



HAL
open science

Étude comparative de la préparation des canaux courbes sur dents extraites à l'aide de 3 systèmes : protaper universal, oneshape et waveone

Benjamin Raspaud

► To cite this version:

Benjamin Raspaud. Étude comparative de la préparation des canaux courbes sur dents extraites à l'aide de 3 systèmes : protaper universal, oneshape et waveone. Chirurgie. 2013. dumas-00909056

HAL Id: dumas-00909056

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00909056>

Submitted on 25 Feb 2014

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.

Université Bordeaux 2 - Victor Segalen

U.F.R. D'ODONTOLOGIE

Année 2013

Thèse n° 67

Thèse pour l'obtention du

DIPLOME d'ÉTAT de DOCTEUR en CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement par

Benjamin RASPAUD

Né le 11 Octobre 1988 à Bordeaux (Gironde)

Le 20 novembre 2013

**ETUDE COMPARATIVE DE LA PREPARATION DES CANAUX COURBES SUR DENTS
EXTRAITES À L'AIDE DE TROIS SYSTEMES : PROTAPER® UNIVERSAL, ONESHape®
ET WAVEONE™**

Directeur de Thèse :

Docteur Dominique ORIEZ

Membres du jury

Pr. M-J. BOILEAU	Professeur des Universités	Président
Dr. D. ORIEZ	Maître de Conférences des Universités	Directeur
Dr. J-F. PELI	Maître de Conférences des Universités	Assesseur
Dr. G. FENOUL	Assistant Hospitalo-Universitaire	Rapporteur
Dr. M. MARRET	Ancien Assistant Hospitalo-Universitaire	Assesseur

Université Bordeaux 2 - Victor Segalen

U.F.R. D'ODONTOLOGIE

Année 2013

Thèse n° 67

**Thèse pour l'obtention du
DIPLOME d'ÉTAT de DOCTEUR en CHIRURGIE DENTAIRE**

Présentée et soutenue publiquement par

Benjamin RASPAUD

Né le 11 Octobre 1988 à Bordeaux (Gironde)

Le 20 novembre 2013

**ETUDE COMPARATIVE DE LA PREPARATION DES CANAUX COURBES SUR DENTS
EXTRAITES À L'AIDE DE TROIS SYSTEMES : PROTAPER® UNIVERSAL, ONESHape®
ET WAVEONE™**

Directeur de Thèse :

Docteur Dominique ORIEZ

Membres du jury

Pr. M-J. BOILEAU	Professeur des Universités	Président
Dr. D. ORIEZ	Maître de Conférences des Universités	Directeur
Dr. J-F. PELI	Maître de Conférences des Universités	Assesseur
Dr. G. FENOUL	Assistant Hospitalo-Universitaire	Rapporteur
Dr. M. MARRET	Ancien Assistant Hospitalo-Universitaire	Assesseur

UNIVERSITE BORDEAUX SEGALEN

Président	M. Manuel TUNON de LARA
Vice Présidents	
<i>Conseil scientifique</i>	M. Pierre DOMINGUES DOS SANTOS
<i>Conseil des études et de la vie universitaire</i>	M. Nicole RASCLE
<i>Conseil d'administration</i>	M. Antoine de DARUVAR
<i>Relations Extérieures</i>	M. Vincent DOUSSET

UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE D'ODONTOLOGIE

Directeur	M. Jean-François PELI	58-01
Directeur Adjoint – Chargé de la Formation initiale	M. Yves DELBOS	56-01
Directeur Adjoint – Chargé de la Recherche	M. Jean-Christophe FRICAIN	57-02
Directeur Adjoint - Chargé des Relations Internationales	M. Jean-François LASSERRE	58-02
Coordonateur A.E.A.	M. Jean Marie MARTEAU	57-02

ENSEIGNANTS DE L'UFR

PROFESSEURS DES UNIVERSITES

Mme Caroline	BERTRAND	Prothèse dentaire	58-02
Mlle Marie-José	BOILEAU	Orthopédie dento-faciale	56-02
M. Jean	DAVID	Prothèse dentaire	58-02
Mme Véronique	DUPUIS	Prothèse dentaire	58-02
M. J-Christophe	FRICAIN	Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique	57-02
M. Jacques	JEANDOT	Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique	57-02
M. André	ROUAS	Sciences anatomiques et physiologiques	58-03

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

Mme Cécile	BADET	Sciences biologiques	57-03
M. Etienne	BARDINET	Orthopédie dento-faciale	56-02
M. Michel	BARTALA	Prothèse dentaire	58-02
M. Cédric	BAZERT	Orthopédie dento-faciale	56-02
M. Jean-Pierre	BLANCHARD	Prothèse dentaire	58-02
M. Christophe	BOU	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-03
Mlle Sylvie	BRUNET	Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique	57-02
M. Sylvain	CATROS	Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique	57-02
M. Stéphane	CHAPENOIRE	Sciences anatomiques et physiologiques	58-03
M. Jacques	COLAT PARROS	Sciences anatomiques et physiologiques	58-03
M. Reynald	DA COSTA NOBLE	Parodontologie	57-01
M. François	DARQUE	Orthopédie dento-faciale	56-02
M. François	DE BRONDEAU	Orthopédie dento-faciale	56-02
M. Yves	DELBOS	Odontologie pédiatrique	56-01
M. Raphael	DEVILLARD	Odontologie conservatrice- Endodontie	58-01
M. Emmanuel	D'INCAU	Prothèse dentaire	58-02
M. Bruno	ELLA NGUEMA	Sciences anatomiques et physiologiques	58-03

M. Dominique	GILLET	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
M. Jean-François	LASSERRE	Prothèse dentaire	58-02
M. Yves	LAUVERJAT	Parodontologie	57-01
Mme Odile	LAVIOLE	Prothèse dentaire	58-02
M. Jean-Marie	MARTEAU	Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique	57-02
M. Jean-Louis	MIQUEL	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-03
Mme Javotte	NANCY	Odontologie pédiatrique	56-01
Mme Dominique	ORIEZ	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
M. Jean-François	PELI	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
M. Philippe	POISSON	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-03
M. Patrick	ROUAS	Odontologie pédiatrique	56-01
Mlle Maud	SAMPEUR	Orthopédie dento-faciale	56-02
M. Cyril	SEDRAT	Parodontologie	57-01
Mlle Noémie	THEBAUD	Sciences biologiques	57-03
M. Eric	VACHEY	Odontologie conservatrice – Endod	58-01

ASSISTANTS

M. Terence	BARSBY	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
Mme Aurélie	BARSBY-EL-KHODER	Prothèse dentaire	58-02
Mme Mélanie	BOES	Orthopédie dento-faciale	56-02
Mlle Caroline	CHANE-FANE	Orthopédie dento-faciale	56-02
M. J-Christophe	COUTANT	Sciences anatomiques et physiologiques	58-03
M. Guillaume	CRESTE	Prothèse dentaire	58-02
Mme Hélène	DENOST	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-03
Mlle Aurélie	DUARTE	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
M. Guillaume	FENOUL	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
Mlle Geraldine	FERRERO-MOURGUES	Orthopédie dento-faciale	56-02
M. Rémy	GASTON	Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique	57-02
M. Nicolas	GLOCK	Sciences anatomiques et physiologiques	58-03
Mlle Sandrine	GROS	Orthopédie dento-faciale	56-02
M. Vincent	HEIN	Prothèse dentaire	58-02
Mlle Amandine	LAVAUD	Odontologie pédiatrique	56-01
M. Sébastien	LERICI	Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique	57-02
Mme Karine	LEVET	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-03
Mlle Maria-Gabriela	MARC	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
Mlle Candice	PEYRAUD	Odontologie pédiatrique	56-01
M. Jean-Philippe	PIA	Prothèse dentaire	58-02
M. Mathieu	PITZ	Parodontologie	57-01
M. Johan	SAMOT	Sciences biologiques	57-03
M. Arnaud	SOENEN	Prothèse dentaire	58-02
M. Luc	TREMOULET	Prothèse dentaire	58-02
M. Cyril	VIDAL	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
M. François	VIGOUROUX	Parodontologie	57-01

REMERCIEMENTS

À Madame le Professeur Marie-José BOILEAU,

Président du jury,

- Professeur des Universités- Praticien Hospitalier
- Sous section : Orthodontie Dento-Faciale
- Docteur en Chirurgie Dentaire
- Docteur d'Etat en Odontologie
- Docteur en Sciences Odontologiques
- C.E.S d'Orthopédie Dento-faciale
- C.E.S d'Anthropologie
- C.E.S d'Informatique médicale et générale
- D.E.R.S.O (Diplôme d'Etude et de Recherche en Odontologie)
- Responsable de la sous-section d'Orthodontie Dento-Faciale
- Responsable de l'enseignement du C.E.C.S.M.O et du D.U.O
- Responsable de l'unité médicale de Pellegrin du Département d'Odontologie et de Santé Buccale

Je vous remercie pour l'honneur que vous m'avez fait en présidant cette thèse, pour votre disponibilité et votre gentillesse lors de mes vacances hospitalières. En espérant que cette thèse puisse refléter ma reconnaissance et mon respect à votre égard.

À Madame le Docteur Dominique ORIEZ,

Directrice de la thèse,

- Maître de Conférences des Universités
- Sous-section : Odontologie Conservatrice Endodontie
- Docteur en Chirurgie Dentaire
- Docteur en Sciences Odontologiques
- C.E.S d'Anthropologie
- C.E.S de Parodontologie
- C.E.S d'Odontologie conservatrice
- Responsable de la sous-section d'Odontologie Conservatrice Endodontie

Je vous suis très reconnaissant d'avoir accepté de diriger cette thèse. Votre disponibilité, votre soutien, ainsi que la qualité et la rigueur de votre enseignement m'ont permis de mener à bien ce travail. Veuillez trouver dans ce travail le témoignage de ma gratitude et de mon plus profond respect.

À Monsieur le Docteur Jean-François PELI,

Assesseur de la thèse,

- Maître de Conférences des Universités
- Sous-section : Odontologie Conservatrice Endodontie
- Docteur en Chirurgie Dentaire
- Docteur en Sciences Odontologiques
- C.E.S de Biologie Buccale option Histo-Embryologie
- C.E.S d'Odontologie Conservatrice Endodontie
- Expert auprès de la Cour d'Appel de Bordeaux
- Directeur de l'U.F.R d'Odontologie

Je vous suis reconnaissant d'avoir accepté de siéger dans le jury de cette thèse. Veuillez trouver ici l'expression de mes remerciements et de mon profond respect.

À Monsieur le Docteur Guillaume FENOUL,

Rapporteur de la thèse,

- Assistant Hospitalo-Universitaire
- Docteur en Chirurgie Dentaire
- Lauréat de la faculté
- C.E.S Anatomie Physiologie
- C.E.S Parodontologie
- C.E.S Prothèse amovible partielle
- C.E.S Prothèse scellée

Je vous remercie pour la confiance que vous avez bien voulu me témoigner en acceptant d'être le rapporteur de cette thèse, et pour l'intérêt que vous avez porté à ce sujet. Veuillez trouver dans ce travail l'expression de mes remerciements les plus sincères et de mon profond respect.

À Monsieur le Docteur Matthieu MARRET,

Assesseur de la thèse,

- Ancien Assistant Hospitalo-Universitaire
- Sous-section : Odontologie Conservatrice Endodontie
- Docteur en Chirurgie Dentaire
- C.E.S en Endodontie Odontologie Conservatrice
- Maîtrises des Sciences Biologiques et Médicales

C'est un grand plaisir de vous voir siéger dans ce jury. Votre approche clinique et pédagogique, votre passion, ainsi que votre grande disponibilité m'ont été précieuses durant mes années d'études, et je vous en suis très reconnaissant. Veuillez trouver dans cette thèse le témoignage de mon plus profond respect et de ma gratitude, pour tout ce que vous m'avez apporté, tant sur le plan pratique que théorique.

À ma famille,

Je dédie ma thèse à mes parents. Je vous remercie pour votre soutien. Vos conseils m'ont permis de me surpasser tout au long de mes études. J'espère que vous êtes fier de mon parcours.

À Corentin, mon p'tit coc, tu as toujours été là pour m'aider. On a toujours été ensemble, et voilà maintenant on va avoir le même métier. J'espère que tes études à Madrid vont te plaire autant qu'elles m'ont plu à Bordeaux.

À Jeremie, notre passion commune pour le rugby nous a rapprochés. Maintenant, on est tout les deux un peu cassés... Je suis fier d'avoir un grand frère comme toi. Je te souhaite plein de bonheur avec Bérengère, et ma petite nièce Joséphine.

À Bénédicte, malgré les nombreuses disputes qu'on a pu avoir pendant notre enfance et notre adolescence, tu as toujours su rester à mon écoute. Ton aide en P1, en cherchant des cours à droite et à gauche, m'a certainement permis d'obtenir ce concours et d'être là où je suis.

À Grampy et Grannie, merci pour votre gentillesse et tous les moments passés avec vous. Grampy, avec toi, on apprend toujours quelque chose: une histoire, une anecdote, un fait historique...

Grannie merci à toi de m'accueillir toujours les bras ouverts.

À Mamie et Papi, qui sont malheureusement partis trop vite. J'espère que vous auriez été fiers de moi.

À Colombe, ton optimisme et ta joie de vivre me surprennent à chaque fois que je te vois. Reste comme ça! Je te souhaite de t'épanouir dans ton travail et dans ta vie personnelle.

À mes amis,

À Frédéric, mon meilleur ami, notre complicité n'a pas arrêté de grandir depuis notre rencontre en 6^{ième} à Tivoli. Les années passées ensemble au collège et au lycée ont fait naître une grande amitié. Merci pour tous ces moments passés avec toi et j'en suis sûr il y en aura pleins d'autres.

À Pierre, mon plus ancien ami, plein de souvenirs me viennent à la tête quand je pense à toi : notre pèlerinage à St Jacques, les après-midi foot dans ton jardin, les vacances passées ensemble à Grasse, au Cap-ferret, à Ascain, nos sorties en boîte, nos bêtises, ma première cuite...Je te souhaite plein de bonheur et de réussite dans ta nouvelle vie au Pays-Basque avec Adhley.

À mes potes de dentaire avec qui j'ai passé d'excellents moments, des soirées bien arrosées, des vacances hospitalières très studieuses, des séances BU-thèse passionnantes : Barbara, Thomas, Vincent, Leopoldine, Marie-Sophie, Sylvain, Gautier P., Gautier D., Xavier, Margaux, Loic, Jean-Baptiste, Pascal, Hadrien, Medhi, Delphine, Arnaud, Emile.

Aux sœurs Castagnettes, à Maxime et à Diane, pour toutes les soirées passées ensemble. Et comme dirait Max : « comme un petit air d'été ».

Au Docteur Dominique Naboulet et au Docteur Pierre Marin et à leurs équipes, de m'avoir si gentilement accueilli lors du stage clinique de 6^{ième} année et du job d'été d'assistant en 3^{ième} année. J'ai beaucoup appris à vos côtés.

Au Docteur Christophe Bou, pour la réalisation des statistiques et des graphiques : sans vous la discussion de la thèse n'aurait pas pu être possible. Votre disponibilité et votre gentillesse m'ont aidé à analyser les résultats.

À Martine, pour votre aide et votre accompagnement lors de ces longues journées passées au laboratoire devant l'IsoMet.

À Benoit Cros, je vous remercie pour votre aide à la réalisation des photographies.

À Emelyne Aubin de chez Dentsply Maillefer et à la société MicroMega, pour m'avoir fourni le matériel nécessaire à la réalisation de cette thèse.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	14
1. Ampliation canalaire	17
1.1 Définition	17
1.2. Objectifs de mise en forme par Schilder	17
1.3 Limite de préparation- Diamètre-Conicité.....	18
1.3.1 Ecole scandinave.....	18
1.3.2 Ecole américaine.....	18
1.3.3 Conicité	19
1.3.4 Diamètre.....	19
1.4 L'irrigation.....	19
2. Les instruments en Nickel-titane	22
2.1 Introduction.....	22
2.2 Caractéristiques des instruments en nickel-titane	22
2.3 L'alliage M-Wire®	22
3. Mouvement réalisant la mise en forme	25
3.1 Introduction.....	25
3.2 Mise en forme par la rotation continue	25
3.3 Mise en forme par le mouvement de Réciprocité.....	26
3.3.1 Mouvement des forces équilibrées de Roane.....	26
3.3.2 Mouvement de réciprocité	27
4. Présentation des systèmes étudiés	30
4.1 ProTaper® Universal	30
4.2 WaveOne™	31
4.3 OneShape®.....	33
5. Etude expérimentale	36
5.1 Objectifs de l'étude.....	36
5.1.1 Objectifs principaux	36
5.1.2 Objectifs secondaires	36
5.2 Préparation	36
5.2.1 Sélection des dents extraites	36
5.2.2 Angle de courbure	38
5.2.3 Méthode de Bramante	38
5.2.4 Conception pour notre expérience	39
5.2.5 Réalisation et solidarisation des coupes	39
5.2.6 Mise en forme des canaux.....	41
5.2.6.1 Protocole clinique du ProTaper® Universal.....	41
5.2.6.2 Protocole clinique du OneShape®	42
5.2.6.3 Protocole clinique du WaveOne™	42
5.3 Photographies des coupes	43
5.4 Analyse des photographies et des résultats.....	43
5.5 Analyses statistiques.....	46
6. Résultats	49
6.1 Déplacement du centre canalaire	49
6.2 Capacité de centrage	51

6.3	Quantité de dentine enlevée	53
6.4	Pourcentage de parois non préparées.....	55
6.5	Transport canalaire	57
6.6	Temps de mise en forme	57
7.	Discussion.....	60
7.1	Discussion sur le centrage	61
7.2	Discussion sur le transport canalaire	64
7.3	Discussion sur le pourcentage de parois non préparées	66
7.4	Discussion sur la quantité de dentine enlevée	66
7.5	Ressenti sur le WaveOne™ et OneShape®	67
7.6	Discussion sur le temps de préparation	68
	CONCLUSION.....	70
	BIBLIOGRAPHIE	73
	WEBOGRAPHIE.....	78
	ANNEXES	80

INTRODUCTION

L'endodontie est l'un des éléments fondamentaux de l'odontologie. Elle constitue une pratique essentielle sans laquelle les autres disciplines, surtout la prothèse et la parodontologie, ne pourraient être mises en œuvre.

L'endodontie a pour but de prévenir, diagnostiquer et de traiter les pathologies de la pulpe et du péri apex (1).

Actuellement, la préparation canalaire fait appel à une instrumentation qui peut être manuelle et/ou mécanisée, appelée encore assistée. Les industriels cherchent sans cesse à faciliter la tâche du chirurgien-dentiste en usinant des instruments plus sûrs et permettant des préparations canalaires plus rapides.

Cependant plus que les instruments eux-mêmes, ce sont les objectifs à atteindre qui sont primordiaux et seuls gages du succès à terme du traitement. Schilder a dicté les objectifs du traitement endodontique, restant la référence et inchangés depuis 1974 : une conicité régulière, le respect de la trajectoire canalaire, le maintien d'un foramen étroit en position initiale (2).

Il existe actuellement une multitude de systèmes sur le marché pour atteindre au mieux les objectifs biologiques et mécaniques du traitement canalaire. Toutefois, il n'existe pas à ce jour de système idéal. Nous avons choisi de nous intéresser à trois systèmes de mise en forme endodontique le ProTaper® Universal, le OneShape et le WaveOne™.

À travers cette thèse, nous allons aborder dans un premier temps des rappels sur l'ampliation canalaire, sur les instruments en nickel-titane, sur le mouvement réalisant la mise en forme et sur les systèmes étudiés.

Puis dans un second temps, la partie expérimentale où nous étudierons la qualité de la mise en forme en comparant les trois systèmes.

