



HAL
open science

Comparaison qualitative de l'obturation canalaire en technique combinée avec deux instrumentations différentes : acier versus nickel-titane

Sophie Armand

► To cite this version:

Sophie Armand. Comparaison qualitative de l'obturation canalaire en technique combinée avec deux instrumentations différentes : acier versus nickel-titane. Chirurgie. 2015. dumas-01166418

HAL Id: dumas-01166418

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01166418>

Submitted on 22 Jun 2015

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.

UNIVERSITE DE BORDEAUX
Collège des Sciences de la Santé
U F R des Sciences Odontologiques

Année 2015

N°45

Thèse pour l'obtention du
DIPLOME D'ETAT de DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement par

Sophie ARMAND

Née le 19 mars 1988 à Bordeaux (33), France

Le 19 juin 2015

**Comparaison qualitative de l'obturation canalair en
technique combinée avec deux instrumentations
différentes : Acier versus Nickel Titane**

Directeur de thèse

Docteur Dominique ORIEZ

Membres du jury

Président	Mme. Caroline BERTRAND	Professeur des Universités
Directeur	Mme. Dominique ORIEZ	Maître de Conférences des Universités
Rapporteur	M. Jean-François PELI	Maître de Conférences des Universités
Assesseur	M. Christophe BOU	Maître de Conférences des Universités

UNIVERSITE DE BORDEAUX

Président M. Manuel TUNON de LARA
Directeur de Collège des Sciences de la Santé M. Jean-Luc PELLEGRIN

COLLEGE DES SCIENCES DE LA SANTE UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE DES SCIENCES ODONTOLOGIQUES

Directrice Mme Caroline BERTRAND 58-02
Directrice Adjointe – Chargée de la Formation initiale Mme Dominique ORIEZ 58-01
Directeur Adjoint – Chargé de la Recherche M. Jean-Christophe FRICAÏN 57-02
Directeur Adjoint – Chargé des Relations Internationales M. Jean-François LASSERRE 58-02

ENSEIGNANTS DE L'UFR

PROFESSEURS DES UNIVERSITES

Mme Caroline BERTRAND Prothèse dentaire 58-02
Mme Marie-José BOILEAU Orthopédie dento-faciale 56-02
Mme Véronique DUPUIS Prothèse dentaire 58-02
M. Jean-Christophe FRICAÏN Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique 57-02

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

Mme Elise ARRIVÉ Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale 56-03
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
Mme 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
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
M.	Johan	SAMOT	Sciences biologiques	57-03
Mme	Maud	SAMPEUR	Orthopédie dento-faciale	56-02
M.	Cyril	SEDARAT	Parodontologie	57-01
Mme	Noélie	THEBAUD	Sciences biologiques	57-03
M.	Eric	VACHEY	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01

ASSISTANTS

Mme	Audrey	AUSSEL	Sciences biologiques	57-03
M.	Terence	BARSBY	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
Mme	Aurélié	BARSBY-EL-KHODER	Prothèse dentaire	58-02
M.	Julien	BROTHIER	Prothèse dentaire	58-02
M.	Mathieu	CLINKEMAILLIE	Prothèse dentaire	58-02
M.	Mathieu	CONTREPOIS	Prothèse dentaire	58-02
M.	Guillaume	CRESTE	Prothèse dentaire	58-02
Mme	Clarisse	DE OLIVEIRA	Orthopédie dento-faciale	56-02
Mme	Hélène	DENOST	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-03
M.	Guillaume	FENOUL	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
Mme	Elsa	GAROT	Odontologie pédiatrique	56-01
M.	Nicolas	GLOCK	Sciences anatomiques et physiologiques	58-03
Mme	Sandrine	GROS	Orthopédie dento-faciale	56-02
Mme	Olivia	KEROUREDAN	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-02
Mme	Alice	LE NIR	Sciences anatomiques et physiologiques	58-03
Mme	Karine	LEVET	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-03
M.	Alexandre	MARILLAS	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
M.	Matthieu	MEYER	Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique	57-02
Mme	Darrène	NGUYEN	Sciences biologiques	57-03
Mme	Virginie	PANNEREC	Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique	57-02
Mme	Chloé	PELOURDE	Orthopédie dento-faciale	56-02
Mme	Candice	PEYRAUD	Odontologie pédiatrique	56-01
M.	Jean-Philippe	PIA	Prothèse dentaire	58-02
M.	Mathieu	PITZ	Parodontologie	57-01
M.	Clément	RIVES	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
M.	François	VIGOUROUX	Parodontologie	57-01

A notre Présidente de thèse

Madame le Professeur Caroline BERTRAND
Professeur des Universités – Praticien Hospitalier
Directrice de l'UFR des Sciences Odontologiques
Sous-section Prothèse 58-02

Vous m'avez fait l'honneur d'accepter la présidence de cette thèse.

