.8. Ergonomie de travail

L'intérêt ergonomique principal de l'instrumentation unique est de n'utiliser qu'un seul instrument pour la mise en forme canalaire et d'avoir un usage unique de l'instrument. La stérilisation des instruments de séquence pluri-instrumentale peut-être une source d'erreur quant à leur nombre d'utilisation, et conduire à augmenter les risques de fracture. Dans le cadre d'une instrumentation à usage unique, le stress de la gestion du nombre d'utilisation des instruments est éliminé.

De plus, même lorsque les instruments de séquences pluri-instrumentales sont stérilisés avec d'être réutilisés, le problème d'une contamination croisée peut se poser (Pertot, 2011) ce qui n'est pas le cas avec l'instrumentation unique.

3.3.9. Synthèse

Le tableau 6 présente une synthèse de notre revue de littérature reprend les caractéristiques étudiées pour chaque instrument unique, en les comparant entre eux mais également aux séquences pluri-instrumentales et aux limes manuelles. (Sources : Burklein *et coll.*, (2011) ; Burklein *et coll.*, (2013) ; Shen *et coll.*, (2011) ; Jonhson *et coll.*, (2008) ; Gao *et coll.*, (2012) ; Saber *et coll.*, (2014) ; Saleh *coll.*, (2014) ; Mittal *et coll.*, (2015) ; Tinoco *et coll.*, (2013) ; Xavier *et coll.*, (2014) ; Ustun *et coll.*, (2014) ; Turker *et coll.*, (2015) ; Ferrer-Luque *et coll.*, (2013) ; Dagna (2012) ; Pirani *et coll.* (2014) ; Gao *et coll.*, (2010) ; Plotino *et coll.*, (2015) ; Saber *et coll.*, (2011) ; Zuolo *et coll.*, (2013) ; Burklein *et coll.*, (2014).

Tableau 6 : Tableau synthétique des propriétés étudiées comparant l'instrumentation unique aux séquences pluri-instrumentales et manuelles (Document personnel). NC : non communiqué.

	Respect de l'anatomie canalaire et de la position du foramen apical	Efficacité de coupe et de mise en forme canalaire	Extrusion de débris	Elimination des bactéries canalaire	Résistance à la fatigue et à la fracture	Rapidité d'exécution de l'action endodontique	Désobturation canalaire	Ergonomie de travail
Reciproc®	++	++	-	+	++	+++	++	++
One Shape®	+	+	+	+	+	+++	NC	++
Wave One®	++	++	-	+	+	++	NC	++
F360®	+	+	+	+	+	++	NC	++
F6 SkyTaper®	+	+	+	+	+	++	NC	++
Séquences pluri-instrumentales Ni-Ti	++	+	--	+	-	+	+	+
Limes manuelles Acier Inoxydable	-	-	---	-	-	-	-	-

Conclusion

Le principe même de l'endodontie n'a guère évolué ces dernières années, ils consiste en l'extirpation complète du tissu pulpaire, en la désinfection chimio-mécanique la plus parfaite possible du système endo-canalair avant de réaliser une obturation tridimensionnelle étanche du complexe radiculaire.

De son côté, l'instrumentation endodontique est en perpétuelle évolution. L'instrumentation mécanisée en Ni-Ti a très largement pris le pas sur les instruments en acier inoxydable (manuels ou mécanisés) concernant la mise en forme canalair. En effet, l'alliage Ni-Ti permet de part ses caractéristique la réalisation de traitement endodontiques plus fiables et reproductibles, en diminuant le risque d'erreurs per-opératoires. Cependant, l'inconvénient majeur des instruments en Ni-Ti réside dans le risque de fracture instrumentale redouté par chaque praticien avant tout traitement endodontique.

Dans les années 2010, les fabricants d'instruments endodontiques ont voulu simplifier ces séquences instrumentales souvent longues et fastidieuses, en mettant sur le marcher des instruments uniques (Saleh *et coll.*, 2014 ; Burklein *et coll.*, 2011 ; Burklein *et coll.*, 2013).

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

Nous avons également constaté que tous les instruments uniques étaient efficaces pour la mise en forme canalair, avec cependant un avantage pour les instruments en réciprocity (Saleh *et coll.*, 2014).

Concernant l'extrusion de débris apicaux, l'avantage est aux instruments uniques en rotation continue, suivi des instruments uniques en réciprocity et enfin des séquences pluri-instrumentales, l'instrumentation manuelle provoquant le plus d'extrusion de débris apicaux (Burklein *et coll.*, 2015 ; Mittal *et coll.*, 2015 ; Ustun *et coll.*, 2014 ; Turker *et coll.*, 2015).

D'autre part, concernant l'élimination des bactéries canalaire aucune différence significative n'est mise en évidence entre les instruments uniques et les séquences pluri-instrumentales (Dagna *et coll.*, 2012 ; Burklein *et coll.*, 2011). Cependant, le temps gagné lors de la mise en forme canalaire à l'aide d'instruments uniques doit être rendu à l'irrigation.