AMPLIATION CANALAIRE

1. Ampliation canalaire

1.1 Définition

La mise en forme est une étape clé du traitement endodontique, elle est capitale dans sa réussite. Elle est réalisée après l'obtention d'une cavité d'accès adéquate et précède l'obturation canalaire. Elle a pour fonction de créer l'espace nécessaire pour permettre à une solution d'irrigation aux pouvoirs désinfectants d'atteindre l'intégralité du réseau canalaire et d'autoriser une obturation tridimensionnelle étanche du réseau (2). Cette solution va permettre de désinfecter le canal d'une part, et de dissoudre les débris organiques (débris pulpaire, précimentine, tissus nécrosés) d'autre part, qui sont susceptibles de se comporter comme un substrat idéal pour le développement des micro-organismes résiduels du canal et qui conduiraient inévitablement à un échec à plus ou moins long terme. La mise en forme et le nettoyage sont deux notions indissociables et doivent répondre à des impératifs biologiques et mécaniques. Par ailleurs, la mise en forme instrumentale est loin de concerner tout le système endodontique d'où l'importance de l'irrigation. Dans le meilleur des cas, seuls 45 à 65% des parois du canal sont concernées par le passage des instruments (3).

1.2. Objectifs de mise en forme par Schilder

Les objectifs de mise en forme dictés par Schilder sont (2) :

- une préparation de conicité régulière du foramen apical jusqu'à l'ouverture coronaire;
- le maintien de la trajectoire initiale du canal;
- le respect de la position initiale du foramen apical;
- le maintien du diamètre foraminaire le plus étroit possible.

La conicité régulière et le maintien du foramen le plus étroit possible vont permettre une bonne circulation de la solution désinfectante jusqu'au tiers apical et optimiser les forces de compactage de la gutta-percha au moment de l'obturation.

1.3 Limite de préparation- Diamètre-Conicité

(4)

La limite du traitement endodontique est idéalement définie par la limite entre l'endodonte et le parodonte. Ainsi, toute infection de l'espace endodontique est neutralisée par le traitement canalaire, et toute infection de l'espace parodontal est prise en charge par les tissus parodontaux. Cette limite théorique est la jonction cémento-dentinaire. Le choix de la limite apicale est un sujet controversé, il existe deux approches.

1.3.1 Ecole scandinave

(4)

La préparation est dite « courte » et la mise en forme doit s'arrêter à un, parfois à deux millimètres, de l'apex radiographique. La préparation canalaire consiste à créer « une boîte apicale » dont le diamètre est de 60 voire 80/100. L'obturation apicale du canal est obtenue grâce à des copeaux dentinaires tassés dans le fond du canal. La conicité n'est donc pas un critère majeur de réussite. L'élargissement du canal dans son ensemble permet l'élimination des bactéries par l'action mécanique des instruments et l'action antiseptique des irrigants. Cependant, cette approche exerce d'importantes contraintes tant sur l'instrument que sur le maintien de l'anatomie initiale du canal.

1.3.2 Ecole américaine

(4)

L'école américaine, représentée par Schilder, préconise la mise en forme du canal jusqu'au « terminus radiographique ». Le foramen doit être maintenu perméable et le plus étroit possible : idéalement égal à 20/100 ou 25/100 mm. Contrairement à l'école scandinave, la conicité joue un rôle majeur permettant une circulation efficace de la solution antiseptique jusqu'au 1/3 apical (5) et un meilleur compactage lors de l'obturation.

1.3.3 Conicité

La conicité du 1/3 apical doit être suffisante pour une pénétration et un renouvellement efficace de la solution d'irrigation : minimum 6% selon Pertot et Simon (2003), idéalement 8 à 10% selon les études d'Albrecht et al. et Tu et al. (6) (7) (8). Plus la conicité est importante, plus la solution d'irrigation amenée par la seringue pénètre profondément dans le canal et plus les débris seront éliminés.

Cependant dans une étude plus récente, la conicité de la préparation n'affecte pas l'efficacité du nettoyage (9).

1.3.4 Diamètre

(10)

Le diamètre apical doit être jaugée. Pour cela, une lime manuelle en acier ayant le même diamètre que le dernier instrument utilisé est insérée à la longueur de travail. L'index est utilisé pour tapoter verticalement sur le manche de l'instrument. Si la lime est bloquée à la longueur de travail et n'avance plus apicalement, cela indique que le diamètre apical du canal correspond à celui du dernier instrument utilisé. Si la lime avance, cela indique que la préparation n'est pas suffisante et que le diamètre apical du canal est supérieur à celui du dernier instrument utilisé. Un élargissement apical plus important est nécessaire.

1.4 L'irrigation

La solution de choix à ce jour est l'hypochlorite de sodium, à une concentration comprise entre 0,5 et 5%. La Haute Autorité de Santé (HAS) préconise une concentration à 2,5% (11). L'hypochlorite de sodium possède un très large spectre antibactérien, ainsi qu'un pouvoir solvant sur les tissus organiques (pulpe, prédentine, tissus nécrosés). Il est efficace lorsqu'il est renouvelé fréquemment et quand il peut atteindre la totalité du canal. Cela n'est rendu possible qu'après la mise en forme canalaire. L'action de cette solution est liée à la présence d'acide hypochloreux. La réaction de chaque molécule avec un produit organique provoque sa transformation en molécule d'eau, inactive. Seul le renouvellement fréquent au sein du canal permet d'assurer une action permanente de

la solution. Par ailleurs, plus la solution est concentrée, plus la quantité de solution active, à volume égal, est importante.

L'utilisation d'une solution d'EDTA (éthylène diamine tétra acétique) à 17% est également conseillée afin de dissoudre la partie minérale de la boue dentinaire, « la smear layer », de libérer ainsi les produits organiques et autres bactéries et de les rendre accessibles à la solution de désinfection (12)(13). Le rinçage à l'EDTA doit donc être systématiquement suivi d'un rinçage à l'hypochlorite de sodium.

Une irrigation à la chlorhexidine est possible afin d'optimiser le processus de désinfection.

Par ailleurs, l'irrigation active permet d'optimiser la désinfection du canal, notamment dans le 1/3 apical.

LES INSTRUMENTS EN NICKEL-TITANE

2. Les instruments en Nickel-titane

2.1 Introduction

En 1961, W.J. Buehler et Wang, chercheurs à la marine américaine au Naval Ordnance Laboratory furent les premiers à découvrir les propriétés de mémoire de forme d'un alliage à base de nickel-titane qu'ils baptisèrent : le Nitinol (14). Nitinol est en fait l'abréviation de **Nickel-Titane Naval Ordnance Laboratory**.

Par la suite, Walia H. pensa que l'alliage en nickel-titane pouvait avoir d'énormes potentiels pour les instruments en endodontie, à cause de son faible module d'élasticité permettant une meilleur négociation des canaux courbes que les limes en acier inoxydable.

Ultérieurement, Tulsa Dental Product mit sur le marché en 1993 les premiers instruments rotatifs en nickel-titane avec le système ProFile®.

L'apparition de cet alliage dans le cadre du soin endodontique, a permis une réelle évolution dans le confort opératoire et dans la reproductibilité des traitements (15).

2.2 Caractéristiques des instruments en nickel-titane

Grâce aux propriétés du nickel-titane, les instruments endodontiques sont caractérisés par :

- une conicité majorée ;
- de nouveaux profils instrumentaux ;
- une dynamique en rotation continue ou en mouvement de réciprocité ;

2.3 L'alliage M-Wire®

L'inconvénient majeur des instruments en alliage Nickel-Titane est leur fort taux de fracture notamment par flexion.

Les études réalisées par le laboratoire Sportswire LLC montre que le M-Wire® a une résistance à la fatigue et à la torsion plus importante comparée au conventionnel nickel-titane. D'autres études montre également que l'alliage M-wire® confère aux instruments des propriétés accrues de flexibilité et de résistance à la fatigue cyclique qui sont supérieures au nickel-titane conventionnel (16) (17) (18) (19).

**MOUVEMENT RÉALISANT LA MISE EN
FORME**

3. Mouvement réalisant la mise en forme

3.1 Introduction

Le traitement endodontique repose sur la mise en forme, l'irrigation et l'obturation du réseau canalaire. La mise en forme est l'étape clé qui conditionne la qualité des deux autres. En effet, il demeure impossible de désinfecter et d'obturer un canal qui n'a pas été préparé (20).

Nous allons aborder deux types de mouvements, qui permettent la mise en forme canalaire : la rotation continue et le mouvement de réciprocité. L'objectif principal est de respecter les impératifs de la mise en forme et d'assurer une préparation efficace et sûre.

3.2 Mise en forme par la rotation continue

La rotation continue est apparue en 1995. Les instruments rotatifs en nickel-titane sont utilisés à vitesse constante et réduite comprise entre 250 et 500 tours par minute.

Les systèmes sont basés sur la technique du « crown-down » décrite par Marshall et Papin (21), c'est à dire une préparation corono-apicale. Cela consiste tout d'abord à la mise en forme de la partie coronaire en progressant en direction apicale jusqu'au foramen. L'objectif est l'élimination des interférences coronaires afin de pouvoir aborder le 1/3 apical dans les meilleures conditions possibles.

Les courbures importantes, les doubles courbures et les crochets apicaux constituent une contre-indication pour l'utilisation des instruments NiTi en rotation continue. Ils doivent être détectés soit à la radiographie pré-opératoire, soit lors du cathétérisme.

3.3 Mise en forme par le mouvement de Réciprocité

Après le lancement des instruments en nickel-titane en rotation continue, le mouvement de réciprocité a été exploré par Yared G. . L'objectif était de présenter une solution de remplacement au mouvement de rotation continue et d'optimiser les résultats obtenus. Le terme de réciprocité est impropre, faisant suite à la traduction de « reciprocating movement », il correspond en fait à un mouvement alternatif transversal asymétrique (MATA). Ce dernier consiste, décrit par Yared G. (22), par une alternance de mouvement horaire et antihoraire, d'amplitude variable. Ce mouvement est différent du mouvement alternatif, dont l'amplitude horaire et antihoraire sont identiques.

3.3.1 Mouvement des forces équilibrées de Roane

Le mouvement de réciprocité s'apparente à celui proposé par Roane en 1985 dans la « *technique des forces équilibrées* » (23). Roane décrit un mouvement qui consiste à alterner un mouvement de rotation d'un quart de tour dans le sens horaire pour engager la lime en acier manuelle dans le canal, suivi immédiatement d'un mouvement de trois quarts de tour dans le sens inverse permettant à l'instrument de couper la dentine dans laquelle il était engagé (figure n°1). Ainsi, dans ce mouvement l'effet de coupe est réalisé dans le second temps. Roane démontre que pour rester centré dans un canal, l'instrument doit en permanence être animé d'un mouvement de rotation.

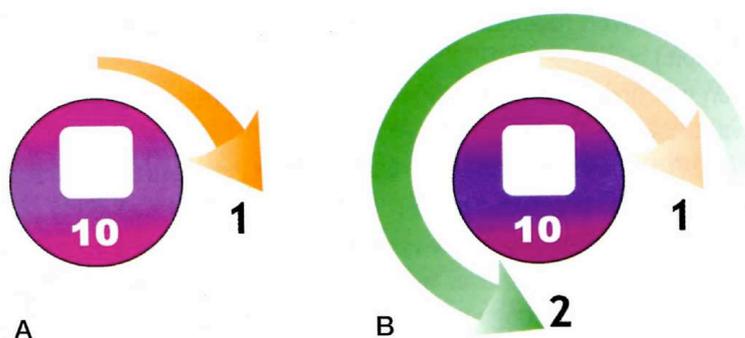


Figure n°1 : Les deux étapes du mouvement dit des forces équilibrées : A. rotation d'un quart de tour dans le sens horaire ; B. rotation de trois quarts de tour dans le sens anti-horaire (4).

3.3.2 Mouvement de réciprocité

En 2008, G. Yared poursuit les recherches sur ce mouvement permettant la préparation canalaire à l'aide d'un seul instrument en nickel-titane (22). Le mouvement alternatif transversal asymétrique (MATA) associe d'abord une rotation dans le sens horaire, sens de coupe (engagement de la lime), suivie immédiatement d'un mouvement de désengagement de la lime dans le sens antihoraire, à une vitesse de 400 tours par minute. Si ce mouvement ressemble à celui des forces équilibrées de Roane, il est en fait opposé. L'instrument utilisé pour ses recherches est le Finishing file 2 (F2) du système ProTaper® Universal (Dentsply Maillefer) avec le moteur ATR® (Technika) qui était le seul à ce moment-là à proposer un tel mouvement. L'instrument est animé d'un mouvement d'amplitude variable: 144° dans le sens horaire et 72° dans le sens antihoraire. Ainsi, 5 cycles sont nécessaires pour la réalisation d'une rotation de 360°. Quand l'instrument est en rotation horaire, il se visse dans le canal alors que quand l'instrument est en rotation antihoraire, il se dévisse dans le canal. Le résultat final est un effet de vissage et de progression dans le canal. En conséquence, les instruments doivent être utilisés dans le canal avec un mouvement de picotage et une pression apicale très délicate jusqu'à ce qu'une résistance soit rencontrée. Ensuite, l'instrument est sorti du canal, nettoyé à l'aide d'une gaze afin d'enlever les débris et réemployé de la même manière. Cette étape est répétée jusqu'à ce que F2 atteigne la longueur de travail. Les principaux objectifs sont ainsi de réduire le nombre d'instruments utilisés lors de la préparation et par conséquent le coût opératoire, de diminuer la fatigue instrumentale et donc le risque de fracture. Les angles de rotation horaire et antihoraire sont déterminés en fonction de la résistance en flexion de l'instrument. Leurs valeurs sont calculées de façon à ne pas atteindre la limite d'élasticité de l'instrument (24). Ce mouvement, à l'aide d'un seul instrument, permet un meilleur nettoyage du système canalaire que la séquence complète du ProTaper (25).

Le mouvement de réciprocité induit significativement une meilleure résistance à la fatigue cyclique (26)(27)(28). De plus, il permet de réduire le stress par torsion sur l'instrument, en réduisant le blocage de la pointe, qui est important avec le mouvement continu (27).

En rotation continue, la réalisation d'une rotation complète de 360° produit en un même point une alternance de compression-tension. Des micro-cracks apparaissent ainsi et fragilisent l'instrument à chaque rotation (29). L'expansion de ces micro-cracks est à l'origine de la fracture par fatigue cyclique (30)(31). Alors que dans le mouvement de réciprocité la rotation de 360° a lieu au bout de plusieurs cycles. Ainsi l'apparition des micro-cracks est réduite. La durée de vie des instruments, utilisant le mouvement de réciprocité, est donc prolongée.

En 2011, deux nouveaux systèmes à instrumentation unique exploitant le mouvement de réciprocité voient le jour : le WaveOne™ (Dentsply Maillefer) et le Reciproc® (Dentsply VDW). Ce sont deux systèmes à usage unique en M-wire® nickel-titane. Grâce à leur pas inversé à gauche (sens d'hélice à gauche), contrairement à tous les autres, ces instruments coupent en sens antihoraire et ils se désengagent en sens horaire (figure n°2). Leur section et leur efficacité de coupe permettent d'utiliser de petits angles de rotation qui ne dépassent pas les limites d'élasticité de l'instrument.



Figure n°2 : Mouvement de réciprocité du WaveOne™ et du Reciproc® : 3 cycles sont nécessaires pour réaliser une rotation de 360°. Notons que le mouvement anti-horaire est plus important que le mouvement dans le sens horaire (32).

PRÉSENTATION DES SYSTÈMES ÉTUDIÉS

4. Présentation des systèmes étudiés

4.1 ProTaper® Universal

Le ProTaper® Universal est un système d'instruments endodontiques développé par la société Dentsply Maillefer. Les instruments ProTaper® Universal sont fabriqués avec l'alliage nickel-titane conventionnel. Ils sont associés à un mouvement en rotation continue.

Le système ProTaper® est composé de 8 instruments en nickel-titane : Shaping file SX , Shaping file S1, Shaping file S2 (figure n°3), Finishing files F1/F2/F3/F4/F5 (figure n°4)



Figure n°3: Shaping files : SX (sans bague), S1 (bague violette), S2 (bague blanche) (33).

Les Shaping files S1 et S2 ressemblent schématiquement à une tour Eiffel et sont destinés à l'ouverture de la trajectoire canalaire.



Figure n°4 : Finishing files : F1 (bague jaune), F2 (bague rouge), F3 (bague bleu) (33).

Les Finishing Files ressemblent schématiquement à un obélisque et sont destinés à la mise en forme de la partie apicale du canal.

La principale caractéristique du ProTaper® Universal est la conicité variable.

Les instruments ProTaper® Universal fonctionnent avec tous les moteurs et contre-angles endodontiques disponibles permettant de fournir une vitesse de rotation comprise entre 300 et 350 tours par minutes.

4.2 WaveOne™

(34)

Le WaveOne™ est un système d'instrument endodontique développé par Dentsply Maillefer. Les instruments WaveOne™ sont fabriqués en utilisant la technologie M-Wire® nickel-titane et sont associés au mouvement de réciprocité (MATA).

Il existe 3 instruments WaveOne™ (figure n°5) :

-le *WaveOne™ primaire* (bague rouge). C'est l'instrument de choix pour la majorité des canaux;

-le *WaveOne™ fin* (bague jaune). Cet instrument est destiné à préparer les canaux fins;

-le *WaveOne™ large* (bague noire). Cet instrument est destiné à préparer les canaux larges.

La particularité de ce système réside dans le fait que le WaveOne™ permet une mise en forme à l'aide d'un seul instrument. En effet, le WaveOne™ primaire seul permet la mise en forme optimale de 90% des canaux (35).

Le WaveOne™ fin est considéré comme un instrument de transition, « bridge file ». Il permet la préparation jusqu'à la longueur de travail dans un premier temps des canaux très fins, courbés ou quand la progression du WaveOne™ primaire est bloquée. Puis dans un second temps, le WaveOne™ primaire est utilisé afin d'obtenir une conicité et un diamètre apical qui permettent une irrigation de qualité et un meilleur assainissement (35).



Figure n°5 : *Le WaveOne™ se décline en trois tailles (de haut en en bas) : WaveOne™ fin (21/.06) WaveOne™ primaire (25/.08) et WaveOne™ (40/.08) (34).*

La masse centrale est relativement importante, l'instrument présente une section transversale variable qui est triangulaire convexe modifiée avec des méplats radiants au niveau apical (D1-D8). Cette caractéristique permet d'améliorer le respect de la trajectoire canalaire, de limiter le risque d'aspiration et de vissage tout en augmentant la résistance ainsi que la flexibilité de l'instrument. Puis la section transversale est triangulaire convexe sur le reste de la partie active (D9-D16) rappelant celle du ProTaper® Universal F2 (figure n°6). Cette conception augmente la flexibilité de la lame coronaire.

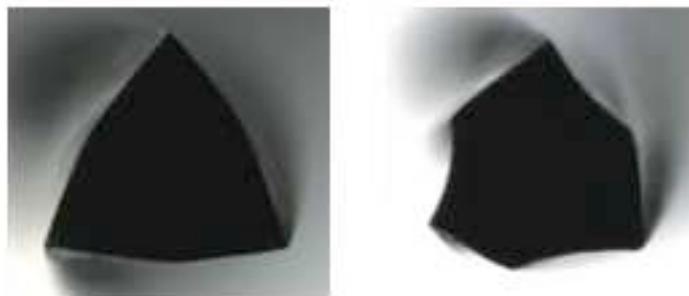


Figure n°6 : *Section de l'instrument WaveOne™ primaire : à gauche section transversale D9 à D16 , à droite section transversale D1 à D8.*

[1] <http://www.dentsply.fr/maillifer/site-maillefer.html>

Les instruments ont été conçus pour couper et progresser dans le sens antihoraire : ils possèdent un pas à gauche.

L'utilisation du WaveOne™ est à usage unique et conditionné sous blister stérile.