Je me souviendrai de la qualité des enseignements de Prothèse que vous nous avez prodigués pendant nos années d'études. Les travaux pratiques et cliniques de la prothèse amovible m'ont beaucoup intéressée.

Veillez trouver ici l'expression de mes remerciements les plus sincères.

A notre Directeur de thèse

Madame le Docteur Dominique ORIEZ
Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier
Sous-section Odontologie Conservatrice – Endodontie 58-01

Je vous remercie sincèrement de m'avoir fait l'honneur de bien vouloir diriger cette thèse.

Vous avez été présente et à l'écoute lors de mes vacances hospitalières. Vos conseils et enseignements ont été précieux. Je vous suis reconnaissante de m'avoir soutenue et aidée tout au long de cette thèse.

Je vous prie de trouver dans ce travail toute l'expression de ma gratitude.

A notre Rapporteur de thèse

Monsieur le Docteur Jean-François PELI

Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier

Sous-section Odontologie conservatrice – Endodontie 58-01

Je vous suis reconnaissante pour votre implication dans ce travail.

Vous avez toujours été présent pour me guider avec une grande rigueur. Je vous remercie pour votre soutien, votre gentillesse et votre humour. Je suis heureuse d'avoir pu travailler et apprendre à vos côtés.

Je vous adresse ma sincère gratitude.

A notre Assesseur

Monsieur le Docteur Christophe BOU

Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier

Sous-section Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale

C'est un grand plaisir de vous voir siéger dans ce jury.

Je vous suis sincèrement reconnaissante pour votre aide dans ce travail et votre soutien. J'ai apprécié votre disponibilité lors de nos vacations hospitalières, votre patience et votre gentillesse.

Veillez trouver dans ce travail le témoignage de ma gratitude et de mon plus profond respect.

A mes parents : Merci tout votre amour et votre soutien inconditionnels durant toutes les épreuves de ma vie. Merci pour toutes ces belles valeurs que vous m'avez inculquées. Vous êtes des parents formidables. Je vous aime.

A mes sœurs Clémence et Alix : Merci de m'avoir supportée en tant qu'ainée et « dragon de la maison ». Malgré nos caractères très différents nous formons une très belle fratrie aimante.

A Benjamin : Merci d'avoir toujours été présent à mes cotés et de m'avoir soutenue dans les bons et les mauvais moments. Merci de m'aimer telle que je suis, d'être aussi gentil, attentionné et de me faire autant rire. Tu es l'amour de ma vie et je suis certaine que nous allons fonder une belle et heureuse famille.

A mes grands-parents Suzanne et Philippe : Merci pour tous ces mercredis midi en famille qui ponctuent ma semaine avec bonheur. Merci d'être toujours présents dans les moments importants de ma vie. Merci pour tout l'amour que vous me donnez.

A ma grand-mère Monique : Merci pour toutes ces supers vacances passées au Moulleau. Merci d'être présente malgré la distance.

A ma marraine : Merci pour ta gentillesse, ton humour et pour tous ces bons moments passés ensemble. J'espère un jour être une marraine aussi géniale et aimante que toi.

A ma famille : A mon oncle Olivier, mes cousins Camille, Paul et Arthur. Les réunions de famille sont toujours gaies et animées grâce à vous. A mon parrain Joël et mes cousins Pierre-Julien et Grégoire que je ne vois pas souvent mais qui sont dans mon cœur.

A mes familles de cœur : Les Millets et les Pétriats. Merci pour tous ces moments de bonheur, toutes ces vacances formidables passées en famille et tous ces fous rires grâce aux bêtises de chacun !

Aux Ebrad. Merci pour votre grande gentillesse et pour m'avoir accueillie comme votre propre fille lors de mes séjours en Guadeloupe.

A ma nouvelle famille : Catherine, Caro, Thibault, Guillaume, Séverine, Joséphine, Daniel, Ena et Eto. Merci de m'avoir accueillie les bras ouverts. Merci pour tous ces bons moments déjà passés avec vous et à venir. Je suis très honorée de bientôt faire partie de votre famille !

A mes amies d'enfance : Bénédicte, Mathilde, Marie et Marine. Merci pour tous ces moments de joie et ces fous rires à Bordeaux et surtout au Cap Ferret. Merci d'avoir toujours été présentes et de m'avoir soutenue dans toutes les étapes de ma vie.

A ma So : Tu es comme ma sœur. Je n'oublierai jamais mes séjours en Gwada, nos virées shopping, tous nos fous-rires, nos larmes et nos grands moments de complicité. Tu as été là dans les bons et les mauvais moments de ma vie. La distance qui nous sépare ne ternira pas notre belle histoire d'amitié. Petite pensée pour Arthur notre compagnon de route !