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

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

Références
Bibliographiques

1. Alapati SB., Brantley WA, Svec TA, Powers JM, and Mitchell JC. "Scanning Electron Microscope Observations of New and Used Nickel-Titanium Rotary Files." *Journal of Pédodonties* 29, no. 10 (October 2003): 667–69. doi:10.1097/00004770-200310000-00014.
2. Albrecht L, Baumgartner J, and Marshall J. "Evaluation of Apical Debris Removal Using Various Sizes and Tapers of ProFile GT Files." *Journal of Endodontics* 30, no. 6 (June 2004): 425–28. doi:10.1097/00004770-200406000-00012.
3. Annil D, Ruchi G, Vikrant Y, and Neha A. "Endodontic Retreatment Using Single File Neoniti Sysyem." *Americian Journal Of Oral Medicine And Radiology*, 2, no. 4 (Juin 2015) : 206-208.
4. Arbab-Chirani R, Chevalier V, Arbab-Chirani, S, and S Calloch. "Instrumentation canalaire de préparation." Dans : *EM-Consulte Medecine buccale (en ligne)* (2010): p. 1–15. Article 28-725-A-10.
5. Arens, DE. *Practical Lessons in Endodontic Treatment*. Chicago : Quintessence Books, 2009. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk&AN=783210>.
6. Beer, R, Baumann MA, and Kielbassa AM. *Atlas de poche d'endodontie*. Paris: Flammarion médecine-sciences, 2008.
7. Benkiran I, Lahlou Kh, Jabri M, El Ouazzani A, and Hireche H. "Introduction Du Nickel-Titane En Endodontie (En ligne). 1999 (Consulté le 15/08/2015). Disponible: <http://www.lecourrierdudentiste.com/dossiers-du-mois/introduction-du-nickel-titane-en-endodontie.html>.
8. Brånemark P.-I., Breine U, Adell R, Hansson BO, Lindström J, and Ohlsson A. "Intra- Osseous Anchorage of Dental Prostheses: I. Experimental Studies." *Scandinavian Journal of Plastic and Reconstructive Surgery and Hand Surgery*, 3, no. 2 (January 1969): 81–100. doi:10.3109/02844316909036699.
9. Buehler, William J., and Frederick E. Wang. "A Summary of Recent Research on the Nitinol Alloys and Their Potential Application in Ocean Engineering." *Ocean Engineering* 1, no. 1 (July 1968): 105–20. doi:10.1016/0029-8018(68)90019-X.

- 10.** Bürklein S., Benten S, and Schäfer E. “Quantitative Evaluation of Apically Extruded Debris with Different Single-File Systems: Reciproc, F360 and OneShape versus Mtwo.” *International Endodontic Journal* 47, no. 5 (May 2014): 405–9. doi:10.1111/iej.12161.
- 11.** Bürklein S, Poschmann T, and Schäfer E. “Shaping Ability of Different Nickel-Titanium Systems in Simulated S-Shaped Canals with and without Glide Path.” *Journal of Endodontics* 40, no. 8 (August 2014): 1231–34. doi:10.1016/j.joen.2014.01.043.
- 12.** Bürklein S, Benten S, and Schäfer E. “Critical Evaluation of Root Canal Transportation by Instrumentation: Critical Evaluation of Root Canal Transportation by Instrumentation.” *Endodontic Topics* 29, no. 1 (September 2013): 110–24. doi:10.1111/etp.12043.
- 13.** Bürklein S, Hinschitza K, Dammaschke T and Schäfer E. “Shaping Ability and Cleaning Effectiveness of Two Single-File Systems in Severely Curved Root Canals of Extracted Teeth: Reciproc and Wave One versus Mtwo and ProTaper: Single-File Systems - Shaping and Cleaning.” *International Endodontic Journal* 45, no. 5 (May 2012): 449–61. doi:10.1111/j.1365-2591.2011.01996.x.
- 14.** Castellucci, Arnaldo. *Endodontics*. Université de Californie : Tridente ; 2009.
- 15.** Chiche PJ. “Conceptions et évolution de La Thérapeutique Endodontique de 1900 à Nos Jours.” Thèse pour le Diplôme d'Etat de Docteur En Chirurgie-Dentaire. Université de Paris. 1982.
- 16.** Claisse-Crinquette A, and Haikel Y. “Les Systèmes Nickel-Titane En Rotation Continue.” *Les Dossiers de l'ADF*, 2003.
- 17.** Claisse-Crinquette A, and Robberecht L. “Sécuriser Nos Mises En Forme Canalaire.” *L'Information Dentaire*, no. 21 (mai 2014): 25–27.
- 18.** Craveirodemelo M, Deazevedobahia M, and Lopesbuono V. “Fatigue Resistance of Engine-Driven Rotary Nickel-Titanium Endodontic Instruments.” *Journal of Endodontics* 28, no. 11 (November 2002): 765–69. doi:10.1097/00004770-200211000-00005.