Le moteur WaveOne™ (Dentsply Maillefer) de première génération et le moteur deuxième génération X-Smart Plus permettent de faire fonctionner le WaveOne™ mais également les systèmes endodontiques en rotation continue. Le programme pré-enregistré WAVEONE ALL ou WAVEONE consiste en des rotations de 170° dans le sens anti-horaire et des rotations de 50° dans le sens horaire. La vitesse de rotation est d'environ 17 cycles par secondes, soit l'équivalent d'environ 350 tours par minute. L'instrument réalise une rotation de 360° en trois cycles.

4.3 OneShape®

Le OneShape® est un système d'instrument endodontique développé par la société Micro-Mega. Il est fabriqué avec l'alliage nickel-titane conventionnel. Celui-ci est associé à un mouvement en rotation continue.

Il existe un seul instrument OneShape® permettant la préparation canalaire dans la majorité des cas (figure n°7).



Figure n°7 : Instrument OneShape® (bague rouge)

[2] <http://oneshape-mm.com/images/documentation.pdf>

Il présente la particularité d'avoir une section variable tout au long de la lame. On en distingue 3 principales (figure n°8):

- une zone apicale avec 3 arêtes de coupes (D1- D2);
- une zone, dite de transition, où on passe progressivement de 3 à 2 arêtes de coupe (D2 – D9,5) ;
- une zone coronaire avec 2 arêtes de coupe (D9,5 à D17).

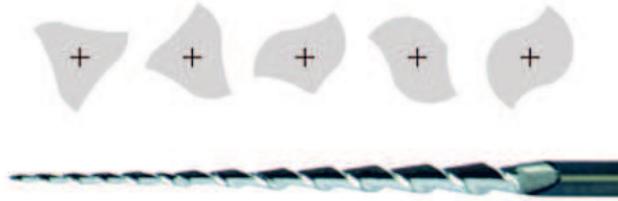


Figure n°8 : Evolution de la section sur le OneShape®

[2] <http://oneshape-mm.com/images/documentation.pdf>

L'instrument OneShape est à usage unique. Il est présenté sous blisters stériles. Le fabricant décrit que l'instrument est doté d'un système de sécurité ABC (Anti Breakage Control), c'est à dire que l'instrument se dévrille pour prévenir sa fracture.

L'instrument OneShape® est utilisable avec tous les moteurs et contre-angles endodontiques disponibles permettant de fournir une vitesse de rotation continue comprise entre 350 et 450 tours par minutes (données du fabricant).

ETUDE EXPERIMENTALE

5. Etude expérimentale

5.1 Objectifs de l'étude

5.1.1 Objectifs principaux

L'un des aspects les plus importants lors de la mise en forme canalaire est le maintien de la trajectoire canalaire et de la position initiale du foramen. Notre premier objectif est ainsi d'analyser la capacité à maintenir la trajectoire canalaire et la position du foramen lors de la mise en forme canalaire sur des dents extraites à l'aide de trois systèmes différents: le ProTaper® Universal, le OneShape® et le WaveOne™.

Par un système de superposition de photographies prises avant et après la mise en forme et en s'appuyant sur une méthode introduite par Bramante, nous évaluerons la capacité de centrage de l'instrument sur la trajectoire canalaire. De plus, nous analyserons le déplacement éventuel du canal lors de la mise en forme canalaire.

5.1.2 Objectifs secondaires

Lors de la mise en forme, nous analyserons le pourcentage de parois non concernées par l'instrumentation. D'après les fabricants, l'utilisation d'un seul instrument permettrait de gagner du temps sur la mise en forme canalaire. Nous enregistrerons donc la durée de préparation canalaire pour les trois systèmes.

5.2 Préparation

5.2.1 Sélection des dents extraites

Pour cette étude expérimentale, un même opérateur réalise la mise en forme de :

- 15 canaux à l'aide du système **ProTaper® Universal** (Dentsply Maillefer) (**groupe A**) avec un mouvement de rotation continue ;
- 15 canaux à l'aide du système d'instrumentation unique le **OneShape®** (MicroMega) (**groupe B**) avec un mouvement de rotation continue ;

- 15 canaux à l'aide du système d'instrumentation unique le **WaveOne™** (Dentsply Maillefer) (**groupe C**) avec un mouvement de réciprocité.

Les racines choisies sont les racines mésiales des molaires mandibulaires et les racines vestibulaires (MV) des molaires maxillaires et les prémolaires présentant une courbure modérée à sévère. Pour l'expérience, nous préparons des dents ayant un angle de Schneider compris entre 10° et 45° (36).

Les dents sélectionnées sont des dents matures avec un apex complètement fermé. Chaque dent est radiographiée. Deux radiographies numériques sont réalisées, dans une incidence mésio-distale et vestibulo-linguale, permettant de déterminer le degré de courbure de chaque canal dans les deux plans par la méthode de Schneider (figure n°9)

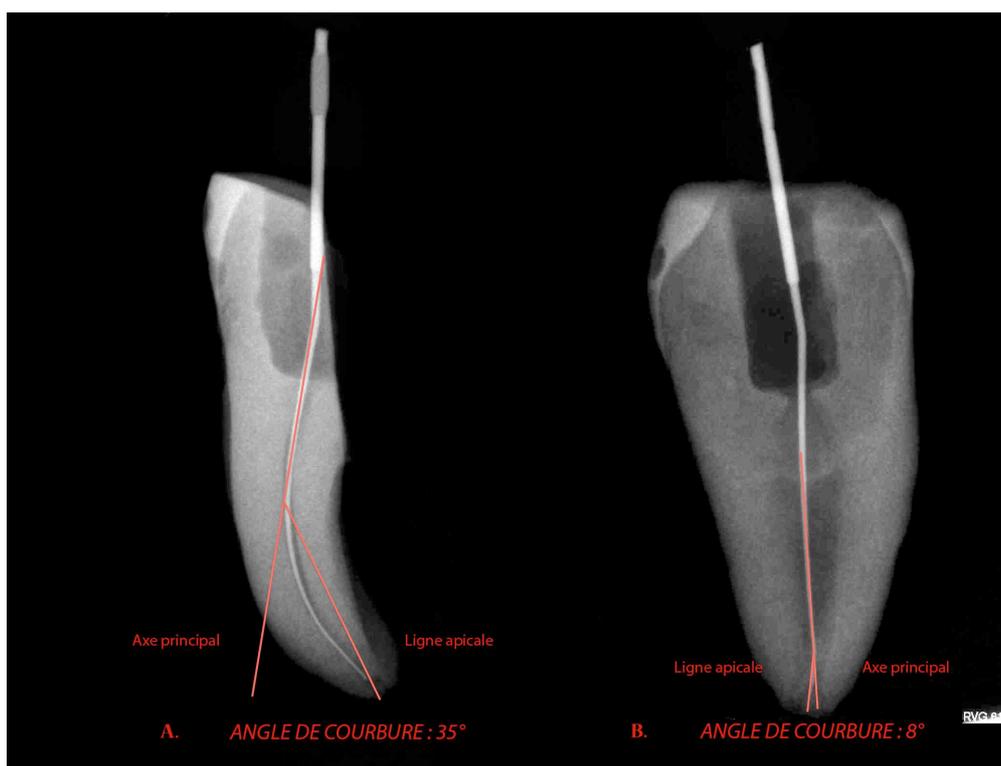


Figure n°9: Radiographie pré-opératoire d'une prémolaire. A : dans le sens mésio-distal B : dans le sens vestibulo-lingual. Détermination de la courbure canalaire selon Schneider.

Les dents ont été nettoyées et conservées dans une solution d'hypochlorite de sodium à 2,5%. La longueur de travail est déterminée en minorant de 1 mm la longueur obtenue lorsque la lime K de diamètre 10 affleure l'apex. Les racines sont ensuite mises pendant

15 minutes dans de l'eau distillée puis 20 minutes dans de l'alcool afin de les nettoyer et de les dégraisser. Elles sont par la suite placées une nuit entière dans l'étuve. La cire rose est utilisée pour obturer les sorties apicales ainsi que l'accès coronaire, afin d'éviter la pénétration de la résine dans le canal. Les dents sont ensuite incluses dans de la résine dont le temps de prise est de 24 heures.

Pour la réalisation de notre expérience, nous nous sommes appuyés sur la méthode de Bramante que nous avons modifiée pour notre protocole.

5.2.2 Angle de courbure

Schneider propose des critères afin d'évaluer la courbure des canaux. Il s'appuie sur la radiographie pré-opératoire afin de calculer l'angle de courbure du canal. Pour cela, il trace l'axe principal du canal et la ligne apicale qui est la tangente passant par le début et la fin de la courbe (36).

Schneider différencie 3 types de canaux courbes :

- $\alpha < 10^\circ$: la courbure du canal est faible. Le canal est considéré comme droit et la difficulté est nulle ;
- $10^\circ < \alpha < 25^\circ$: la courbure est modérée et le praticien doit alors préparer un canal d'une difficulté moyenne ;
- $\alpha > 25^\circ$: la courbure du canal est sévère. La difficulté de préparation est maximale et les contraintes sur les instruments sont majorées.

L'angle de courbure est ainsi défini comme le nombre de degrés sur l'arc du cercle entre les points de début et de fin de courbure et est exprimé en degrés.

5.2.3 Méthode de Bramante

La méthode de Bramante développée en 1987 est un outil de comparaison de la morphologie canalaire avant et après sa préparation. Le principe est d'inclure la dent dans un bloc de résine sur lequel sont pratiquées des rainures transversales à l'axe de la dent en regard de ses faces proximales. Le bloc est ensuite mis horizontalement dans un moule en bois et inclus dans du plâtre jusqu'à mi-hauteur. Deux rainures longitudinales sont alors pratiquées dans le plâtre de part et d'autre du bloc en résine, puis l'ensemble est finalement recouvert de plâtre afin de compléter l'inclusion. La dent est donc incluse

dans un bloc de résine, lui même inclus dans un moule en plâtre démontable. Le bloc de résine est ensuite coupé au microtome dans sa portion cervicale, moyenne et apicale. Les coupes peuvent, dès lors, être repositionnées au sein du moule en plâtre pour l'étape de la préparation canalaire. L'analyse de la section du canal est effectuée par des photographies (37).

5.2.4 Conception pour notre expérience

Pour notre étude, chaque racine est incluse dans un bloc de résine (2,4 cm x 1,2 cm) sur lequel sont percés trois puits, de 2,8 mm de diamètre, dans la longueur du bloc (figure n° 10). Cela est réalisé à l'aide d'une perceuse à colonne et représente le futur emplacement des trois boulons.

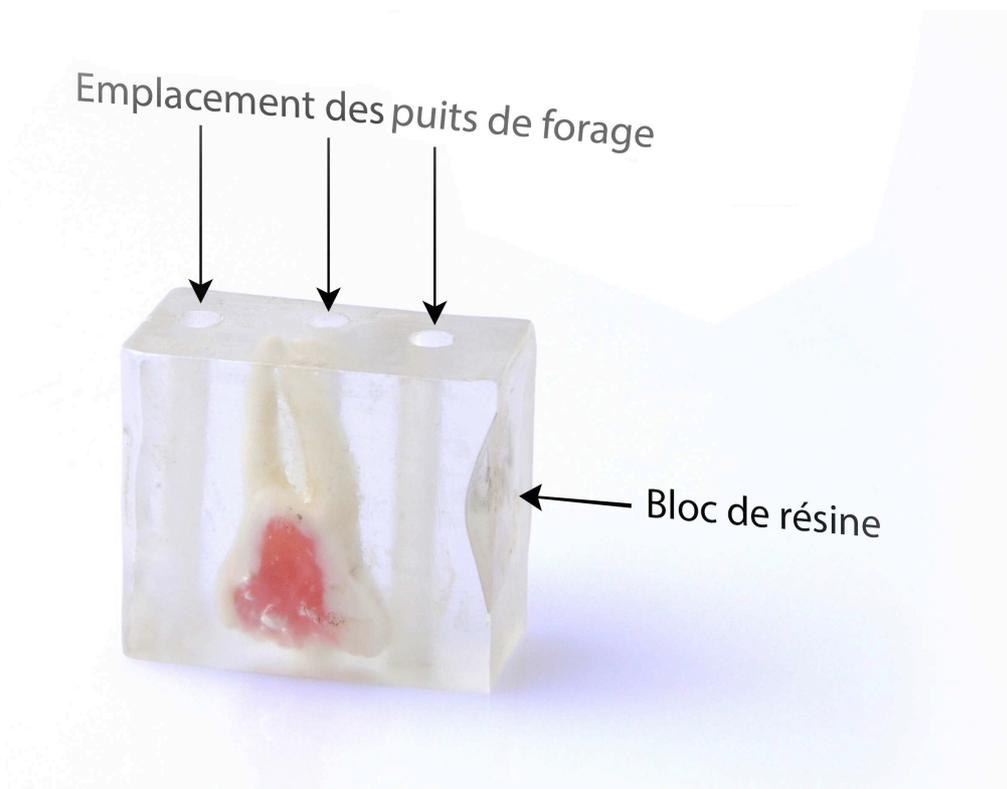


Figure n°10 : *Emplacement des puits de forage réalisés à l'aide d'une perceuse à colonne.*

5.2.5 Réalisation et solidarisation des coupes

Chaque coupe est réalisée avec un IsoMet (Buehler® LTD) à l'aide d'un disque diamanté de 300 μm d'épaisseur, à vitesse lente (figure n°11 et 12). On réalise pour chaque bloc trois coupes : à 2 mm **(C2)**, à 5 mm **(C5)** et à 7 mm **(C7)** de l'apex représentant respectivement les partie apicale, moyenne et coronaire du canal.



Figure n°11 : IsoMet Tronçonneuse de précision Buehler® LTD.

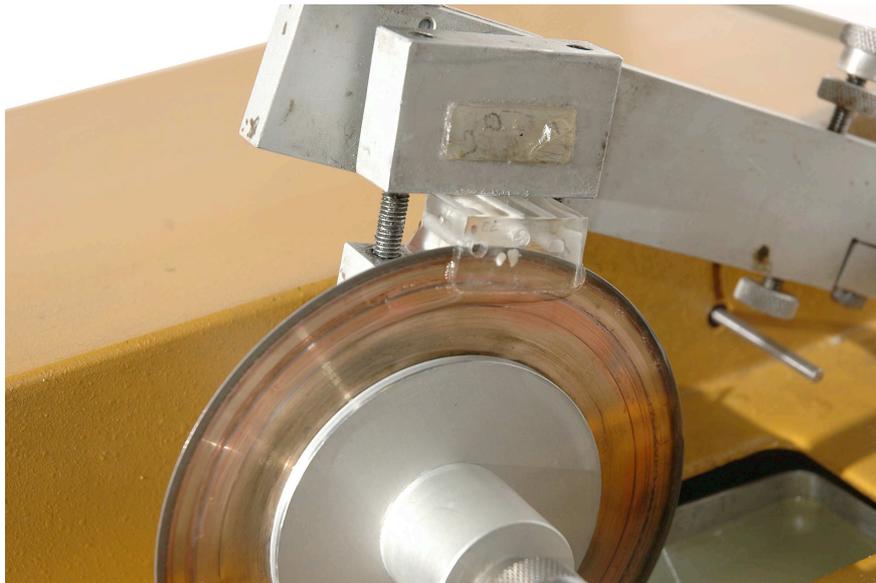


Figure n°12 : Réalisation des coupes du bloc de résine à 2 mm, 5 mm et 7 mm de l'apex.

Les coupes sont solidarisées par l'insertion des trois boulons au niveau des trois puits précédemment forés. Le serrage est effectué par des écrous. Le diamètre des puits est légèrement inférieur (\varnothing 2,8 mm) à celui des boulons (\varnothing 3 mm) permettant d'obtenir une stabilité lors de la reconstitution du bloc de résine (figure n°13). Les photographies des coupes avant et après la mise en forme et leurs analyses sont effectuées en enlevant les trois boulons du bloc de résine.

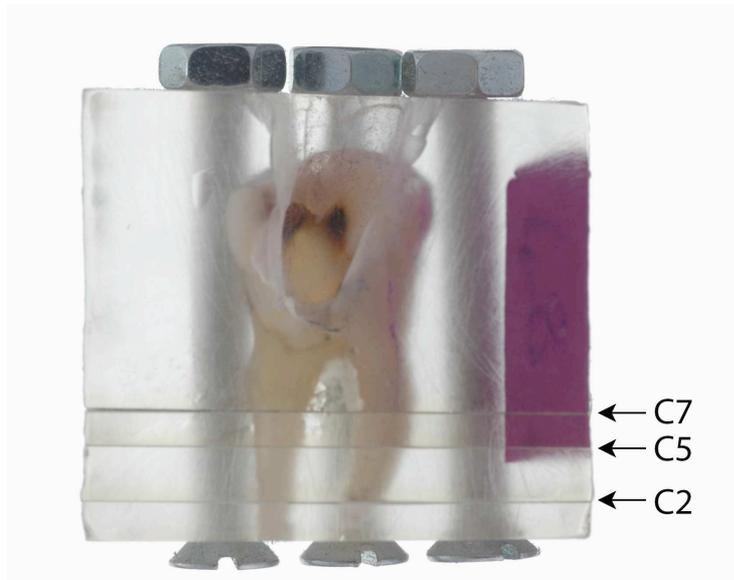


Figure n°13 : *Solidarisation des coupes à l'aide des boulons et des écrous.*

5.2.6 Mise en forme des canaux

Pour chaque système, nous effectuons les étapes suivantes :

- mise en place de 2 ml d'hypochlorite de sodium dans la chambre pulpaire ;
- exploration du canal avec une lime K manuelle de diamètre 10/100 de mm précourbée avec des mouvements de quart de tour alternés ;
- entre chaque instrument ou après trois mouvements, nous irriguons avec 2 ml de ClONa et nous vérifions la perméabilité canalaire à l'aide d'une lime K de diamètre 10 ;
- la LT est réévaluée lors de la préparation du tiers apical ;
- rinçage final avec de l'EDTA puis avec de l'hypochlorite de sodium.

5.2.6.1 Protocole clinique du ProTaper® Universal

La partie explorée est mise en forme à l'aide du S1. Les Shaping files (S1, S2 ou X) ne doivent jamais travailler dans la phase de descente, mais uniquement dans la phase de retrait de l'instrument. L'instrument est donc descendu dans le canal, sans forcé, puis est retiré en appui pariétal.

Ensuite, le S1 est amené jusqu'à la longueur de travail (LT).

Mise en place du S2 jusqu'à la LT.

La LT sera réévaluée lors de la préparation du tiers apical.

Mise en place du F1 et F2 jusqu'à la LT. Les Finishing files (F1 et F2) sont utilisés par un mouvement de va-et-vient vertical seulement. Une fois à la longueur de travail, il sont immédiatement retirés.

Les instruments du système ProTaper® Universal sont utilisés sur le micro-moteur endodontique X-Smart™ de Dentsply Maillefer à une vitesse de 300 tours par minute et un torque de 2,8 N.cm. Le diamètre final de la préparation apicale est de 25/100 mm et la conicité apicale de 8%.

5.2.6.2 Protocole clinique du OneShape®

Mise en place du OneShape® à l'entrée du canal : la descente est progressive jusqu'au 2/3 de la LT. L'instrument ne doit pas être forcé. L'instrument travaille en appui pariétal en remontant.

On continue ainsi la mise en forme canalaire jusqu'à atteindre la LT;

L'instrument OneShape® est utilisé sur le micro-moteur endodontique X-Smart™ de Dentsply Maillefer à une vitesse de 300 tours par minute et un torque de 2,8 N.cm. Le diamètre final de la préparation apicale est de 25/100 mm et la conicité apicale de 6%.

5.2.6.3 Protocole clinique du WaveOne™

Mise en place du WaveOne™ primaire à l'entrée du canal : la descente est progressive avec un léger mouvement vertical de va-et-vient, sans pression. L'amplitude du mouvement ne doit pas dépasser 3 mm. Un mouvement de va-et-vient équivaut à un picotage, le « pecking motion ».

On continue ainsi la mise en forme canalaire jusqu'à atteindre la LT.

L'instrument WaveOne™ primaire est utilisé sur le moteur WaveOne™ de Dentsply Maillefer. Le diamètre final de la préparation apicale est de 25/100 mm et la conicité apicale de 8%.

5.3 Photographies des coupes

Les photographies des coupes sont réalisées à l'aide d'une caméra numérique AxioCam ERc5s de Zeiss branchée sur un stéréomicroscope Zeiss Stemi 2000-C (figure n°14). Une pression sur un bouton permet l'enregistrement de la photographie sur la carte mémoire SD. Les images obtenues sont aux formats compressés « JPEG », en 5 millions de pixels et avec une résolution maximale de 2560 x 1920 pixels.



Figure n°14 : Stéréomicroscope Zeiss Stemi 2000-C et caméra numérique AxioCam ERc5s.

5.4 Analyse des photographies et des résultats

L'analyse des photographies est réalisée avec le logiciel ImageJ 1.46r de National Institutes of Health permettant de calculer l'aire de la section du canal, de déterminer les coordonnées du centre du canal, de calculer la distance entre le canal et l'extrémité de la racine et d'obtenir le pourcentage de parois non préparées lors de la phase d'instrumentation.

Préalablement, le logiciel Adobe Photoshop® permet de superposer les coupes avant et après la mise en forme canalaire, par l'utilisation de calques d'opacités différentes. Grâce à l'outil du lasso polygonal, les contours du canal sont tracés (figure n°15).

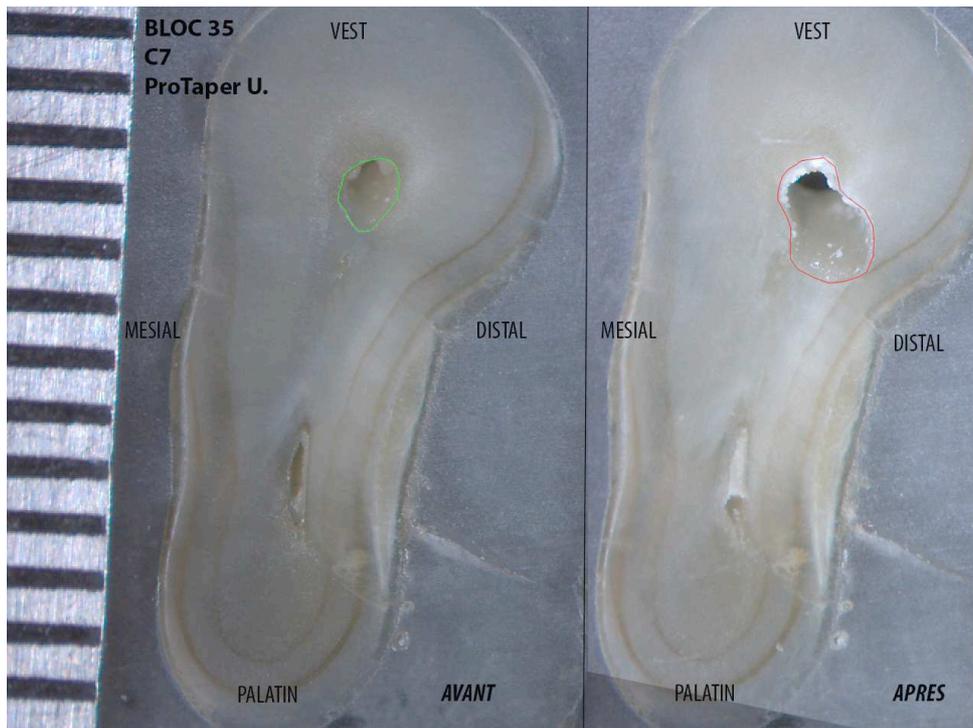


Figure n°15 : Section du canal avant et après la mise en forme (racine MV d'une 26) ; en vert le contour du canal avant l'ampliation, en rouge le contour du canal après l'ampliation.



Figure n°16 : Montage final (racine MV d'une 26). En vert : le contour du canal avant l'ampliation, en rouge le contour du canal après l'ampliation. A gauche, un régle permettant d'avoir une échelle de mesure. Montage réalisé à l'aide du logiciel Adobe Photoshop®.

L'analyse est effectuée sur les photographies de montage final à l'aide du logiciel ImageJ (figure n°16). Cela permet d'obtenir les résultats suivants:

-le déplacement du centre du canal au niveau de chaque coupe (en mm) : calculé en fonction des coordonnées du centre du canal, par la formule suivante (38) :

$$d = [(x1-x2)^2 + (y1-y2)^2]^{1/2}$$

d : la distance du centre entre avant et après l'ampliation

(x1, y1) : coordonnées du centre avant l'ampliation

(x2, y2) : coordonnées du centre après l'ampliation

-le ratio de centrage : donnée qui renseigne sur la capacité de l'instrument à rester centré sur la trajectoire. Plus le ratio se rapproche de 1, moins il y a de transport canalaire. Il est calculé selon la formule de Gambill et al. (figure n°17) (39) :

$$\frac{(X1-X2)}{(Y1-Y2)} \quad \text{OU} \quad \frac{(Y1-Y2)}{(X1-X2)}$$

-X1 : la distance entre le bord de la racine (en distal) et la périphérie du canal non instrumentalisé ;

-X2 : la distance entre le bord de la racine (en distal) et la périphérie du canal préparé ;

-Y1 : la distance entre le bord de la racine (en mésial) et la périphérie du canal non instrumentalisé ;

-Y2 : la distance entre le bord de la racine (en mésial) et la périphérie du canal préparé.

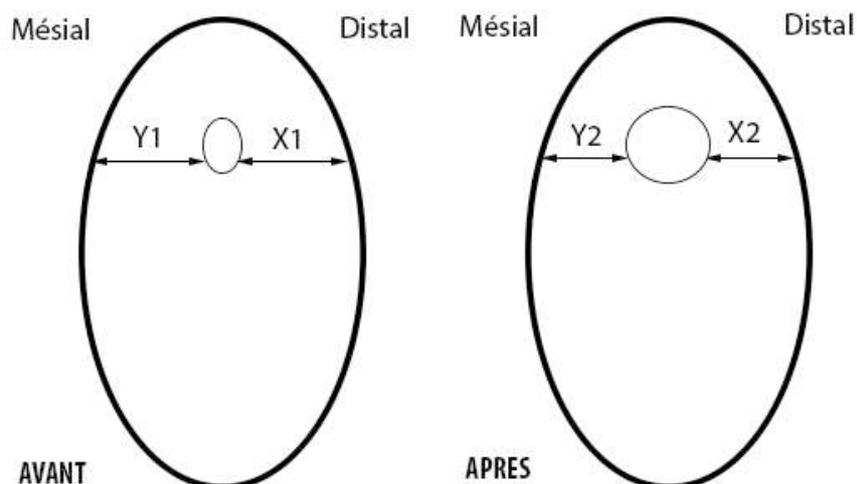


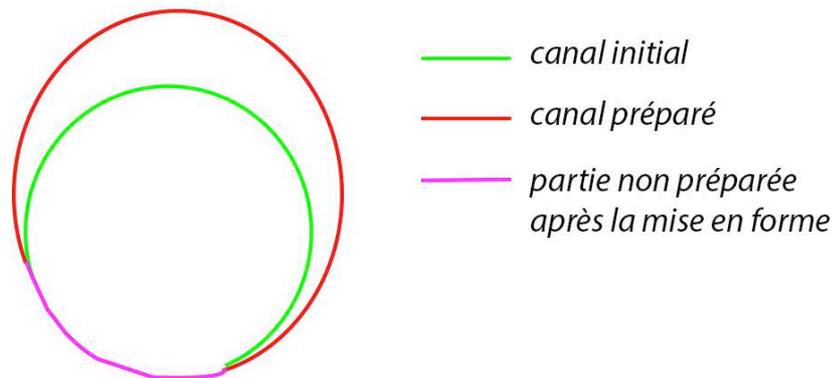
Figure n°17 : Schéma représentant une coupe transversale avant et après la mise en forme et les paramètres nécessaires pour calculer le ratio de centrage et l'éventuel transport canalaire selon la méthode de Gambill (39).

-la **quantité de dentine enlevée** au niveau de chaque coupe (en mm²) : calculée par la différence des aires avant et après l'ampliation ;

-le **transport canalaire** après la préparation. Si le résultat est nul, cela indique qu'il n'y a pas de transport. Si le résultat est positif, cela indique un transport du canal vers le côté distal. Si le résultat est négatif, cela indique un transport du canal vers le côté mésial. Il est calculé par la formule de Gambill et al. (39):

$$(X1-X2)-(Y1-Y2)$$

- le **pourcentage de parois non préparées après l'instrumentation** : obtenu par le produit en croix du périmètre de la partie du canal non concernée par les instruments après la mise en forme et du périmètre du canal initial (figure n°18).



$$\text{pourcentage de parois non préparées} = \frac{\text{périmètre du canal non préparé} \times 100}{\text{périmètre du canal initial}}$$

Figure n°18 : Schéma représentant le calcul du pourcentage de parois non préparées.

5.5 Analyses statistiques

Le recueil de données se fait à l'aide du logiciel Excel® (Microsoft® Excel® 2011 version 14.3.5). Nous avons utilisé le test statistique Anova type II et le test du X² pour comparer à chaque niveau de coupe le ratio de centrage, le déplacement du centre canalaire, la quantité de dentine enlevée, le transport canalaire, le pourcentage de parois

non concernées lors de la mise en forme et le temps de mise en forme. Il permet de déterminer s'il existe une différence significative au risque $\alpha=0,05$ entre les trois groupes pour ces valeurs. Les graphiques sont réalisés à l'aide du logiciel R.

RÉSULTATS

6. Résultats

6.1 Déplacement du centre canalaire

Les résultats obtenus sur le déplacement du centre canalaire, en millimètre, en fonction des trois groupes (OneShape®, ProTaper® Universal et WaveOne™) sont représentés dans la *figure n°19*. Statistiquement, il n'existe pas de différence significative entre les 3 groupes ($P > 0.05$), même si le WaveOne™ a tendance à réaliser un déplacement du centre canalaire légèrement plus important.

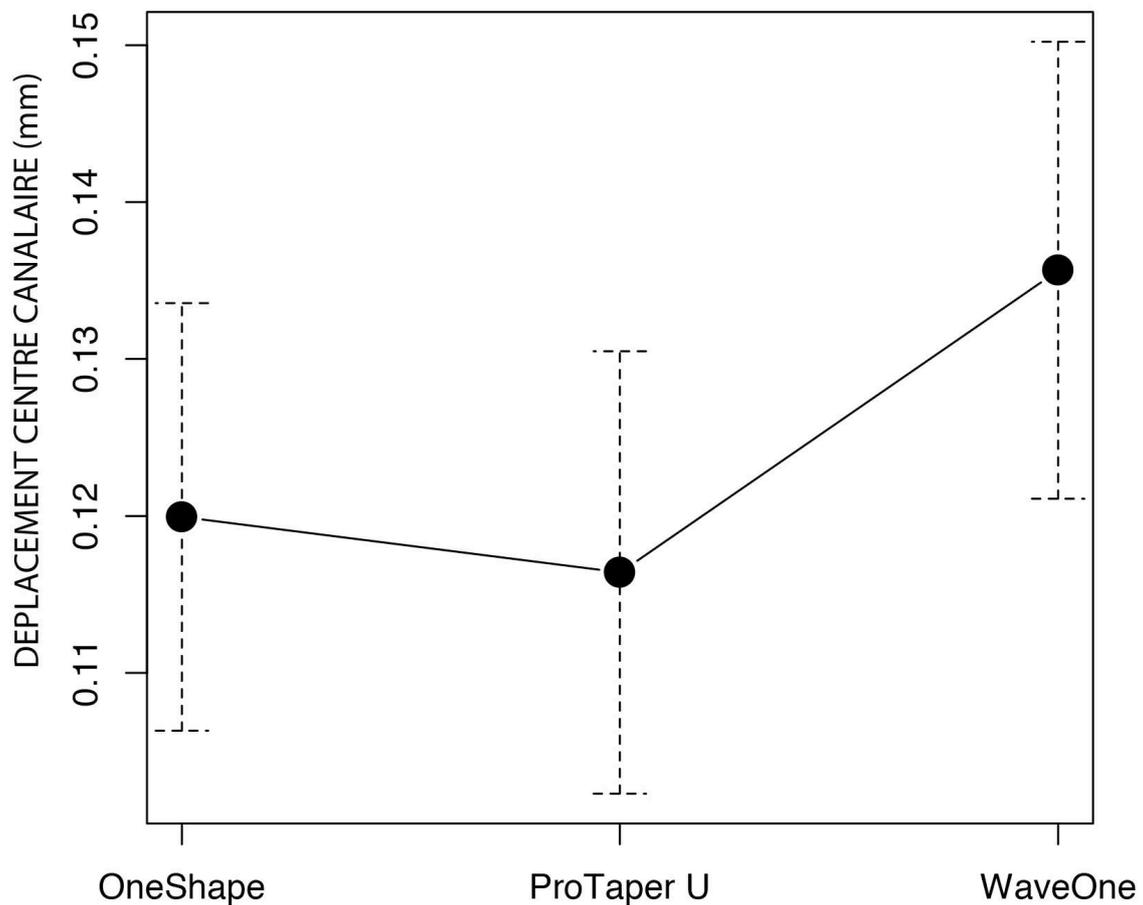


Figure n°19 : Déplacement du centre canalaire (en mm) en fonction des différents systèmes endodontiques (logiciel R).

● : moyenne des 45 mesures pour chaque groupe
| | : écart-type des 45 mesures pour chaque groupe

La *figure n°20* illustre le déplacement du centre canalaire, en millimètre, au niveau des trois coupes (C2, C5 et C7) et pour chaque groupe. Au niveau apical (C2), au niveau moyen (C5) et au niveau coronaire (C7), on ne note aucune différence significative ($P>0.05$). Au niveau C2, visuellement sur le graphique on peut observer une différence entre la moyenne du déplacement du centre canalaire du WaveOne™ qui est 1,7 fois plus important que la moyenne du OneShape® et du ProTaper®. Cependant, l'écart-type du WaveOne™ est important, 0,134, en comparaison avec le OneShape® et le ProTaper® Universal, respectivement de 0,075 et 0,032. Ainsi, statistiquement il n'y a pas de différence :

- soit car l'échantillon est trop petit ;
- soit car on se trouve dans les 5% d'erreurs ;
- soit car il n'existe vraiment pas de différence sur ce résultat.

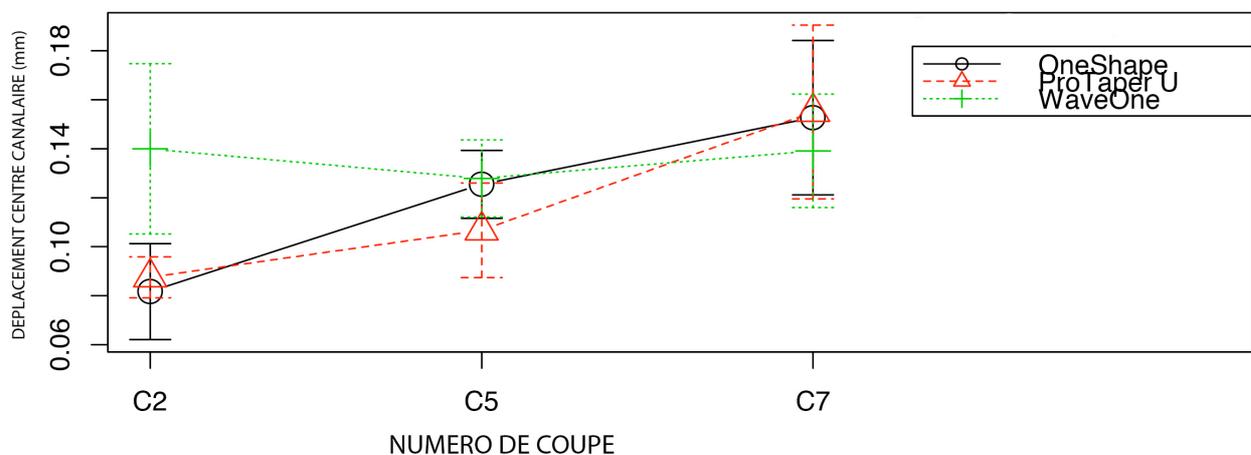


Figure n°20 : Déplacement du centre canalaire (en mm) en fonction des 3 systèmes endodontiques et de la coupe (logiciel R).

- : moyenne des 15 mesures à chaque niveau et pour chaque groupe
- ┆ : écart-type des 15 mesures à chaque niveau et pour chaque groupe

6.2 Capacité de centrage

Les résultats obtenus sur le ratio de centrage en fonction des trois groupes sont représentés dans la *figure n°21*. Il n'existe pas de différence significative entre les 3 groupes ($P>0.05$).

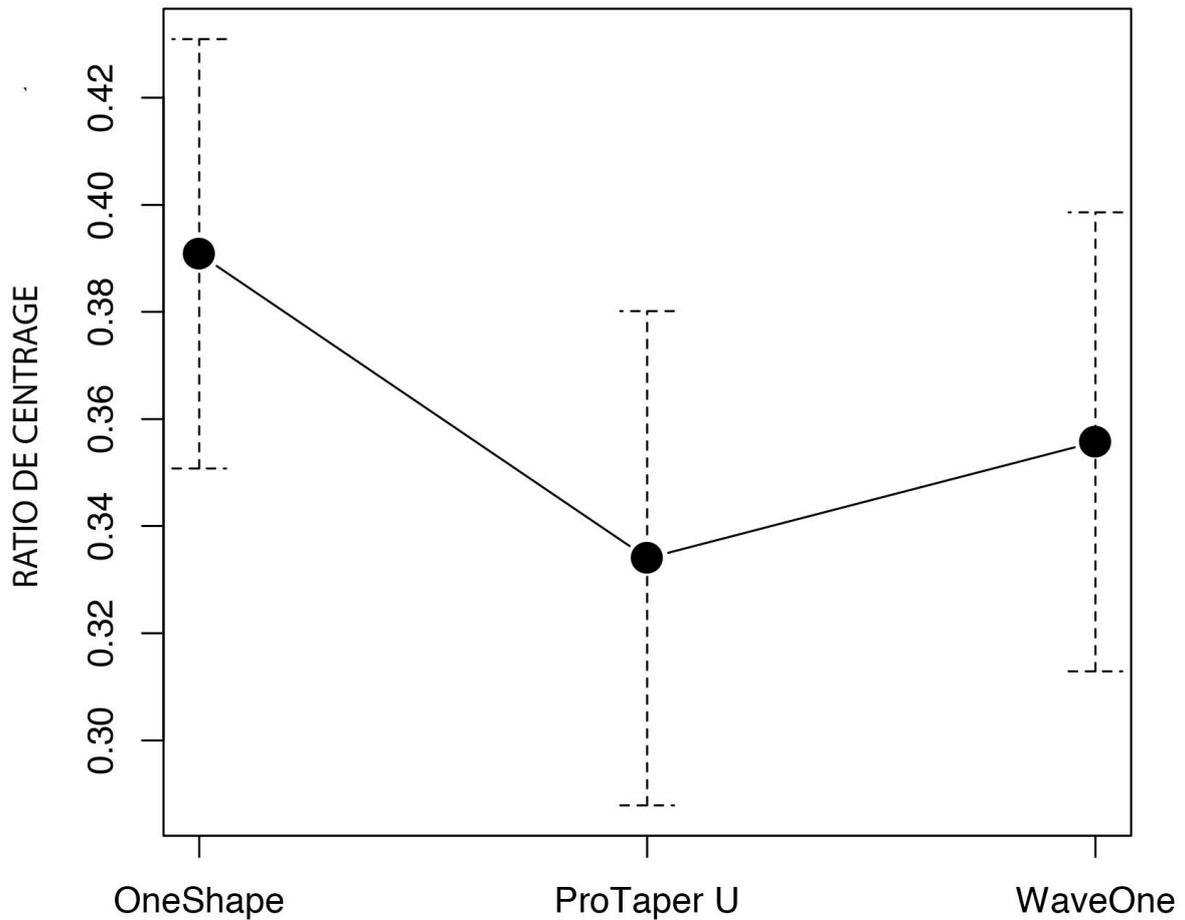


Figure n°21 : Ratio de centrage en fonction des différents systèmes endodontiques (logiciel R).