19. Crespo S, Cortes O, Garcia C, and Perez L. "Comparison between Rotary and Manual Instrumentation in Primary Teeth." *The Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 32, no. 4 (2008): 295–98.
20. Cutright, DE, Bhaskar SN, Perez B, Johnson RB, and Cowan GSM. "Tissue Reaction to Nitinol Wire Alloy." *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* 35, no. 4 (April 1973): 578–84. doi:10.1016/0030-4220(73)90017-0.
21. Dagna A, Arciola CR, Visai L, Selan L, Colombo M, Bianchi S, and Poggio C. "Antibacterial Efficacy of Conventional and Single-Use Ni-Ti Endodontic Instruments: An in Vitro ?microbiological Evaluation." *The International Journal of Artificial Organs*, October 19, 2012, 0–0. doi:10.5301/ijao.5000160.
22. Dakkaki J, Benkirane I, Karami M, and El Ouazzan Ai. "Désinfection Endodontique : Principes et Méthodologie." *Le Courrier Du Dentiste*, November 19, 2013. (Consulté le : 25/08/2015). Disponible : <http://www.lecourrierdudentiste.com/dossiers-du-mois/desinfection-endodontique-principes-et-methodologie.html>.
23. Dechaume M, Huard P, and Imbault-Huart MJ. *Histoire Illustrée de L'art Dentaire: Stomatologie et Odontologie*. Paris: R. Dacosta, 1977.
24. De-Deus G, Brandão MC, Barino B, Di Giorgi K, Fidel RAS, and Luna AS. "Assessment of Apically Extruded Debris Produced by the Single-File ProTaper F2 Technique under Reciprocating Movement." *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 110, no. 3 (September 2010): 390–94. doi:10.1016/j.tripleo.2010.04.020.
25. De Noronha De Ataíde I, Wagle R, and Fernandes M. "The Quality of Canal Preparation Using Stainless Steel Hand Files and Nickel-Titanium Rotary Instruments." *Endodontology*, 2012, 25–34.
26. Dentsply. "Mode d'emploi instruments Wave One® Gold." (En ligne). 2015 (Consulté le 15/01/2015). Disponible : www.dentsply.fr/fr/nos-solutions/product/WaveOne-Gold/.

27. “RECIPROC® : One File Endo. (En ligne). 2011. (Consulté le 15/01/2015). Disponible : <http://www.dentsply.fr/export/sites/default/.content/datas/technical-supports/DFU-Modes-d-emploi/dfu-reciproc.pdf>.
28. Eble, Arnaud. “Prévenir et Traiter La Fracture Des Instruments Endodontiques En NiTi (Nickel-Titane).” *Actualités Odonto-Stomatologiques*, no. 258 (June 2012): 151–60. doi:10.1051/aos/2012207.
29. Estrela C, and Sydney GB. *Endodontic Science*. São Paulo: Artes Medicas, 2009.
30. Fauchard, Pierre. *Le Chirurgien-Dentiste Ou Traité Des Dents*. Vol. 1, 1728.
31. Ferraz CCR, Gomes NV, Gomes BPFA, Zaia AA, F. B. Teixeira, and Souza-Filho FJ. “Apical Extrusion of Debris and Irrigants Using Two Hand and Three Engine-Driven Instrumentation Techniques.” *International Endodontic Journal* 34, no. 5 (July 2001): 354–58. doi:10.1046/j.1365-2591.2001.00394.x.
32. Ferrer-Luque C, Bejarano MI, Ruiz-Linares M, and Baca P. “Reduction in *Enterococcus Faecalis* Counts - a Comparison between Rotary and Reciprocating Systems.” *International Endodontic Journal* 47, no. 4 (April 2014): 380–86. doi:10.1111/iej.12158.
33. Gambill JM, Alder M, and Del Rio CE. “Comparison of Nickel-Titanium and Stainless Steel Hand-File Instrumentation Using Computed Tomography.” *Journal of Endodontics* 22, no. 7 (July 1996): 369–75. doi:10.1016/S0099-2399(96)80221-4.
34. Gao Y, Gutmann J, Wilkinson K, Maxwell R, and Ammon D. “Evaluation of the Impact of Raw Materials on the Fatigue and Mechanical Properties of ProFile Vortex Rotary Instruments.” *Journal of Endodontics* 38, no. 3 (March 2012): 398–401. doi:10.1016/j.joen.2011.11.004.
35. Gardon, Nicolas. “Intérêt d’une séquence instrumentale simplifiée en endodontie : Le One Shape®.” *Endo Tribune Edition Française*, 6, no. 10 (October 2014): 28–29.
36. Haïkel Y, Serfaty R, Bateman G, Senger B, and Allemann C. “Dynamic and Cyclic Fatigue of Engine-Driven Rotary Nickel-Titanium Endodontic Instruments.” *Journal of Endodontics*, 25, no. 6 (June 1999): 434–40. doi:10.1016/S0099-2399(99)80274-X.