- : moyenne des 45 mesures pour chaque groupe
- : écart-type des 45 mesures pour chaque groupe

La figure n°22 illustre le ratio de centrage au niveau des trois coupes et pour chaque groupe. Au niveau C2, C5 et C7 il n'existe pas de différence significative ($P > 0.05$). Au niveau C2, visuellement sur le graphique le OneShape® obtient le meilleur ratio de centrage. Tandis qu'au niveau C7, visuellement sur le graphique le WaveOne™ obtient le meilleur ratio de centrage. Cependant, statistiquement on constate qu'il n'y a pas de différence.

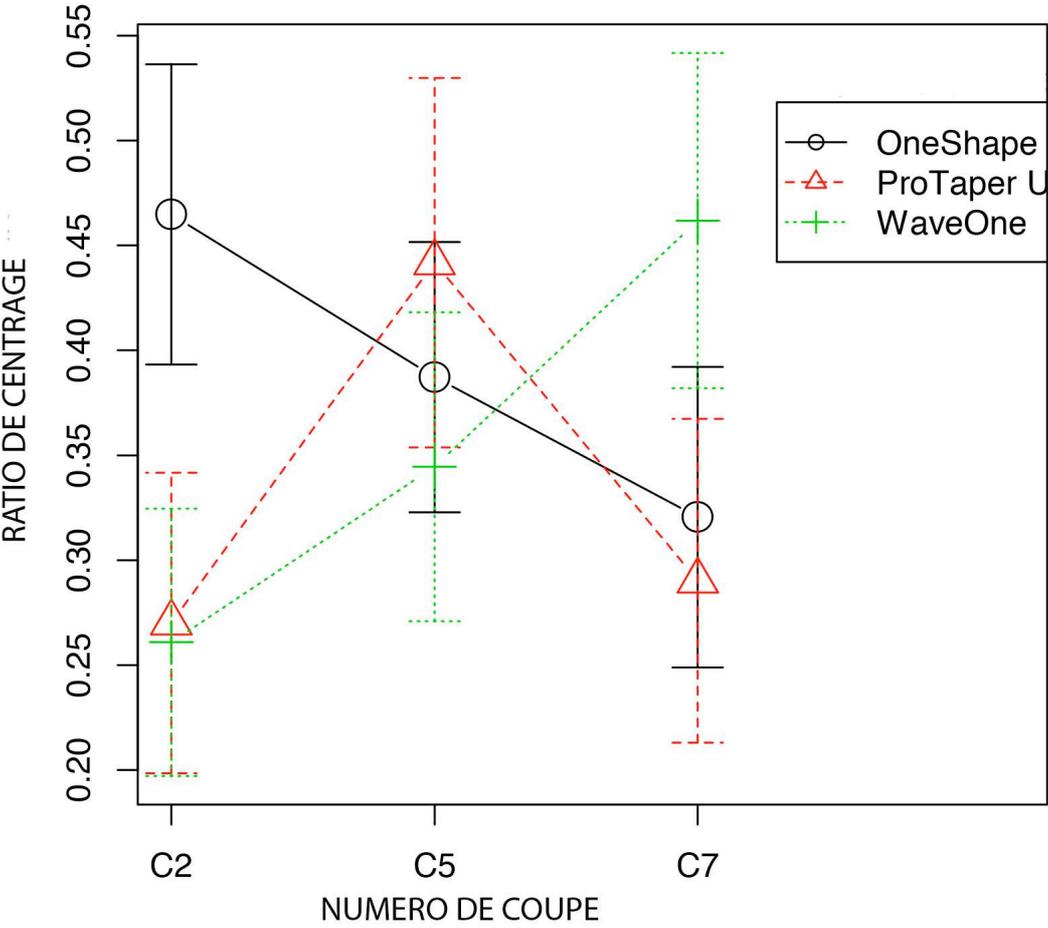


Figure n°22: Ratio de centrage en fonction des 3 systèmes endodontiques et de la coupe (logiciel R).

● : moyenne des 15 mesures à chaque niveau pour chaque groupe
 I : écart-type des 15 mesures à chaque niveau pour chaque groupe

6.3 Quantité de dentine enlevée

Les résultats obtenus sur la quantité de dentine enlevée, en mm^2 , en fonction des trois groupes sont représentés dans la *figure n°23*. Statistiquement, il n'existe pas de différence significative ($P > 0.05$) entre les trois groupes. Le WaveOne™ a tendance à très légèrement enlever davantage de dentine, au niveau des trois coupes réunies. Par rapport à la moyenne des 45 mesures, le WaveOne™ enlève 1,18 fois plus que le OneShape-ProTaper, avec des écart-types similaires.

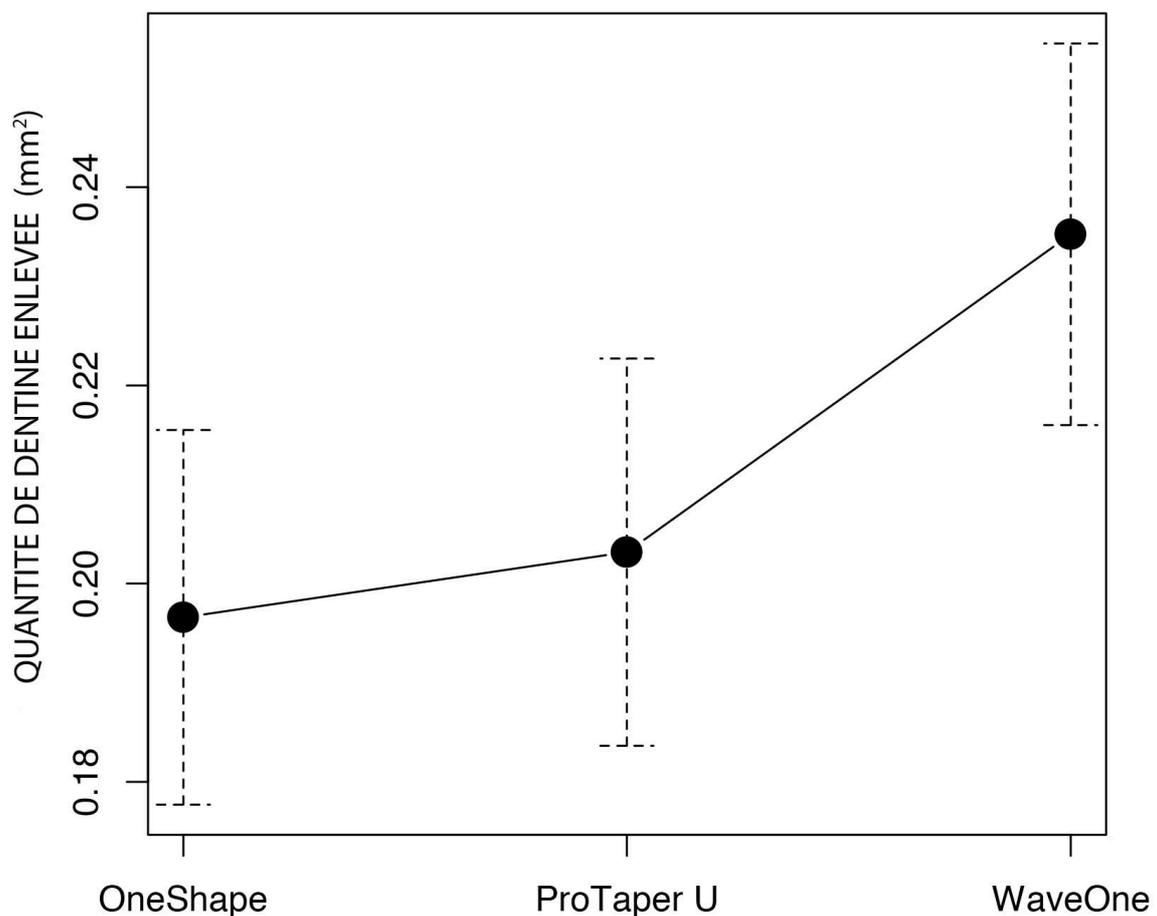


Figure n°23 : Quantité de dentine enlevée (mm^2) en fonction des différents systèmes endodontiques (logiciel R).

- : moyenne des 45 mesures pour chaque groupe
- ┆ : écart-type des 45 mesures pour chaque groupe

La figure n°24 illustre la quantité de dentine enlevée au niveau des trois coupes et pour chaque groupe. Statistiquement, il n’y a pas de différence quel que soit le niveau de coupe ($P>0.05$).

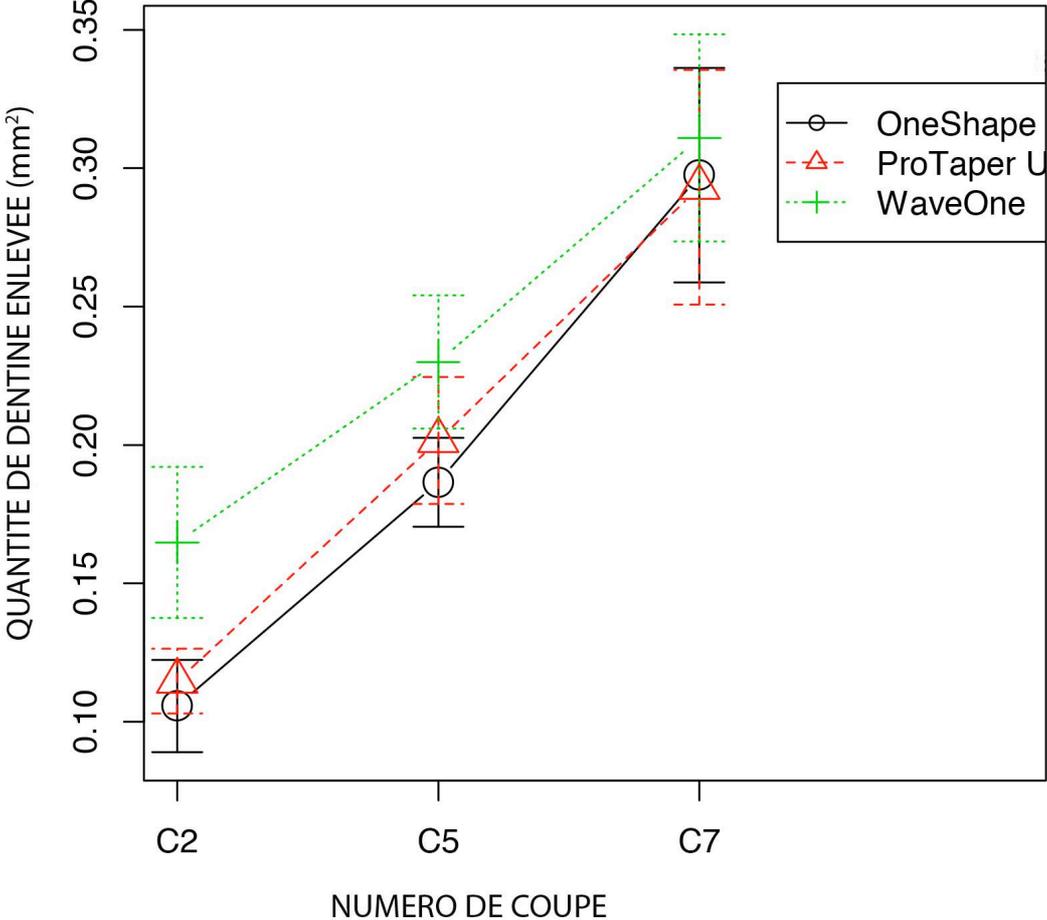


Figure n°24 : Quantité de dentine enlevée (mm²) en fonction des 3 systèmes endodontiques et de la coupe (logiciel R).

- : moyenne des 15 mesures à chaque niveau et pour chaque groupe
- ⌈ : écart-type des 15 mesures à chaque niveau et pour chaque groupe

6.4 Pourcentage de parois non préparées

Les résultats obtenus sur le pourcentage de parois non concernées lors de la mise en forme sont représentés dans la *figure n°25*. Il existe une différence significative ($P < 0.05$). Le WaveOne™ obtient un pourcentage de parois non préparées significativement plus faible que le ProTaper® Universal et le OneShape®. Les moyennes du OneShape® et du ProTaper® Universal sont similaires : environ 34% de parois ne sont pas instrumentalisées. Le WaveOne™ met en forme davantage de parois, avec seulement en moyenne 23 % de parois qui ne sont pas instrumentalisées.

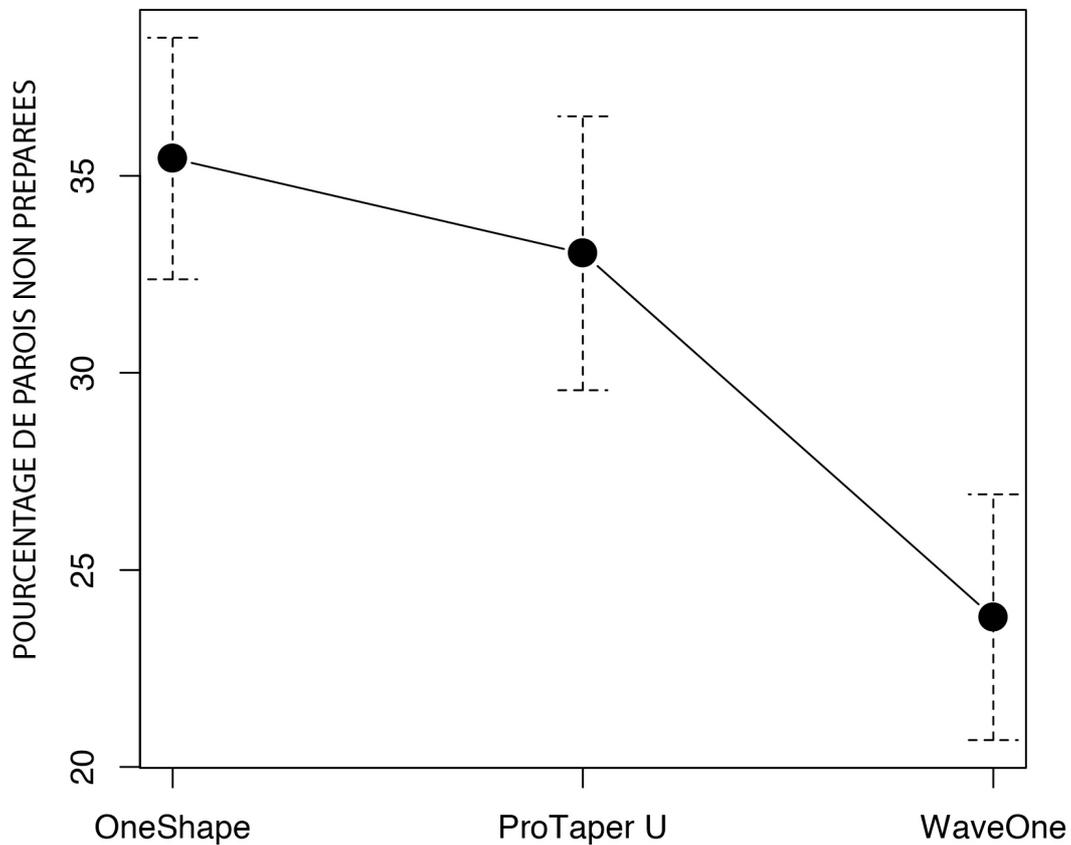


Figure n°25 : *Pourcentage de parois non préparées (%) après la mise en forme en fonction des différents systèmes endodontiques (logiciel R).*

- : moyenne des 45 mesures pour chaque groupe
- ┆ : écart-type des 45 mesures pour chaque groupe

La figure n°26 illustre le pourcentage de parois non concernées après la mise en forme au niveau des trois coupes et pour chaque groupe. Malgré la différence significative retrouvée précédemment, à chaque niveau de coupe il n'existe pas de différence significative entre les différents groupes ($P>0.05$). La différence est trouvée lorsque les moyennes sont calculées sur les trois coupes réunies, et non sur les moyennes de chaque coupe.

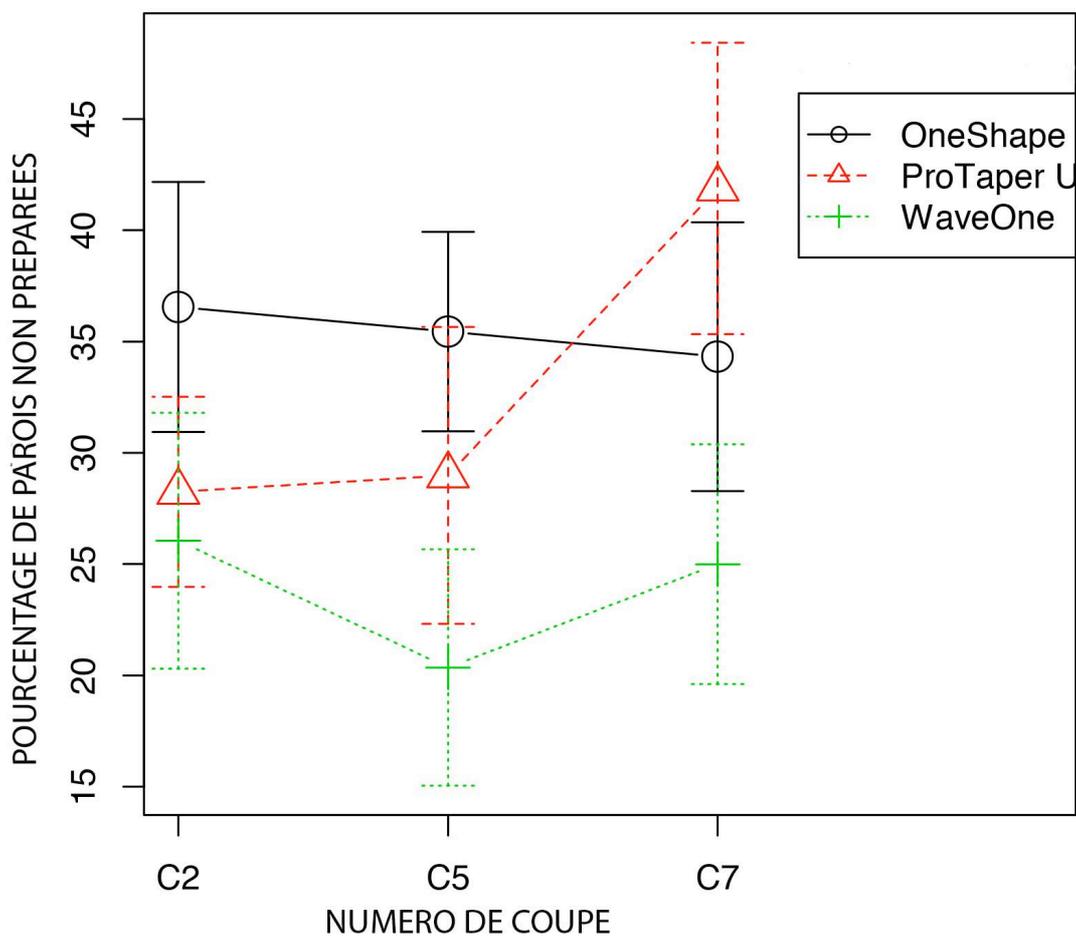


Figure n°26 : Pourcentage de parois non concernées (%) après la mise en forme en fonction des 3 systèmes endodontiques et de la coupe (logiciel R).

- : moyenne des 15 mesures à chaque niveau et pour chaque groupe
- ⋮ : écart-type des 15 mesures à chaque niveau et pour chaque groupe

6.5 Transport canalaire

Les résultats sur le transport canalaire sont résumés dans le *tableau n°27*.

Au niveau apical (C2), le transport canalaire a lieu significativement du côté mésial pour les 3 groupes.

Au niveau moyen (C5), le transport canalaire est plus fréquent en direction distale pour le système OneShape® et le système ProTaper® Universal. Contrairement à l'instrument WaveOne™ où le transport canalaire est en direction mésiale.

Au niveau coronaire (C7), le transport canalaire a lieu majoritairement du côté distal pour les 3 groupes.

	Apical (C2)			Moyen (C5)			Coronaire (C7)		
	Mes	Dist	Nul	Mes	Dist	Nul	Mes	Dist	Nul
ProTaper U.	54%	33%	13%	27%	53%	20%	20%	60%	20%
OneShape	73%	7%	20%	40%	60%	0%	13%	80%	7%
WaveOne	73%	27%	0%	60%	33%	7%	13%	74%	13%

Tableau n°27 : Pourcentage du transport canalaire (mésial, distal ou nul) en fonction des coupes et des systèmes.

6.6 Temps de mise en forme

Pour chaque système, les temps de mise en forme canalaire ont été chronométrés. Une moyenne et un écart-type du temps de mise en forme sont calculés en seconde pour chaque système et résumés dans le *tableau n°28*.

Instrument	Moyenne ± Ecart-types
ProTaper U.	278,4 ± 53,6
OneShape	217,4 ± 43,3
WaveOne	208,6 ± 60,9

Tableau n°28 : Moyenne (en seconde) et écarts-types (en seconde) du temps de mise en forme à l'aide des trois systèmes.

Nous pouvons constater que le système mono-instrumental WaveOne™ est le plus rapide des trois systèmes testés. Il existe une différence significative ($P < 0,05$) entre le WaveOne™-OneShape® et le ProTaper® Universal. Il n'y a pas de différence entre le WaveOne™ et le OneShape®.

Les systèmes à instrumentation unique, le OneShape® et le WaveOne™, permettent de gagner à peu près 1 minute sur le système ProTaper® Universal, dont la mise en forme s'effectue, dans notre expérience, avec 4 instruments.

DISCUSSION

7. Discussion

Le but de notre expérience est de comparer la qualité de la mise en forme, « shaping ability », de deux systèmes à instrumentation unique, le WaveOne™ et le OneShape®, et d'un système multi-instrumental, le ProTaper® Universal. Cette expérience est réalisée sur des dents naturelles avec des courbures modérées à sévères et non sur des canaux artificiels en résine.

Le choix des dents naturelles est celui qui se rapproche le plus de la réalité clinique. La méthode de Bramante modifiée, pour notre étude, permet une comparaison du canal pré et post-opératoire seulement au niveaux des coupes prédéterminées. La solidarisation des coupes à l'aide des trois boulons permet de reconstituer le bloc simplement. Malgré la perte de substance lors de la réalisation des coupes à l'aide de l'IsoMet, le canal est facilement retrouvé. Cependant, lorsque le canal n'est pas retrouvé, le bloc n'est pas utilisé pour l'étude.

La tomographie micro-informatisée est un autre moyen de comparaison canalaire, effectuée sur des dents naturelles. Cette technologie permet de reconstituer des images en deux ou trois dimensions de l'endodonte. Cette méthode non invasive permet l'évaluation de la morphologie du canal en-dedans ou en-dehors de la racine. Les inconvénients de cette technologie sont le coût de l'équipement, le temps d'acquisition et le temps de calcul qui sont longs.

Par ailleurs, il existe un autre modèle expérimental permettant d'étudier la mise en forme canalaire: l'utilisation de simulateur en résine. Ce dernier présente l'intérêt d'une standardisation du diamètre, de la longueur, de l'angle et du rayon de courbure du canal. Toutefois, les simulateurs en résine ne peuvent pas représenter les conditions cliniques en raison des différences de texture de surface, de dureté et de section de la dentine. La dureté de Knoop pour les blocs en résine est de 36, alors que celle de la dentine est comprise entre 40 et 72 selon Patterson. Les aberrations canalaires sont susceptibles de survenir plus souvent qu'en clinique. De plus, la friction des instruments de préparation génère de la chaleur pouvant entraîner un ramollissement de la résine. Cette dernière peut se fixer sur l'instrument et provoquer des déformations ou même sa fracture.

Le nombre de canaux traités dans notre étude, 15 par groupe, reste trop faible. Les résultats sont donc difficilement transposables à grande échelle. Le faible nombre de cas constitue une limite pour notre interprétation. Il s'agit d'un biais de représentation. Par ailleurs, notre expérience ex-vivo permet à l'opérateur de tenir le bloc dans son axe. Hors dans les conditions cliniques, l'opérateur aura tendance inconsciemment et avec la fatigue de mésialer son instrument. Cela peut entraîner davantage d'aberration canalaire.

Une erreur minime de superposition des photographies est possible avec le logiciel Adobe Photoshop. Mais les mesures sont précises au centième de millimètre.

Par ailleurs, les instruments ont permis d'effectuer la mise en forme de cinq canaux et ensuite ils sont jetés. Cela permet d'éviter un biais par l'usure des instruments.

7.1 Discussion sur le centrage

Les résultats permettant de juger la qualité du centrage des différents systèmes endodontiques sont le déplacement du centre canalaire et le ratio de centrage. Les résultats sur le déplacement du centre canalaire sont plus représentatifs sur le centrage que le ratio de centrage. En effet, le déplacement du centre canalaire prend en compte l'ensemble du canal tandis que le ratio de centrage prend référence à un seul point donné du canal. Ce point (X1 ou Y1) correspond à l'endroit où la préparation est la plus importante.

Toutefois, les résultats du ratio de centrage sont en accord avec ceux trouvés sur le déplacement du centre canalaire. Notre étude indique qu'il n'y a pas de différence significative en fonction des systèmes utilisés ($P > 0.05$). Les trois systèmes montrent une bonne capacité de mise en forme canalaire avec un centrage respectueux de l'anatomie canalaire, révélée dans notre expérience, par un déplacement du centre canalaire minime quel que soit la partie du canal. Toutefois, on constate dans quelques cas une mise en forme qui n'est pas parfaitement centrée.

Le maintien de la forme initiale du canal en utilisant une approche moins invasive est associé à de meilleurs résultats (3), réduisant le risque de transport canalaire, de redressement de la courbure, de stripping, d'épaulement, de zip mais aussi à une meilleure désinfection bactérienne et à un meilleur scellement (40) (41).

De nombreux paramètres influencent le centrage (42) :

- l'alliage utilisé

- le design de l'instrument : - section transversale ;

 - conicité ;

 - pointe.

De plus, le diamètre de préparation et la courbure canalaire (angle, rayon) peuvent également influencer le centrage.

Plus la conicité est faible, plus l'instrument sera flexible et plus le centrage sera facile à maintenir (42). Toutefois, le OneShape® ne donne pas un meilleur centrage apical que les deux autres systèmes. Rappelons que le OneShape® a une conicité apicale plus faible (conicité constante de 6%) que le ProTaper® Universal et le WaveOne™ (8% sur les trois premiers mm). De plus, la conicité du tiers apical doit être suffisante pour une pénétration et un renouvellement efficace de la solution d'irrigation : minimum 6% selon Pertot et Simon, idéalement 8 à 10% selon les études d'Albrecht et al. et Tu et al. (6) (43) (7). Cependant d'après Arvaniti et al. (9), la conicité de la préparation n'affecte pas l'efficacité du nettoyage.

La lecture de la littérature scientifique montre des résultats contradictoires.

Dans une étude réalisée sur des simulateurs en résine par Berrutti (44), le système WaveOne™ offre une meilleure capacité de centrage par rapport au système ProTaper® Universal, créant ainsi moins de modification canalaire.

Contrairement à l'étude de Bürklein et al. (45) qui étudient la mise en forme et l'efficacité de nettoyage dans les canaux courbes sur des dents naturelles à l'aide du WaveOne™, Reciproc® (Dentsply VDW), ProTaper® Universal et du Mtwo® (Dentsply VDW). Les résultats montrent qu'il n'existe pas de différence significative quant au redressement canalaire. Ils maintiennent tous la courbure canalaire d'origine. Concernant la propreté du canal, aucun des canaux préparés n'est complètement propre. Néanmoins, au niveau apical, le Reciproc® et le Mtwo®, ayant une section transversale en forme de S, permettent un meilleur nettoyage, plus de débris supprimés,

comparativement au ProTaper® Universal et WaveOne™. Aux niveaux coronaire et moyen, il n'y a pas de différence significative entre le Reciproc®, WaveOne® et Mtwo®, alors que le ProTaper® Universal montre significativement plus de débris résiduels.

Des recherches sont menées sur le mouvement de réciprocité et le mouvement en rotation continue pour analyser leurs influences sur le centrage.

Dans une étude réalisée sur des simulateurs en résine avec les FlexMaster® (Dentsply VDW) (46), le mouvement de réciprocité met en forme le canal de façon plus uniforme, plus centré dans le canal, dont il élargit de manière équivalente le côté extérieur et intérieur. Cette action résulte d'une aire de contact plus importante entre l'instrument et les murs canalaires, produisant ainsi un débridement harmonieux. Dans le tiers apical, le mouvement de rotation continue engendre un élargissement plus important du côté extérieur.

Cependant, dans une autre étude réalisée sur des dents naturelles (47), Stern et al. comparent la capacité de centrage de l'instrument F2 du ProTaper® Universal utilisé en mouvement de réciprocité et de la séquence du ProTaper® Universal et du Twisted Files™ (SybronEndo) utilisés en mouvement de rotation continue. Les résultats montrent qu'il n'existe pas de différence significative.

Le résultat est identique dans une autre étude (48) où les auteurs comparent la préparation canalinaire à l'aide du ProTaper® Universal utilisé en mouvement de réciprocité et en rotation continue. Il n'existe pas de différence dans la mise en forme des canaux courbes. Le mouvement de réciprocité et de rotation continue montre la même tendance de la transportation vers l'extérieur de la courbure à 1 et 2 mm de l'apex. A 3 mm de l'apex, le mouvement de réciprocité semble plus centré dans le canal tandis que la rotation continue montre une transportation vers le côté intérieur de la courbe. A 5 mm de l'apex, les deux groupes ont tendance à une mise en forme vers le côté distal. Cependant, il n'y a pas de différence significative quant à la quantité de transportation entre le groupe de rotation continue et du mouvement de réciprocité.

7.2 Discussion sur le transport canalaire

L'étude de la direction du déplacement du centre canalaire fournit des informations intéressantes. En effet, malgré la flexibilité des instruments en nickel-titane, on observe un transport canalaire qui peut être plus ou moins conséquent. A cause du redressement de l'axe des instruments lié à la présence de la courbure canalaire, il est prévisible d'observer un transport du côté distal au niveau coronaire et moyen, c'est à dire vers l'intérieur de la courbure, et un transport du côté mésial au niveau apical, c'est à dire vers l'extérieur de la courbure. L'axe canalaire est ainsi redressé. Dans notre étude, nous observons sans étonnement au niveau coronaire un déplacement majoritairement distal. C'est à cet endroit que l'instrument prend appui avant de négocier la courbure. Si le transport est trop important, nous pouvons observer un stripping comme dans la *figure n°29*. Ce dernier correspond à une fragilisation voire une perforation de la paroi interne de la courbure par sur-préparation et par redressement du côté intérieur de la courbure canalaire. Cette perforation associe la destruction du ciment, l'irritation du ligament parodontal et la difficulté de réaliser un scellement de manière étanche. Le stripping est fréquent dans le cas où le canal est très courbé, le canal n'étant pas centré au milieu de la racine, et sur les canaux en 8.

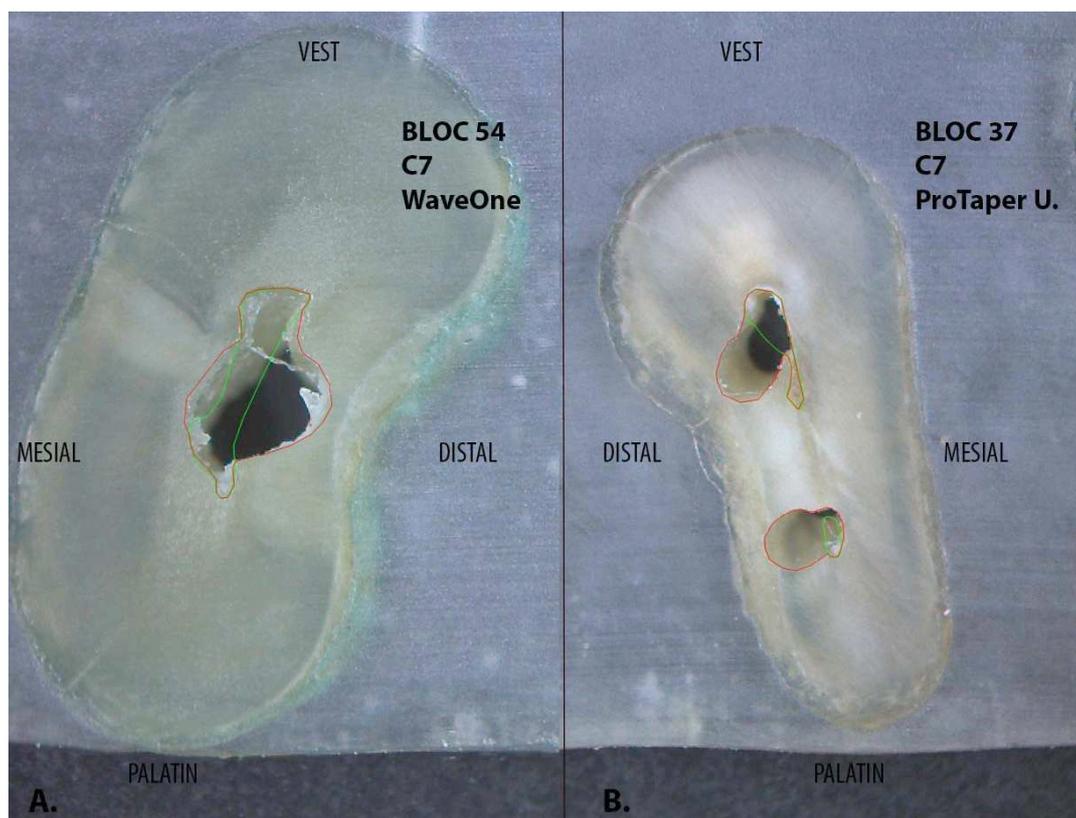


Figure n°29 :

A. Fragilisation de la paroi distale (racine MV d'une 26) par préparation canalaire avec le WaveOne™ à 7 mm de l'apex.

Angle Schneider : 31° ; Ratio de centrage : 0,27 ; Quantité de dentine enlevée : 0,522 mm² ; Déplacement centre canalaire : 0,12 mm ; Transport canalaire : Distal ; Pourcentage de parois non préparées : 46,6 % ; Temps de mise en forme : 3 min 02 sec

B. Fragilisation de la paroi distale (racine MV d'une 16) par préparation canalaire avec le ProTaper® Universal à 7 mm de l'apex. Le MV2 a été préparé pour la photo, non enregistré dans nos résultats.

Angle Schneider : 35° Ratio de centrage : 0 ; Quantité de dentine enlevée : 0,496 mm² ; Déplacement centre canalaire : 0,29 mm ; Transport canalaire : Distal ; Pourcentage de parois non préparées : 78,3 % ; Temps de mise en forme : 4 min 25 sec

Au niveau moyen, pour le ProTaper® Universal et le OneShape® le transport a lieu le plus souvent en direction distale. Étonnamment, pour le WaveOne™ le transport a lieu majoritairement en direction mésiale.

Au niveau apical, nous constatons majoritairement un déplacement du côté mésial, avec un pourcentage moins important pour le ProTaper® Universal (54%). Nous remarquons alors une sur-préparation du côté mésial tandis que le côté distal est sous-préparé. Cela peut même engendrer un phénomène de zipping si ce fait est trop prononcé provoquant l'échec du traitement. Le zipping, ou modification de la forme originale du foramen par ovalisation, est le résultat de la tendance de l'instrument à se redresser à l'intérieur de la courbure canalaire. Cela engendre au niveau apical une sur-préparation du canal côté extérieur de la courbure et une sous-préparation du côté

intérieur de la courbure. L'axe principal du canal est ainsi transporté. Le terme de « sablier apical » est utilisé pour décrire le transport du foramen apical. Le zipping prédispose à une obturation non étanche et à l'échec du traitement. On peut observer un déchirement de l'espace foraminal.

7.3 Discussion sur le pourcentage de parois non préparées

Un des paramètres les plus importants lors de la mise en forme est la préparation complète des parois canalaires afin d'obtenir une désinfection optimale du système endodontique par les solutions d'irrigation. Ce point est représenté par une variable dans notre expérience : le pourcentage de parois non préparées après la mise en forme. L'instrument WaveOne™ prépare en moyenne 77% des parois du canal. Il existe une différence significative ($P < 0.05$) avec le système ProTaper® Universal, dont la moyenne est de 67%, et le OneShape®, dont la moyenne est de 65%. Ainsi dans notre étude, l'instrument WaveOne™ instrumentalise plus de parois canalaires que les deux autres systèmes. Le WaveOne™ semble mieux préparer le canal en regard de cette variable. Ce dernier permettrait d'obtenir une meilleure désinfection, néanmoins d'autres études cliniques sont nécessaires pour confirmer cette hypothèse. Les résultats ci-dessus montrent l'importance de l'irrigation afin d'obtenir une désinfection du système canalaire la plus complète qu'il soit. De plus, la stérilisation du système endodontique est impossible. En effet, même en appliquant les protocoles recommandés, il est impossible d'éliminer la totalité des bactéries du réseau canalaire (49).

7.4 Discussion sur la quantité de dentine enlevée

La quantité moyenne de dentine enlevée, en mm^2 , augmente régulièrement de l'apex vers la partie coronaire pour les trois systèmes testés, indiquant une préparation conique en accord avec un des impératifs mécaniques de la mise en forme selon Schilder (2). On ne note pas de différence significative au niveau de chaque coupe pour les trois systèmes expérimentés, même si le WaveOne™ a tendance à enlever davantage de dentine.

Burklein et al. (50) ont mesuré la quantité de débris expulsés en direction apicale sur des dents extraites avec les systèmes suivants : WaveOne™, Reciproc®, ProTaper®

Universal et Mtwo®. In-vitro, ils observent que le mouvement de réciprocity expulse significativement plus de débris en direction apicale. Pour autant, ces résultats doivent être pris avec précaution car l'étude in-vitro ne reflète pas forcément les conditions cliniques. Selon les résultats, le mouvement de réciprocity a tendance à expulser les débris vers l'apex pouvant aboutir plus fréquemment à un flare-up, tandis que le mouvement en rotation continue, agissant comme une vis, semble réaliser un meilleur transport des débris en direction coronaire. Il est donc nécessaire de réaliser une irrigation constante et répétée, plus particulièrement avec le mouvement de réciprocity, afin de diminuer l'accumulation de dépôts à l'origine des obstructions. Les instruments doivent ainsi être utilisés de manière progressive, régulièrement interrompue par des phases d'irrigation importantes et par le passage de la lime de perméabilité. D'autre part, aucun mouvement ne permet d'éviter une expulsion apicale de débris (51).

7.5 Ressenti sur le WaveOne™ et OneShape®

Le WaveOne™ nous a paru réaliser une mise en forme en douceur, malgré la sensation inhabituelle du mouvement de réciprocity, notamment avec l'absence d'effet de vissage ou d'aspiration. Le OneShape® nous a semblé être plus agressif avec la présence d'un effet de vissage ou d'aspiration qui peut constituer un défaut majeur. Cependant, l'utilisation d'instrument unique, que ce soit le WaveOne™ ou le OneShape®, simplifie le protocole opératoire et améliore le confort d'utilisation.