- 37.** Hulsmann, Michael, Ove A. Peters, and Paul M.H. Dummer. "Mechanical Preparation of Root Canals: Shaping Goals, Techniques and Means." *Endodontic Topics* 10, no. 1 (March 2005): 30–76. doi:10.1111/j.1601-1546.2005.00152.x.
- 38.** Ingle, John Ide, and Leif K. Bakland. *Endodontics*. 5. ed. Hamilton, Ont.: B C Decker, 2002.
- 39.** Iqbal, M, F Maggiore, B Suh, K Edwards, J Kang, and S Kim. "Comparison of Apical Transportation in Four Ni-Ti Rotary Instrumentation Techniques." *Journal of Endodontics* 29, no. 9 (September 2003): 587–91. doi:10.1097/00004770-200309000-00011.
- 40.** ISO 3630-1:2008. "Art dentaire -- Instruments pour canaux radiculaires -- Partie 1: Exigences générales et méthodes d'essai." (En ligne). Norme ISO, 2008. (Consulté le 20/11/2015). Disponible:
http://www.iso.org/iso/fr/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=37702.
- 41.** Johnson E, Lloyd A, Kuttler S, and Namerow K. "Comparison between a Novel Nickel-Titanium Alloy and 508 Nitinol on the Cyclic Fatigue Life of ProFile 25/.04 Rotary Instruments." *Journal of Endodontics* 34, no. 11 (November 2008): 1406–9. doi:10.1016/j.joen.2008.07.029.
- 42.** Jordan L, and Rocher P. "Les Alliages Nickel-Titane (Ni-Ti)." *Société Francophone de Biomatériaux Dentaires*, 2009.
- 43.** Kazemi RB, Stenman E, and Spngberg LSW. "Machining Efficiency and Wear Resistance of Nickel-Titanium Endodontic Files." *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 81, no. 5 (May 1996): 596–602. doi:10.1016/S1079-2104(96)80055-2.
- 44.** Kim HC. "Mechanical and geometric features of endodontic instruments and its clinical effect." *Journal of Korean Academy of Conservative Dentistry* 36, no. 1 (2011): 1. doi:10.5395/JKACD.2011.36.1.1.
- 45.** Kim HC, Kwak SW, Cheung GSP, Ko DH, Chung SM, and Lee WC. "Cyclic Fatigue and Torsional Resistance of Two New Nickel-Titanium Instruments Used in Reciprocation Motion: Reciproc Versus Wave One." *Journal of Endodontics* 38, no. 4 (April 2012): 541–44. doi:10.1016/j.joen.2011.11.014.

46. Komet®. “F360®. 1ère solution universelle de préparation canalaire” (En Ligne). 2014 (Consulté le 23/01/2015). Disponible : http://cms.kometdental.de/fileadmin/_migrated/media/412399_01.pdf.
47. Un niveau inédit de flexibilité. F6 SkyTaper®.”(En ligne).2015. (Consulté le 23/01/2015). Disponible : http://cms.kometdental.de/fileadmin/_migrated/media/413124_KF_F6_SkyTaper.pdf.
48. Machtou, Pierre. Endodontie. Paris: Ed. CdP, 1992.
49. Machtou P, and Bronnec F. “Les Objectifs de L’irrigation En Endodontie.” Alpha Omega News, no. 141 (Mai/Juin 2011): 5–7.
50. Mac Spadden JT. “Une Nouvelle Approche Pour La Préparation et L’obturation Canalaire : Les Instruments En Nickel-Titane.” Rev Fr Endod, no. 1 (1993): 9–19.
51. Martin B, Zelada G, Varela P, Bahillo JG, Magan F, Ahn S, and Rodriguez C. “Factors Influencing the Fracture of Nickel-Titanium Rotary Instruments.” International Endodontic Journal 36, no. 4 (April 2003): 262–66. doi:10.1046/j.1365-2591.2003.00630.x.
52. Martin D, and Machtou P. “Mise En Forme Canalaire : Une Nouvelle Instrumentation, Un Nouveau Mouvement.” Les Entretiens De Bichat (2011) : 26–30.
53. Médioni, Etienne. “Instrumentation Endodontique.” EM-Consulte, 1995, 6.
54. MICRO-MEGA®. “La solution One Shape® L’atout simplicité en endodontie.” (En ligne). 2015. (Consulté le 2/2/2016). Disponible : http://micro-mega.com/wp-content/uploads/2012/10/brochure_OneShapeNG_FR1_v2.pdf.
55. Mittal R, Singla MG, Garg A, and Dhawan A. “A Comparison of Apical Bacterial Extrusion in Manual, ProTaper Rotary, and One Shape Rotary Instrumentation Techniques.” Journal of Endodontics 41, no. 12 (December 2015): 2040–44. doi:10.1016/j.joen.2015.09.002.
56. Neolix. “Neoniti Notice d’instructions.” Neolix, (En ligne). 2015. (Consulté le : 25/02/2016). Disponible : <http://www.neolix.eu/fr/iac/15-neoniti-a1.html>.