Dans une récente étude (52), l'apparition de défaut dentinaire est enregistrée après la préparation canalaire avec les systèmes de réciprocity, le WaveOne™ ou le Reciproc®, et des systèmes en rotation continue, le Mtwo® et le ProTaper® Universal. L'étude met en évidence la survenue de défauts dentinaires, comme les cracks complets/incomplets, quel que soit le système utilisé. Les cracks complets correspondent à des micro-fissures allant du canal jusqu'à l'extrémité de la racine, alors que les cracks incomplets correspondent à des micro-fissures partant soit du canal soit de l'extrémité de la racine et qui s'arrêtent dans la dentine (figure n°30). Les résultats de l'étude montrent que le Reciproc® est le système qui provoque le plus de cracks complets. Au niveau du tiers-apical, le WaveOne™ et le Reciproc® produisent significativement plus de cracks incomplets que le Mtwo® et le ProTaper® Universal. Cependant, aucune étude

scientifique n'a encore montré le lien entre la présence de ces cracks et la survenue éventuelle de fracture radiculaire. Le consensus actuel est évidemment d'éviter l'apparition de ces défauts dentinaires.

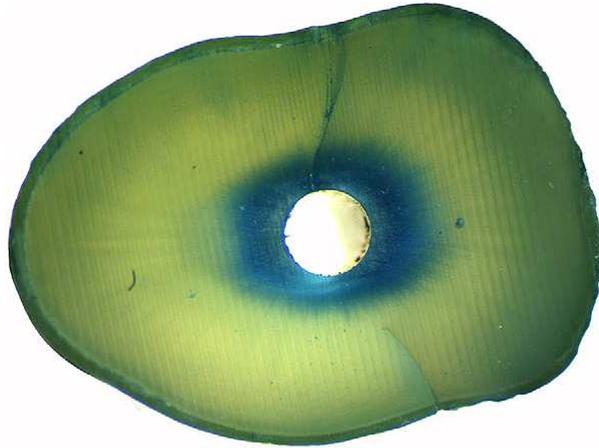


Figure n°30 : Coupe transversale à 6 mm de l'apex sur une incisive centrale mandibulaire montrant un crack complet et un crack incomplet (52).

7.6 Discussion sur le temps de préparation

Dans notre étude, le temps enregistré inclut la phase d'instrumentation mais aussi le temps nécessaire pour changer les instruments sur le contre-angle, pour le nettoyage des spires des instruments et pour l'irrigation. Le temps de préparation dépend de la technique opératoire, du nombre d'instruments utilisés, de l'anatomie canalaire et de l'expérience de l'opérateur.

Les systèmes à instrumentation unique, le WaveOne™ et le OneShape®, mettent en forme un canal en moyenne en 3 minutes 30 secondes. Ils permettent un gain de temps d'environ 1 minute par rapport au système pluri-instrumentales le ProTaper® Universal. Cette différence de temps non négligeable est due aux changements des instruments ProTaper® Universal sur le micro-moteur endodontique et à l'ajustement du stop en silicone à la longueur de travail. Toutefois, cliniquement un traitement endodontique dure généralement entre 45 minutes et 1 heure. Le temps gagné au fauteuil à l'aide d'un seul instrument est ainsi non significatif. Ce gain de temps est donc essentiellement un

argument commercial. Il faut garder à l'esprit que l'instrumentation réalise la mise en forme et que l'irrigation nettoie et désinfecte le canal. Ainsi, le temps gagné lors de la mise en forme doit être mis au profit d'une irrigation abondante et régulière. Le consensus actuel sur le temps d'irrigation est que celui-ci dure au moins 20 minutes pour éliminer un maximum de bactéries. Bukiet F. met en avant l'optimisation de la qualité du traitement endodontique avec un temps d'irrigation plus important avec les nouveaux systèmes mono-instrumentaux (figure n°31).

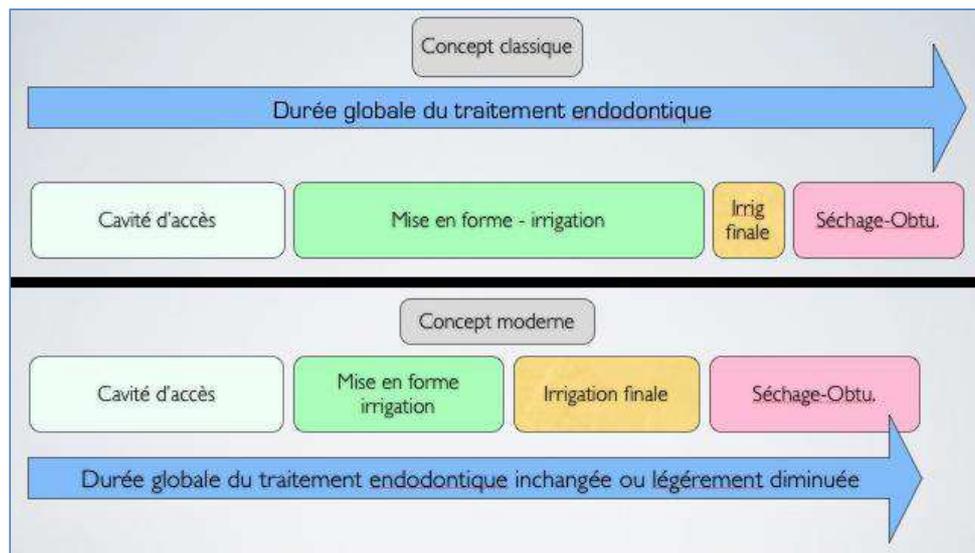


Figure n°31 : Concept moderne, caractérisé par les systèmes à instrument unique, permet d'optimiser le temps d'irrigation finale et ainsi la qualité du traitement endodontique (document Dr Bukiet F. MCU-PH, Marseille).

Nos résultats sont en accord avec une étude (45), réalisée sur des dents naturelles, où le WaveOne™ est significativement plus rapide que le ProTaper® Universal. Dans une autre étude (53), réalisée sur des simulateurs en résine avec une courbure de 40°, la différence de temps de préparation entre les systèmes d'instrumentation unique, WaveOne™ et OneShape®, et les systèmes multi-instrumentaux, ProTaper® Universal et Revo-S®, est de 1 minutes 30 secondes. Cette différence est légèrement plus importante que celle trouvée dans notre étude. Les temps de mise en forme sont également plus longs sûrement dû à la différence de dureté entre les simulateurs en résine et les dents naturelles.

De plus, des études antérieures ont montré que les instruments en réciprocité offrent un temps de mise en forme plus court que les systèmes en rotation continue (45)(48)(22). Nous constatons dans nos résultats peu de différence entre les temps de mise en forme du WaveOne™ et du OneShape®.

CONCLUSION

Le succès d'un traitement endodontique repose sur de nombreux paramètres, tels que l'irrigation, l'obturation, l'étanchéité coronaire, la présence initiale ou non d'une L.I.P.O.E, mais reste grandement influencé par la qualité de la mise en forme.

La rotation continue représente un moyen connu par le plus grand nombre, avec un recul clinique important de 18 ans. Le mouvement de réciprocité est une avancée technologique, plus sécurisant et simplifiant grandement les protocoles. L'apprentissage du mouvement de réciprocité est rapide et peu de différences sont retrouvées sur la mise en forme entre un opérateur novice et expérimenté (54). Cependant, l'acquisition d'un moteur dédié au mouvement de réciprocité reste onéreuse. Les contre-indications au mouvement de réciprocité sont identiques à celles de la rotation continue. Les cas extrêmes doivent faire appel à l'instrumentation manuelle.

Donc, les instruments en rotation continue et en réciprocité ne doivent pas être considérés comme deux techniques opposées. En effet, ils offrent des moyens supplémentaires et complémentaires afin de répondre à l'ensemble des situations cliniques.

Les trois systèmes testés répondent aux impératifs mécaniques de la mise en forme dictés par Schilder (2). Nous constatons, dans l'ensemble, un respect de la trajectoire canalaire avec un centrage satisfaisant.

La tendance actuelle est à l'instrumentation à usage unique. Le risque de contamination croisée, notamment par le prion, est nul. La prévention des risques infectieux est l'un des axes de la santé publique, les dentistes doivent ainsi changer leurs habitudes face aux données acquises de la science. En Grande-Bretagne, depuis 2007, il est fortement conseillé d'utiliser des instruments à usage unique [3]. De plus, la peur de casser un instrument dans le canal est presque nulle puisque le risque de fracture par fatigue cyclique est diminué, l'instrument étant jeté après la préparation d'un ou plusieurs canaux sur un même patient. Il existe évidemment des contre-indications à l'utilisation de l'instrumentation mécanisée.

L'endodontie avec l'utilisation de séquences mono-instrumentales rentre dans une nouvelle ère. La mise en forme à l'aide d'un seul instrument facilite le protocole

opérateur. L'instrument unique et à usage unique permet un gain de temps non négligeable dans le fonctionnement d'un cabinet. En effet, même si le temps gagné au fauteuil est quasi-nul par rapport aux séquences avec plusieurs instruments, il trouve son intérêt au niveau de la stérilisation qui est ainsi plus courte et plus ergonomique.

BIBLIOGRAPHIE

**Les références bibliographiques sont notées entre parenthèses () dans le
texte.**

1. LAURICHESSE J-M., MAESTRONI F., BREILLAT J. Endodontie clinique. - Paris: Cdp, 1986, 755 p.
2. SCHILDER H. Cleaning and shaping the root canal. Dent Clin North Am. 1974; (18): 269–96.
3. PETERS O-A. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. J Endod. 2004 ;30(8):559–67.
4. SIMON S, PERTOT W-J. Endodontie volume 1 : Traitements. Wolters Kluwer France; 2008, 184 p.
5. BOUTSIOUKIS C., GOGOS C., VERHAAGEN B., VERSLUIS M., KASTRINAKIS E., VAN DER SLUIS L-W-M. The effect of root canal taper on the irrigant flow: evaluation using an unsteady Computational Fluid Dynamics model. Int Endod J. 2010; 43(10): 909–16.
6. ALBRECHT L-J., BAUMGARTNER J-C., Marshall J.G. Evaluation of apical debris removal using various sizes and tapers of ProFile GT files. J Endod. 2004; 30(6): 425–8.
7. TU M-G., CHEN S-Y., HUANG H-L., TSAI C-C. Endodontic shaping performance using nickel-titanium hand and motor ProTaper systems by novice dental students. J Formos Med Assoc. 2008; 107(5): 381–8.
8. PERTOT W-J., SIMON S. Le traitement endodontique. Quintessence international; 2003, 127 p.
9. ARVANITI I.S., KHABBAZ M.G. Influence of root canal taper on its cleanliness: a scanning electron microscopic study. J Endod. 2011; 37(6): 871–4.
10. SIMON S., MACHTOU P., Pertot W.J. Endodontie. CdP; 2012, 514 p.
11. HAS, Traitement endodontique - Rapport d'évaluation technologique. Journal de l'HAS. 2008.
12. PAQUE F., BOESSLER C., ZEHNDER M. Accumulated hard tissue debris levels in mesial roots of mandibular molars after sequential irrigation steps. Int Endod J. 2011; 44(2): 148–53.
13. YAMADA R-S., ARMAS A., GOLDMAN M., LIN P-S. A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating solutions: Part 3. J Endod. 1983; 9(4):137–42.
14. BRANTLEY W-A., SVEC T-A., IJIMA M., POWERS J-M., GRENTZER T-H. Differential scanning calorimetric studies of nickel-titanium rotary endodontic instruments after simulated clinical use. J Endod. 2002; 28(11): 774–8.
15. SCHRADER C., ACKERMANN M., BARBAKOW F. Step-by-step description of a rotary root canal preparation technique. Int Endod J. 1999; 32(4): 312–20.
16. SHEN Y., QIAN W., ABTIN H., GAO Y., HAAPASALO M. Fatigue testing of controlled memory wire nickel-titanium rotary instruments. J Endod. 2011; 37(7): 997–1001.
17. JOHNSON E., LLOYD A., KUTTLER S., NAMEROW K. Comparison between a novel nickel-

- titanium alloy and 508 nitinol on the cyclic fatigue life of ProFile 25/.04 rotary instruments. *J Endod.* 2008; 34(11): 1406–9.
18. GAO Y., SHOTTON V., WILKINSON K., PHILLIPS G., JOHNSON W.B. Effects of raw material and rotational speed on the cyclic fatigue of ProFile Vortex rotary instruments. *J Endod.* 2010; 36(7): 1205–9.
 19. LARSEN C-M., WATANABE I., GLICKMAN G-N., HE J. Cyclic fatigue analysis of a new generation of nickel titanium rotary instruments. *J Endod.* 2009; 35(3): 401–3.
 20. CASTELLUCCI A. *Endodontics. Il Tridente (Firenze)*; 2004, 354 p.
 21. MARSHALL F., PAPIN J. *A crown-down pressureless preparation root canal enlargement technique manual.* Portland OR: Oregon health Sciences University. 1980.
 22. YARED G. Canal preparation using only one Ni-Ti rotary instrument: preliminary observations. *Int Endod J.* 2008; 41(4): 339–44.
 23. ROANE J-B., SABALA C-L., Duncanson M-G. Jr. The “balanced force” concept for instrumentation of curved canals. *J Endod.* 1985; 11(5): 203–11.
 24. YARED G., KULKARNI G-K. An in vitro study of the torsional properties of new and used rotary nickel-titanium files in plastic blocks. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003; 96(4): 466–71.
 25. DE-DEUS G., BARINO B., ZAMOLYI R-Q., SOUZA E., Fonseca A. Jr, Fidel S., et al. Suboptimal debridement quality produced by the single-file F2 ProTaper technique in oval-shaped canals. *J Endod.* 2010; 36(11): 1897–900.
 26. DE-DEUS G., MOREIRA E-J-L., LOPES H.P., Elias C.N. Extended cyclic fatigue life of F2 ProTaper instruments used in reciprocating movement. *Int Endod J.* 2010; 43(12): 1063–8.
 27. VARELA-PATIÑO P., IBAÑEZ-PARRAGA A., RIVAS-MUNDIÑA B., CANTATORE G., OTERO X-L., Martin-Biedma B. Alternating versus continuous rotation: a comparative study of the effect on instrument life. *J Endod.* 2010; 36(1): 157–9.
 28. GAVINI G., CALDEIRA C.L., AKISUE E., CANDEIRO G.T. de M., KAWAKAMI D.A.S. Resistance to flexural fatigue of Reciproc R25 files under continuous rotation and reciprocating movement. *J Endod.* 2012; 38(5): 684–7.
 29. TURPIN Y.L., CHAGNEAU F., Bartier, Cathelineau G., Vulcain J.M. Impact of torsional and bending inertia on root canal instruments. *J Endod.* 2001; 27(5): 333–6.
 30. MARTIN B., ZELADA G., VARELA P., BAHILLO J.G., MAGAN F., AHN S., et al. Factors influencing the fracture of nickel-titanium rotary instruments. *Int Endod J.* 2003 ; 36(4): 262–6.
 31. CHRIST H-J. Fundamental mechanisms of fatigue and fracture. *Stud Health Technol Inform.* 2008; 133: 56–67.
 32. CLAISSE-CRINQUETTE A. Systèmes Reciproc et WaveOne: mise en forme canalaire mono-instrumentale. *Clinic* 2011; 32(11): 591-601.

33. SIMON S. Instruments à conicité variable et mise en forme. *L'information dentaire* 2006; (29): 1705–10.
34. WEBBER J., MATCHTOU P., PERTOT W-J., KUTTLER S., RUDDLE C., West J. The waveOne single-file reciprocating system. *Roots* 1(2011): 28–33.
35. RUDDLES CJ. Endodontic canal preparation : waveOne single-file technique. *Dentistry today*. 2012.
36. SCHNEIDER S-W. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1971 ; 32(2):271–5.
37. BRAMANTE C-M., BERBERT A., BORGES R-P. A methodology for evaluation of root canal instrumentation. *J Endod*. 1987; 13(5): 243–5.
38. SHADID D-B., NICHOLLS J-I., STEINER J-C. A comparison of curved canal transportation with balanced force versus lightspeed. *J Endod*. 1998; 24(10): 651–4.
39. GAMBILL J-M., ALDER M., DEL RIO C-E. Comparison of nickel-titanium and stainless steel hand-file instrumentation using computed tomography. *J Endod*. 1996; 22(7): 369–75.
40. WU M-K., FAN B., WESSELINK P-R. Leakage along apical root fillings in curved root canals. Part I: effects of apical transportation on seal of root fillings. *J Endod*. 2000; 26(4): 210–6.
41. MOORE J., FITZ-WALTER P., PARASHOS P. A micro-computed tomographic evaluation of apical root canal preparation using three instrumentation techniques. *Int Endod J*. 2009; 42(12): 1057–64.
42. KANDASWAMY D., VENKATESHBABU N., PORKODI I., PRADEEP G. Canal-centering ability: An endodontic challenge. *J Conserv Dent*. 2009; 12(1): 3–9.
43. SIMON S., PERTOT W.J. *Endodontie - Volume 1 : traitements*. - Paris: CdP, 2008, 184 p.
44. BERUTTI E., CHIANDUSSI G., PAOLINO D.S., SCOTTI N., CANTATORE G., CASTELLUCCI A., et al. Canal shaping with WaveOne Primary reciprocating files and ProTaper system: a comparative study. *J Endod*. 2012; 38(4): 505–9.
45. BÜRKLEIN S., HINSCHITZA K., DAMMASCHKE T., SCHÄFER E. Shaping ability and cleaning effectiveness of two single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth: Reciproc and WaveOne versus Mtwo and ProTaper. *Int Endod J*. 2012; 45(5): 449–61.
46. FRANCO V., FABIANI C., TASCHIERI S., MALENTACCA A., BORTOLIN M., DEL FABBRO M. Investigation on the shaping ability of nickel-titanium files when used with a reciprocating motion. *J Endod*. 2011; 37(10): 1398–401.
47. STERN S., PATEL S., FOSCHI F., SHERRIFF M., MANNOCCI F. Changes in centring and shaping ability using three nickel–titanium instrumentation techniques analysed by micro-computed tomography (μ CT). *Int Endod J*. 2012; 45(6): 514–23.
48. YOU S-Y., Kim H.C., BAE K-S., BAEK S-H., KUM K-Y., Lee W. Shaping ability of reciprocating motion in curved root canals: a comparative study with micro-computed tomography. *J Endod*. 2011; 37(9): 1296–300.

49. MCGURKIN-SMITH R., TROPE M., CAPLAN D., SIGURDSSON A. Reduction of intracanal bacteria using GT rotary instrumentation, 5.25% NaOCl, EDTA, and Ca(OH)₂. J Endod. 2005; 31(5): 359–63.
50. BÜRKLEIN S., SCHÄFER E. Apically extruded debris with reciprocating single-file and full-sequence rotary instrumentation systems. J Endod. 2012; 38(6): 850–2.
51. AZAR N-G., EBRAHIMI G. Apically-extruded debris using the ProTaper system. Aust Endod J. 2005; 31(1): 21–3.
52. BÜRKLEIN S., TSOTSIS P., Schäfer E. Incidence of dentinal defects after root canal preparation: reciprocating versus rotary instrumentation. J Endod. 2013; 39(4): 501–4.
53. MARILLAS A. Irrigation et instrumentation unique: contribution à l'étude de l'influence de la mise en forme canalaire sur l'efficacité de l'irrigation. - 75 p Thèse d'exercice : Endodontie. Université de Bordeaux II; 2012.
54. GOLDBERG M. Mise en forme canalaire à l'aide d'un seul instrument: évaluation du maintien de la trajectoire. - 88 p Thèse d'exercice : Endodontie. Université Paris Diderot - Paris 7. UFR d'Odontologie; 2011.

WEBOGRAPHIE

Les références webographiques sont notées entre crochets [] dans le texte.