57. Parashos P, Linsuwanont P, and Messer HH. "A Cleaning Protocol for Rotary Nickel-Titanium Endodontic Instruments." *Australian Dental Journal* 49, no. 1 (March 2004): 20–27.
58. Perard M, Le Clerc J, Colon P, and Vulcain JM. "INITIAL®: début d'une nouvelle ère d'instruments endodontiques ?" *Roots* 1 (2012): 32–38.
59. Pérez F, and Godin A. "Comment Rationaliser La Mise En Forme Canalaire ?" *Dento-Reseau*, August 11, 2013. <http://dento-reseau.com/blog/comment-rationaliser-la-mise-en-forme-canalaire>.
60. Pertot WJ. "Du Wave One® Au Wave One® Gold En Réciprocité." *Endo Tribune Edition Française*, Mai 2015, 19–20.
61. Pirani C, Paolucci A, Ruggeri O, Bossù M, Polimeni A, Antonella MR Gatto, Gandolfi MG, and Prati C. "Wear and Metallographic Analysis of Wave One and Reciproc NiTi Instruments before and after Three Uses in Root Canals: Wear and Metallographic Analysis of NiTi Files." *Scanning* 36, no. 5 (September 2014): 517–25. doi:10.1002/sca.21150.
62. Pirani C, Iacono F, Tinarelli V, Bonaccorsi F, Gandolfi MG, and Prati C. "Wear Analysis of Different Nickel Titanium Instruments after Clinical Uses." *Dental Materials* 30 (2014): e123–24. doi:10.1016/j.dental.2014.08.256.
63. Plotino G, Grande NM, and Porciani PF. "Deformation and Fracture Incidence of Reciproc Instruments: A Clinical Evaluation." *International Endodontic Journal* 48, no. 2 (February 2015): 199–205. doi:10.1111/iej.12302.
64. Plotino G, Grande NM, Testarelli L, and Gambarini G. "Cyclic Fatigue of Reciproc and Wave One Reciprocating Instruments: Cyclic Fatigue of Reciprocating Instruments." *International Endodontic Journal* 45, no. 7 (July 2012): 614–18. doi:10.1111/j.1365-2591.2012.02015.x.
65. Pruett JP, Clement DJ, and Carnes DL. "Cyclic Fatigue Testing of Nickel-Titanium Endodontic Instruments." *Journal of Endodontics* 23, no. 2 (February 1997): 77–85. doi:10.1016/S0099-2399(97)80250-6.

- 66.** Putters JLM, Sukul K, De Zeeuw GR, Bijma A, and Besselink PA. “Comparative Cell Culture Effects of Shape Memory Metal (Nitinol®), Nickel and Titanium: A Biocompatibility Estimation.” *European Surgical Research* 24, no. 6 (1992): 378–82. doi:10.1159/000129231.
- 67.** Renaud LP, and Kelly JS. “Proceedings: Response of Identified Ventromedial Hypothalamic Nucleus Neurons to Putative Neurotransmitters Applied by Microiontophoresis.” *British Journal of Pharmacology* 55, no. 2 (October 1975): 277P – 278P.
- 68.** Roane J, Sabala C, and Duncansonjr M. “The ‘balanced Force’ Concept for Instrumentation of Curved Canals.” *Journal of Endodontics* 11, no. 5 (May 1985): 203–11. doi:10.1016/S0099-2399(85)80061-3.
- 69.** Rowan MB, Nicholls JI, and Steiner J. “Torsional Properties of Stainless Steel and Nickel-Titanium Endodontic Files.” *Journal of Endodontics* 22, no. 7 (July 1996): 341–45. doi:10.1016/S0099-2399(96)80214-7.
- 70.** Ruchi G, Annil D, Neha A, and Vikrant Y. “A New Approach To Single File Endodontics : Neoniti Rotary File System.” *International Journal Of Advances in Case Reports*, Juin 2015, 1030–32.
- 71.** Saber SEDM, Nagy MM, and Schäfer E. “Comparative Evaluation of the Shaping Ability of Wave One, Reciproc and OneShape Single-File Systems in Severely Curved Root Canals of Extracted Teeth.” *International Endodontic Journal* 48, no. 1 (January 2015): 109–14. doi:10.1111/iej.12289.
- 72.** Schäfer E. “Root Canal Instruments for Manual Use: A Review.” *Endodontics & Dental Traumatology* 13, no. 2 (April 1997): 51–64.
- 73.** “Shaping Ability of Hero 642 Rotary Nickel-Titanium Instruments and Stainless Steel Hand K-Flexofiles in Simulated Curved Root Canals.” *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics* 92, no. 2 (August 2001): 215–20. doi:10.1067/moe.2001.114622.

- 74.** Schäfer E, Dzepina A, and Danesh G. “Bending Properties of Rotary Nickel-Titanium Instruments.” *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics* 96, no. 6 (December 2003): 757–63. doi:10.1016/S1079210403003585.
- 75.** Schilder H. “Cleaning and Shaping the Root Canal.” *Dental Clinics of North America* 18, no. 2 (April 1974): 269–96.
- 76.** Shen, Y., Qian, W., Abtin, H., Gao, Y, and Haapasalo. M. “Fatigue Testing of Controlled Memory Wire Nickel-Titanium Rotary Instruments.” *Journal of Endodontics* 37, no. 7 (July 2011): 997–1001. doi:10.1016/j.joen.2011.03.023.
- 77.** Simon S, and Bertot W. “Quel Avenir Pour L’endodontie ?” *Le Fil Dentaire*, no. 30 (Février 2008): 14–16.
- 78.** Simon S, Pierre Machtou, and Wilhelm-Joseph Pertot. *Endodontie*. Rueil-Malmaison: Éditions CdP, 2012.
- 79.** Taschieri S, Necchi S, Rosano G, Del Fabro M, Weinstein R, and Machtou P. “Avantages et Limites Des Instruments En Nickel-Titane Pour La Préparation Canalaire Endodontique.” *Revue Mensuelle Suisse Odontostomatologie* 115 (November 2005): 1000–1005.
- 80.** Tepel J and Schäfer E. “Endodontic Hand Instruments: Cutting Efficiency, Instrumentation of Curved Canals, Bending and Torsional Properties.” *Endodontics & Dental Traumatology* 13, no. 5 (October 1997): 201–10.
- 81.** Thompson SA “An Overview of Nickel-Titanium Alloys Used in Dentistry.” *International Endodontic Journal* 33, no. 4 (July 2000): 297–310. doi:10.1046/j.1365-2591.2000.00339.x.
- 82.** Tinoco JM, De-Deus G, Tinoco EMB, Saavedra F, Fidel RAS, and Sassone LM. “Apical Extrusion of Bacteria When Using Reciprocating Single-File and Rotary Multifile Instrumentation Systems.” *International Endodontic Journal* 47, no. 6 (June 2014): 560–66. doi:10.1111/iej.12187.
- 83.** Türker SA, Sağlam BC, Koçak MM, and Koçak S. “The Effect of Glide Path on the Surface Quality of New and Used Rotary and Reciprocating Single Files: OneShape versus

Wave One: Glide Path Effect on Surface Topography of Instruments.” *Scanning* 36, no. 6 (November 2014): 608–13. doi:10.1002/sca.21161.

84. Türker SA, Uzunoğlu E, and Aslan MH. “Evaluation of Apically Extruded Bacteria Associated with Different Nickel-Titanium Systems.” *Journal of Endodontics* 41, no. 6 (June 2015): 953–55. doi:10.1016/j.joen.2015.02.009.

85. Üstün Y, Çanakçı BC, Dinçer AN, Er O, and Düzgün S. “Evaluation of Apically Extruded Debris Associated with Several Ni-Ti Systems.” *International Endodontic Journal* 48, no. 7 (July 2015): 701–4. doi:10.1111/iej.12369.

86. Varela-Patiño P, Ibañez-Párraga A, Rivas-Mundiña B, Cantatore G, Otero XL, and Martín-Biedma B. “Alternating versus Continuous Rotation: A Comparative Study of the Effect on Instrument Life.” *Journal of Endodontics* 36, no. 1 (January 2010): 157–59. doi:10.1016/j.joen.2009.09.023.

87. Villat C, and Lucchini M. “Apports Du Système AlphaKite® En Pratique Quotidienne.” *Clinic* 34 (2013): 239–43.

88. Viteaux A. “L’instrumentation Unique En Rotation Continue.” *Dental Tribune Study Club Le Magazine*, no. 1 (March 12, 2014).

89. Walia HM, Brantley BA, and Gerstein H. “An Initial Investigation of the Bending and Torsional Properties of Nitinol Root Canal Files.” *Journal of Endodontics* 14, no. 7 (July 1988): 346–51.

90. Walton R. “Histologic Evaluation of Different Methods of Enlarging the Pulp Canal Space.” *Journal of Endodontics* 2, no. 10 (October 1976): 304–11. doi:10.1016/S0099-2399(76)80045-3.

91. Weine FS, Kelly RF, and Lio PJ. “The Effect of Preparation Procedures on Original Canal Shape and on Apical Foramen Shape.” *Journal of Endodontics* 1, no. 8 (August 1975): 255–62. doi:10.1016/S0099-2399(75)80037-9.

92. Wilhelm J. “Mise En Forme Canalaire Monoinstrumentale En Mouvement Réciproque.” *Dental Tribune Study Club Le Magazine*, no. 1 (2013): 44–47.