1. <http://www.dentsply.fr/maillifer/site-maillifer.html>
2. <http://oneshape-mm.com/images/documentation.pdf>
3. http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20130107105354/http://www.dh.gov.uk/en/Publicationsandstatistics/Publications/PublicationsPolicyAndGuidance/DH_074926

ANNEXES

	ProTaper U.	OneShape	WaveOne
Canal 1	6 min 40 sec	3 min 45 sec	2 min 46 sec
Canal 2		4 min 01 sec	3 min 01 sec
Canal 3	3 min 35 sec	4 min 30 sec	3 min 33 sec
Canal 4	4 min 31 sec	3 min 05 sec	3 min 25 sec
Canal 5	4 min 16 sec	3 min 31 sec	4 min 24 sec
Canal 6	5 min 05 sec	3 min 52 sec	6 min 50 sec
Canal 7	4 min 38 sec	4 min 05 sec	3 min 45 sec
Canal 8	3 min 51 sec	5 min 40 sec	2 min 52 sec
Canal 9	6 min 02 sec	2 min 33 sec	3 min 26 sec
Canal 10	5 min 05 sec	3 min 21 sec	3 min 30 sec
Canal 11	3 min 30 sec	3 min 15 sec	2 min 17 sec
Canal 12	4 min 25 sec	3 min 18 sec	3 min 19 sec
Canal 13	4 min 31 sec	3 min 10 sec	2 min 47 sec
Canal 14	5 min 14 sec	2 min 59 sec	3 min 12 sec
Canal 15	3 min 35 sec	3 min 26 sec	3 min 02 sec
Moyenne	4 min 28 sec	3 min 37 sec	3 min 28 sec
Ecart-types	53,6 sec	43,3 sec	1 min 0,9 sec

Annexe n°1 : Temps enregistrés pour la mise en forme.

Annexe n°2 : Résultats en fonction des différentes variables (cf feuille suivante).

	Système	Angle de Schneider (°)	Numéro de coupe	Ratio de centrage	Quantité de dentine enlevée (mm ³)	Déplacement centre canalaire (mm)	Transport canalaire	% parois non préparées
Canal 1	ProTaper U	35	C2	0	0,15	0,085	D	31,6
			C5	0,936	0,227	0,051	D	8,7
			C7	0,094	0,195	0,051	D	60,8
Canal 2	ProTaper U	27	C2	0,164	0,079	0,081	M	27,2
			C5	0,579	0,2	0,053	M	0
			C7	0,491	0,166	0,026	D	42,8
Canal 3	ProTaper U	38	C2	0,144	0,131	0,138	D	12,4
			C5	0,205	0,134	0,142	D	8
			C7	0,611	0,206	0,012	D	0
Canal 4	ProTaper U	11	C2	0,7	0,051	0,055	M	41,8
			C5	0,875	0,052	0,055	D	41,77
			C7	0,465	0,223	0,034	D	0
Canal 5	ProTaper U	20	C2	0,19	0,081	0,135	M	39,2
			C5	0	0,151	0,125	M	73,9
			C7	0	0,114	0,054	M	51,5
Canal 6	ProTaper U	33	C2	0,093	0,101	0,094	M	49,2
			C5	0	0,195	0,146	D	63,7
			C7	0	0,294	0,181	D	72,2
Canal 7	ProTaper U	35	C2	0,485	0,125	0,057	M	0
			C5	0,844	0,171	0,025	M	0
			C7	0,244	0,343	0,286	D	44,9
Canal 8	ProTaper U	21	C2	0,08	0,103	0,092	M	18,8
			C5	0,75	0,058	0,007	D	57,2
			C7	0,539	0,118	0,036	M	42,4
Canal 9	ProTaper U	37	C2	0,363	0,103	0,095	M	36
			C5	0,348	0,299	0,271	D	55,5
			C7	0,867	0,598	0,451	D	61,7
Canal 10	ProTaper U	37	C2	0,273	0,076	0,077	M	27,7
			C5	0,362	0,349	0,145	M	0
			C7	0,72	0,582	0,115	D	0
Canal 11	ProTaper U	20	C2	0	0,129	0,129	D	50,7
			C5	0,251	0,224	0,129	D	12,7
			C7	0	0,395	0,309	D	60,2
Canal 12	ProTaper U	35	C2	0	0,229	0,108	D	50,7
			C5	0,447	0,292	0,068	D	25,1
			C7	0	0,496	0,294	D	78,3
Canal 13	ProTaper U	25	C2	0,98	0,18	0,038	D	4,4
			C5	0	0,13	0,052	D	19,6
			C7	0,176	0,081	0,03	M	30,4
Canal 14	ProTaper U	20	C2	0,215	0,091	0,096	M	22,6
			C5	0,845	0,202	0,096	D	16,2
			C7	0,146	0,323	0,254	M	33,8
Canal 15	ProTaper U	25	C2	0,364	0,092	0,033	D	11,4
			C5	0,185	0,298	0,235	M	52,4
			C7	0	0,263	0,192	M	48,2
Canal 16	WaveOne	24	C2	0,842	0,068	0,008	M	12
			C5	0,243	0,043	0,035	M	18,2
			C7	0,795	0,109	0,044	D	0
Canal 17	WaveOne	30	C2	0,401	0,157	0,092	D	0
			C5	0,265	0,108	0,03	D	13,9
			C7	0,779	0,201	0,028	D	8,5
Canal 18	WaveOne	21	C2	0,395	0,108	0,047	M	6
			C5	0,857	0,235	0,122	M	0
			C7	0,042	0,468	0,326	D	17,5
Canal 19	WaveOne	20	C2	0,355	0,14	0,187	D	43,4
			C5	0	0,183	0,158	M	46,3
			C7	0,261	0,163	0,102	D	28,4
Canal 20	WaveOne	15	C2	0	0,143	0,167	M	45,9
			C5	0,683	0,218	0,067	D	2,2
			C7	0,417	0,155	0,042	D	15,6
Canal 21	WaveOne	19	C2	0,179	0,07	0,093	M	11
			C5	0,562	0,169	0,091	D	0
			C7	0,339	0,247	0,086	D	0
Canal 22	WaveOne	16	C2	0,266	0,177	0,213	M	33,1
			C5	0,229	0,242	0,137	M	19,5
			C7	0,889	0,364	0,257	D	47
Canal 23	WaveOne	26	C2	0	0,061	0,032	D	42,2
			C5	0,244	0,134	0,151	M	47,5
			C7	0,731	0,136	0,101	M	33,7
Canal 24	WaveOne	34	C2	0,2	0,104	0,073	D	36,9
			C5	0	0,244	0,12	D	56
			C7	0,957	0,445	0,148	D	46
Canal 25	WaveOne	31	C2	0	0,483	0,564	M	32,3
			C5	0,566	0,386	0,195	M	0
			C7	0,28	0,553	0,198	D	3,8
Canal 26	WaveOne	41	C2	0,354	0,215	0,118	M	5,3
			C5	0,159	0,342	0,21	D	13,3
			C7	0,505	0,261	0,153	D	19,2
Canal 27	WaveOne	29	C2	0	0,169	0,179	M	62,2
			C5	0,697	0,322	0,162	M	48,9
			C7	0	0,409	0,255	D	71,4
Canal 28	WaveOne	27	C2	0	0,164	0,204	M	60,5
			C5	0	0,259	0,239	M	32,6
			C7	0,522	0,314	0,129	M	7,6
Canal 29	WaveOne	31	C2	0,344	0,13	0,048	M	0
			C5	0,099	0,236	0,118	D	0
			C7	0,135	0,317	0,192	D	29,6
Canal 30	WaveOne	31	C2	0,577	0,283	0,074	M	0
			C5	0,564	0,329	0,083	M	6,9
			C7	0,275	0,522	0,126	D	46,6
Canal 31	OneShape	13	C2	0,583	0,01	0,008	D	62,8
			C5	0,542	0,059	0,057	D	29,5
			C7	0,217	0,119	0,091	D	32,2
Canal 32	OneShape	18	C2	0,297	0,066	0,081	M	44,8
			C5	0	0,157	0,109	M	36,4
			C7	0,234	0,141	0,021	D	7,8
Canal 33	OneShape	21	C2	0	0,051	0,056	D	34,5
			C5	0,347	0,137	0,052	D	29,3
			C7	0,483	0,149	0,043	D	8,9
Canal 34	OneShape	27	C2	0,278	0,067	0,047	M	62,7
			C5	0,254	0,144	0,067	M	25,8
			C7	0	0,318	0,237	D	54,5
Canal 35	OneShape	15	C2	0,975	0,065	0,022	M	5,2
			C5	0,304	0,177	0,152	D	49,4
			C7	0,706	0,19	0,033	D	0
Canal 36	OneShape	27	C2	0,151	0,11	0,088	M	11,5
			C5	0,376	0,245	0,208	D	38,7
			C7	0,124	0,308	0,181	D	8,9
Canal 37	OneShape	31	C2	0,426	0,229	0,164	M	34,2
			C5	0	0,164	0,113	D	61,9
			C7	0,405	0,296	0,068	D	48,3
Canal 38	OneShape	24	C2	0,719	0,205	0,218	M	63,7
			C5	0,191	0,274	0,152	D	64,1
			C7	0,24	0,554	0,149	M	33,7
Canal 39	OneShape	23	C2	0,469	0,065	0,067	M	57
			C5	0,13	0,225	0,166	M	22,9
			C7	0,457	0,276	0,053	D	0
Canal 40	OneShape	28	C2	0,268	0,194	0,078	D	38,1
			C5	0,777	0,205	0,102	M	26,6
			C7	0,236	0,26	0,124	D	37,4
Canal 41	OneShape	18	C2	0,886	0,053	0,03	M	26,4
			C5	0,67	0,159	0,194	M	65,3
			C7	0,964	0,279	0,206	D	64,3
Canal 42	OneShape	38	C2	0,358	0,124	0,007	M	0
			C5	0,526	0,139	0,098	D	35,1
			C7	0,57	0,199	0,129	D	45,7
Canal 43	OneShape	28	C2	0,243	0,091	0,079	M	56,3
			C5	0,355	0,23	0,133	D	12,2
			C7	0	0,337	0,209	D	61,4
Canal 44	OneShape	34	C2	0,705	0,092	0,02	D	12,3
			C5	0,721	0,176	0,169	M	17,8
			C7	0,172	0,364	0,165	D	57,9
Canal 45	OneShape	30	C2	0,613	0,164	0,26	M	38,8
			C5	0,616	0,307	0,21	D	16,7
			C7	0	0,673	0,481	M	53,8

Demandes d'autorisation de reproductions d'illustrations

Raspaud Benjamin

A : frederic.bukiet@univ-amu.fr

Demande d'autorisation de reproduction d'illustration

27 septembre 2013 17:31

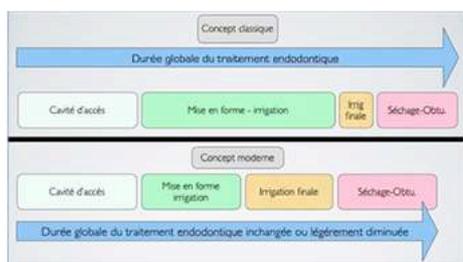
Détails

1

Monsieur,

Je prépare actuellement ma thèse d'exercice en chirurgie dentaire dont le sujet est : "Etude comparative de la préparation canalaire des canaux courbes sur des dents extraites à l'aide de trois systèmes : ProTaper Universal , OneShape et WaveOne."

Lors de mes recherches bibliographiques, je me suis procuré le schéma suivant:



C'est pourquoi je vous adresse ce courrier afin de solliciter l'autorisation de reproduire l'illustration.

Dans l'attente d'une réponse favorable de votre part, je vous prie de croire, Monsieur, à ma plus haute considération

Benjamin Raspaud

n.

Bukiet Frédéric

À : Raspaud Benjamin

Re: Demande d'autorisation de reproduction d'illustration

27 septembre 2013 17:53

Boîte de réception - Gmail

Vous avez mon feu vert bien entendu. Qui est votre directeur de thèse?
Bien cordialement

Dr Frédéric Bukiet
Maître de Conférences des Universités - Praticien Hospitalier
Odontologie Conservatrice - Endodontie, sous-section 58/01, faculté d'Odontologie de Marseille



frederic.bukiet@univ-amu.fr

frederic.bukiet@ap-hm.fr

06 43 95 21 83

04 91 38 85 88

Raspud Benjamin

À : contact@editionsmdp.fr

Demande d'autorisation de reproduction d'illustration

30 septembre 2013 11:05

4

Madame, Monsieur,

Je prépare actuellement ma thèse d'exercice en chirurgie dentaire dont le sujet est : "Etude comparative de la préparation canalair des canaux courbes sur des dents extraites à l'aide de trois systèmes : ProTaper Universal , OneShape et WaveOne."

Lors de mes recherches bibliographiques, je me suis procuré l'article suivant : " Systèmes RECIPROC et WAVEONE Mise en forme canalair mono-instrumentale" du Docteur Claisse-Crinquette paru en 2011, volume 32, pp 591-602

C'est pourquoi je vous adresse ce courrier afin de solliciter l'autorisation de reproduire l'illustration suivante : figure 1 page 592.

Dans l'attente d'une réponse favorable de votre part, je vous prie de croire, Madame, Monsieur, à ma plus haute considération.

Benjamin Raspud

Marguerite De La Taille <clinic@editionsmdp.fr>

À : raspud.benjamin@gmail.com

Re : Demande d'autorisation de reproduction d'illustration

8 octobre 2013 14:34

Bonjour,

Nous avons bien reçu votre demande et vous en remercions. Vous pouvez reproduire l'image citée sous réserve d'indiquer en copyright et dans votre bibliographie les références complètes de l'article (auteur, titre. Clinic 2011;32:591-602).

Bon courage pour votre thèse.

Cordialement,

Marguerite de La Taille

Secrétaire de rédaction Clinic
Wolters Kluwer France
CP 812
1 rue Eugène et Armand Peugeot
92856 Rueil-Malmaison cedex

Tél. : 01 76 73 38 63

Raspud Benjamin

À : eschaef@uni-muenster.de

Demande d'autorisation de reproduction d'illustration

27 septembre 2013 17:46

2

Madame, Monsieur,

Je prépare actuellement ma thèse d'exercice en chirurgie dentaire dont le sujet est : "Etude comparative de la préparation canalair des canaux courbes sur des dents extraites à l'aide de trois systèmes : ProTaper Universal , OneShape et WaveOne."

Lors de mes recherches bibliographiques, je me suis procuré l'article suivant : " Incidence of dentinal défets after foot canal préparation : reciprocating versus rotary instrumentation" du Docteur Bürklein et du Docteur Schäfer, paru en avril 2013 dans la revue "Journals of Endodontics" volume 39, numéro 5, pp 501-504.

C'est pourquoi je vous adresse ce courrier afin de solliciter l'autorisation de reproduire l'illustration suivante: figure 2 page 502.

Dans l'attente d'une réponse favorable de votre part, je vous prie de croire, Madame, Monsieur, à ma plus haute considération.

Benjamin Raspud

SERMENT D'HIPPOCRATE

En présence de mes Maîtres et de mes condisciples,
Je promets et je jure
D'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité
Dans l'exercice de l'art dentaire.

Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent
Et n'exigerai jamais un honoraire au dessus de mon travail.
Ma langue taira les secrets qui me seront confiés.
Admis à l'intérieur des maisons,
Mes yeux ne verront pas ce qui se passe.

Mes connaissances et mon état
Ne serviront ni à diffuser des propos non avérés,
Ni à corrompre les mœurs, ni à favoriser le crime

Je ne permettrai pas que des conditions
De croyance, de nation et de race
Viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.

Je promets et je jure
De conformer strictement ma conduite professionnelle aux principes
Et aux règles prescrits par le Code de déontologie

Si je remplis ce serment sans l'enfreindre,
Qu'il me soit donné de jouir heureusement de la vie et de ma profession,
Honoré à jamais parmi les hommes.
Si je le viole et que je parjure,
Puissé-je avoir un sort contraire.

**Vu,
Le Président du Jury :**

**Vu,
Le Directeur de l'UFR d'Odontologie :**

**Vu,
Le Président de l'Université de Bordeaux II :**

Benjamin RASPAUD

Thèse d'exercice en Chirurgie Dentaire, Université Bordeaux Segalen, 2013, n°67

Etude comparative de la préparation des canaux courbes sur dents extraites à l'aide de trois systèmes : ProTaper® Universal, OneShape® et WaveOne™

RÉSUMÉ :

Objectifs : La mise en forme est une des étapes clés dans le succès d'un traitement endodontique. Le maintien de la trajectoire canalaire fait partie d'un des impératifs mécaniques de la mise en forme dictés par Schilder. L'arrivée sur le marché des nouveaux systèmes à instrumentation unique montre une avancée technologique conséquente.

Nous avons choisi de comparer le centrage entre la nouvelle technologie des instruments uniques avec le WaveOne™ et le OneShape®, et un système multi-instrumental plus ancien, le ProTaper® Universal.

Matériels et méthodes : Un même opérateur réalise la mise en forme de canaux courbes sur dents naturelles (n=45) à l'aide de ces trois systèmes. Nous avons mesuré, au niveau de 3 parties de la dent : le déplacement du centre canalaire, le ratio de centrage, la quantité de dentine enlevée, le pourcentage de parois non préparées, le transport canalaire et le temps de mise en forme.

Résultats : Tous les groupes étudiés ont montré des mises en formes satisfaisantes avec un bon respect de la courbure, prouvées par un déplacement du centre canalaire minime. Nos résultats montrent également qu'il n'existe pas de différence significative concernant le centrage entre les trois systèmes.

Conclusion : Il n'existe pas de différence significative au niveau du centrage entre les trois systèmes endodontiques étudiés. L'instrument unique permet un gain de temps minime sur l'ensemble de la séance et doit être mis au profit d'une irrigation abondante et répétée.

ABSTRACT:

Objectives: Shaping is an essential step of successful endodontic treatment. Maintaining the original canal shape is one of the mechanical requirements of root canal shaping according to Schilder. New single-files systems that have been commercialized outline the importance of the technological advances that have been made. We chose to compare the capacity of different single-file systems, WaveOne™ and OneShape®, at centering the root canal preparation, with a multi-file system, Protaper® Universal.

Materials and Methods: The same operator shaped natural root canals (n=45) with the three different systems. we measured at three different levels ; the centering ability, the centering ratio, the amount of dentine removed, the percentage of non-prepared surfaces, the apical transportation of debris and the time required.

Results: All groups showed satisfactory shaping ability and respect of the canal curvature proven by a minor displacement of the root canal center. Our results also show that there is no significant difference in the centering ability of the three systems.

Conclusions: There is no significant difference in the centering capacity of the different systems that were studied. Single-file systems allow a slight gain of time that should be put to profit on an abundant and repeated irrigation.

MOTS CLES :

MISE EN FORME ENDODONTIQUE - MAINTIEN DE LA TRAJECTOIRE CANALAIRE - MOUVEMENT DE RECIPROCITÉ - MOUVEMENT ROTATION CONTINUE - PROTAPER UNIVERSAL – ONESHAPE - WAVEONE

KEY WORDS:

ROOT CANAL PREPARATION - CENTERING ABILITY – RECIPROCATING - CONTINUOUS ROTATION - PROTAPER UNIVERSAL - ONESHAPE - WAVEONE

JURY :

Pr. M-J. BOILEAU – Professeur des Universités
Dr. D. ORIEZ – Maître de Conférences des Universités
Dr J-F. PELI – Maître de Conférences des Universités
Dr G. FENOUL – Assistant Hospitalo-Universitaire
Dr M. MARRET – Ancien Assistant Hospitalo-Universitaire

SECTION :

Endodontie

ADRESSE DE L'UFR :

Université Bordeaux 2 – Victor Segalen – UFR d'Odontologie
16-20 Cours de la Marne
33082 Bordeaux Cedex