- 93.** Wilke J. "Nickel in the environment. Herausgegeben von J. O. NRIAGU. 833 Seiten, 81 Abb., 130 Tab. John Wiley and Sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto 1980." *Food / Nahrung* 26, no. 9 (1982): 847–48. doi:10.1002/food.19820260991.
- 94.** Xavier F, Nevares G, Romeiro MK, Gonçalves K, Gominho L, and Albuquerque D. "Apical Extrusion of Debris from Root Canals Using Reciprocating Files Associated with Two Irrigation Systems." *International Endodontic Journal* 48, no. 7 (July 2015): 661–65. doi:10.1111/iej.12362.
- 95.** Yared G. "Canal Preparation Using Only One Ni-Ti Rotary Instrument: Preliminary Observations." *International Endodontic Journal* 41, no. 4 (April 2008): 339–44. doi:10.1111/j.1365-2591.2007.01351.x.
- 96.** Zmener O, Pameijer CH, Serrano SA, and Hernandez SR. "Cleaning Efficacy Using Two Engine-Driven Systems versus Manual Instrumentation in Curved Root Canals: A Scanning Electron Microscopic Study." *Journal of Endodontics* 37, no. 9 (September 2011): 1279–82. doi:10.1016/j.joen.2011.05.036.
- 97.** Zuolo AS, Mello JE, Cunha RS, Zuolo ML, and Bueno CES. "Efficacy of Reciprocating and Rotary Techniques for Removing Filling Material during Root Canal Retreatment." *International Endodontic Journal* 46, no. 10 (October 2013): 947–53. doi:10.1111/iej.12085.

Table des matières

Sommaire.....	14
Liste des figures.....	16
Liste des tableaux.....	20
Introduction.....	22
1. Des instruments en acier inoxydable aux instruments en Nickel-Titane (Ni-Ti).....	25
1.1. Instruments de préparation canalaire en acier inoxydable.....	26
1.1.1. Historique.....	26
1.1.2. Propriétés des instruments en acier inoxydable.....	27
1.1.2.1. Propriétés biologiques et composition.....	27
1.1.2.2. Propriétés mécaniques.....	28
1.1.3. Caractéristiques des instruments de préparation canalaire manuels en acier inoxidable	29
1.1.3.1. Procédé de fabrication.....	29
1.1.3.2. Section instrumentale.....	29
1.1.3.3. Conicité et diamètre apical.....	30
1.1.3.4. Longueur instrumentale.....	30
1.1.3.5. Angle d'hélice.....	31
1.1.3.6. Angle de coupe et méplat radian.....	32
1.1.3.7. Angle de pointe.....	33
1.1.3.8. Angle de transition.....	33
1.1.3.9. Standardisation.....	34
1.1.3.10. Résumé des caractéristiques des trois principaux instruments manuels de réparation canalaire en acier inoxydable.....	36

1.1.4. Caractéristiques des instruments de préparation canalaire mécanisés en acier inoxydable.....	37
1.1.5. Avantages des instruments en acier inoxydable.....	39
1.1.6. Inconvénients des instruments en acier inoxydable.....	39
1.2. Instruments de préparation canalaire en Ni-Ti.....	39
1.2.1. Historique.....	39
1.2.2. Propriétés des instruments endodontiques en Nickel-Titane.....	40
1.2.2.1. Composition chimique.....	49
1.2.2.2. Propriétés biologiques.....	40
1.2.2.2.1. Biocompatibilité de l'alliage Ni-Ti.....	40
1.2.2.3. Propriétés mécaniques.....	41
1.2.2.3.1. La superélasticité.....	41
1.2.2.3.2. La mémoire de forme.....	42
1.2.2.3.3. La flexibilité.....	43
1.2.2.3.4. L'efficacité de coupe.....	43
1.2.2.3.5. La résistance du Ni-Ti.....	43
1.2.3. Avantages.....	44
1.2.4. Inconvénients.....	45
1.3 Synthèse comparative des propriétés de l'acier inoxydable et du Ni-Ti.....	46
2. L'instrumentation mécanisée unique de mise en forme canalaire.....	47
2.1. Instrumentation rotative unique à mouvement continu.....	48
2.1.1. Description.....	48

2.1.2.	Avantages.....	50
2.1.3.	Inconvénients.....	52
2.2.	Instrumentation rotative unique à mouvement réciproque.....	52
2.2.1.	Description.....	52
2.2.2.	Avantages.....	53
2.2.3.	Inconvénients.....	53
2.3.	Principe de la mise en forme mono-instrumentale.....	54
2.4.	Règles d'utilisation des instruments uniques rotatifs de mise en forme canalaire.....	56
3.	Les principaux systèmes mono-instrumentaux de mise en forme canalaire.....	58
3.1.	Rotation continue.....	59
3.1.1.	F360® (Komet®).....	59
3.1.1.1.	Caractéristiques.....	59
3.1.1.1.1.	Profil de l'instrument.....	59
3.1.1.1.2.	Paramètres géométriques.....	60
3.1.1.2.	Protocole d'utilisation (Komet®, 2014).....	60
3.1.2.	F6 SkyTaper® (Komet®).....	63
3.1.2.1.	Caractéristiques.....	63
3.1.2.1.1.	Profil de l'instrument.....	63
3.1.2.1.2.	Paramètres géométriques.....	63
3.1.2.2.	Protocole d'utilisation (Komet®, 2015).....	64
3.1.3.	One Shape® New Generation (MICRO-MEGA®).....	66
3.1.3.1.	Caractéristiques.....	66

3.1.3.1.1.	Profil de l'instrument.....	66
3.1.3.1.2.	Paramètres géométriques.....	66
3.1.3.2.	Protocole d'utilisation.....	67
3.1.4.	Neoniti A1 (Neolix).....	70
3.1.4.1.	Caractéristiques.....	70
3.1.4.1.1.	Profil de l'instrument.....	70
3.1.4.1.2.	Paramètres géométriques.....	70
3.1.4.2.	Protocole d'utilisation.....	71
3.2.	Mouvement réciproque.....	71
3.2.1.	Réciproc® (Dentsply).....	71
3.2.1.1.	Caractéristiques.....	71
3.2.1.1.1.	Profil de l'instrument.....	71
3.2.1.1.2.	Paramètres géométriques.....	72
3.2.1.2.	Protocole d'utilisation.....	72
3.2.2.	Wave One Gold®. (Dentply).....	75
3.2.2.1.	Caractéristiques.....	75
3.2.2.1.1.	Profil de l'instrument.....	75
3.2.2.1.2.	Paramètres géométriques.....	76
3.2.2.2.	Protocole d'utilisation.....	77
3.3.	Etude comparative des systèmes de mise en forme canalaire mécanisés multi- et mono-instrumentaux.....	79
3.3.1.	Respect de l'anatomie canalaire et de la position du foramen apical.....	79

3.3.2. Efficacité de coupe et de mise en forme canalaire.....	80
3.3.3. Extrusion de débris apicaux.....	80
3.3.4. Elimination des bactéries canalaire.....	82
3.3.5. Résistance à la fatigue et à la fracture.....	83
3.3.6. Rapidité d'exécution de l'acte endodontique.....	84
3.3.7. Désobturation canalaire.....	85
3.3.8. Ergonomie de travail.....	86
3.3.9. Synthèse.....	86
Conclusion.....	88
Références bibliographiques.....	91
Table des matières.....	103

Jury : Président : J-M. MARTRETTE – Professeur des Universités
Juges : E. MORTIER – Maître de Conférence des Universités
R. BALTHAZARD – Maître de Conférence des Universités
M. VINCENT – Assistant Hospitalier Universitaire
F. CAMELOT – Assistant Hospitalier Universitaire

Thèse pour obtenir le diplôme D'Etat de Docteur en Chirurgie Dentaire

Présentée par: **Monsieur VATAGEOT Maxime, Pascal, Frédéric**

né(e) à: **BESANCON (Doubs)**

le **20 mars 1990**

et ayant pour titre : « **Instrumentation unique de mise en forme canalaire : données actuelles** ».

Le Président du jury


J.M. MARTRETTE

Le Doyen,
de la Faculté d'Odontologie


J.M. MARTRETTE

Autorise à soutenir et imprimer la thèse 9140

NANCY, le 25 AVR. 2016

Le Président de l'Université de Lorraine


P. MUTZENHARDT

VATAGEOT Maxime – **Instrumentation unique de mise en forme canalaire : données actuelles**

Nancy 2016 : 110 pages – 34 figures – 6 tableaux

Th. : Chir.-Dent. : Nancy : 2016

Mots-clés :

- endodontie
- instrumentation unique
- Nickel-Titane
- rotation continue
- réciprocité

VATAGEOT Maxime – **Instrumentation unique de mise en forme canalaire : données actuelles**

Th. Chir.- Dent. : Nancy : 2016

Le traitement endodontique est généralement le dernier acte qui permet de préserver une dent sur l'arcade dentaire. Ce geste pratiqué au quotidien par le chirurgien-dentiste demande de respecter des protocoles opératoires souvent longs et fastidieux. Si les fondamentaux de l'endodontie n'ont guère évolués ces dernières années, nous avons assisté à une véritable révolution concernant les instruments de mise en forme canalaire.

C'est ainsi qu'après avoir développé des instruments en acier inoxydable, nous avons assisté à l'avènement du Nickel-Titane (Ni-Ti) permettant la mécanisation de l'acte endodontique. Dans les années 2010 et toujours dans le but d'améliorer l'efficacité des traitements endodontiques, les fabricants ont développés des instruments uniques de mise en forme canalaire en Ni-Ti. Est-ce une réelle avancée dans le domaine de l'endodontie ? Est-ce que les traitements réalisés par le biais de ces instruments sont satisfaisants, sécurisants, efficaces et reproductibles ?

Nous étudierons tout d'abord l'acier inoxydable et son évolution vers l'alliage Ni-Ti, puis, dans une seconde partie, nous décrirons le concept de l'instrumentation unique mécanisée de mise en forme canalaire. Enfin, nous décrirons les différents instruments uniques actuels disponibles sur le marché, et nous réaliserons une revue de littérature afin de les comparer qualitativement entre eux, mais également à différentes séquences pluri-instrumentales existantes.

Membres du jury :

Pr. J-M. MARTRETTE	Professeur des Universités	Président
Dr. E. MORTIER	Maître de conférences	Juge
<u>Dr. R. BALTHAZARD</u>	<u>Maître de conférences</u>	Directeur de thèse
Dr. M. VINCENT	Assistant	Codirecteur de thèse
Dr. F. CAMELOT	Assistant	Juge

Adresse de l'auteur :

VATAGEOT Maxime
251, route de Martel
74190 Passy