A Laura : Ma binôme, mon amie, ma confidente. Malgré la distance qui nous sépare notre amitié reste intacte. J'espère qu'un jour tu reviendras sur Bordeaux !

A Gaby : Tu comptes beaucoup pour moi. J'adore ton humour, ta gentillesse, tes expressions, ton exigence dans tout, ta détermination, ton indépendance et surtout ton entrain qui nous fait passer de supers soirées! Tu me fais me sentir comme une reine au pays des bisounours ! Il me tarde déjà que tu rentres de Gwada !

A Laeti : Dixit Ruby ! Tu me fais tellement rire avec tes gènes de princesse ! Je suis très heureuse de l'amitié qui nous lie depuis peu mais déjà si forte. En espérant que tu restes encore longtemps à Bordeaux pour continuer les mardis girly que j'adore !

A Joana : Je suis heureuse d'avoir trouvé une amie bienveillante et généreuse sous cette plastique de rêve.

A Alvina : Tu as toujours été présente, à l'écoute et de bon conseil dans les moments difficiles. Merci d'être une confidente aussi attentionnée.

A la Team Gossip : Gaby, Laeti, Jojo, Marine, Flora, Alvina, Julie, Anaïs, Lucie, Sarah, Marianne, Nicolas. Merci pour toutes ces soirées inoubliables de rire, de gossip, de danse... au Trendy, au Pavé et à la Suite pour les plus motivées !

A Kelly : Ma future cousine ! Je suis ravie que nous soyons amies ! J'adore ta douceur, ta gentillesse et ta générosité. Que les week-ends au bassin et les virées shopping continuent à foison !

A l'équipe du laboratoire : A Madame Badet et Martine. Merci de m'avoir accueillie avec gentillesse et bonne humeur durant mes longues heures de découpe de résine. Merci à vous Madame Badet, d'avoir été présente, de m'avoir encouragée et soutenue pendant mes vacances hospitalières.

Table des matières

Table des matières	9
Table des illustrations	10
Introduction	11
CHAPITRE 1 : L'endodontie : de la préparation à l'obturation	12
1 La préparation endodontique	12
1.1 Généralités	12
1.2 Les instruments en nickel-titane	13
2 Obturation endodontique	14
2.1 Objectifs de l'obturation canalair	14
2.2 Matériaux d'obturation	15
2.2.1 Les ciments de scellement	15
2.2.1.1 Ciments à base de résine	15
2.2.1.2 Autres types de ciment	16
2.2.2 La gutta percha	16
2.3 Les différentes techniques d'obturation	17
2.3.1 Le compactage latéral à froid	17
2.3.2 Le compactage thermomécanique	18
2.3.3 La technique combinée	19
2.3.3.1 Les fouloirs manuels	20
2.3.3.2 Le Gutta Condensor® de Mac Spadden	21
2.3.3.3 Le Revo Condensor®	21
CHAPITRE 2 : Etude expérimentale	22
3 Matériel et méthodes	23
3.1 Préparation canalair	25
3.2 Obturation canalair	26
3.2.1 Groupe A avec les instruments en acier : Finger Spreader® et GuttaCondensor®	26
3.2.2 Groupe B avec les instruments en nickel titane : RevoSpreader® et RevoCondensor®	27
3.3 Inclusion dans la résine	28
3.4 Acquisition et observation des coupes	28
4 Résultats	32
4.1 Résultats sur les profondeurs de pénétration des instruments au cours de l'obturation par technique combinée partielle	32
4.2 Résultats sur le traitement des microphotographies	35
5 Discussion	39
Conclusion	42
BIBLIOGRAPHIE	43
Annexe	48

Table des illustrations

<i>Fig. 1 : Coupes One Shape (site Micro Mega)</i>	23
<i>Fig. 2 : Le Gutta Condensor® (Dentsply, Maillefer).....</i>	25
<i>Fig. 3 : : Le Revo Condensor® (Micro Mega France)</i>	25
<i>Fig. 4 : IsoMet tronçonneuse de précision Buehler® LTD.....</i>	29
<i>Fig. 5 : Coupes transversales d'une dent obturée avec les instruments en Nickel Titane à 1,5 (a), 1.8 (b) et 3.0 (c) mm de l'apex.....</i>	30
<i>Fig. 6: Coupes transversales d'une dent obturée avec les instruments en acier inoxydable à 1,5 (a), 1.8 (b) et 3.0 (c) mm de l'apex.....</i>	30
<i>Fig. 7 : Pourcentages des vides microscopiques, de ciment et de gutta-percha sur une coupe transversale pour la technique combinée partielle avec les instruments en acier.....</i>	31
<i>Fig. 8 : Pourcentages des vides microscopiques, de ciment et de gutta-percha sur une coupe transversale pour la technique combinée partielle avec les instruments en nickel-titane.....</i>	31
<i>Fig. 9 : Comparaison des pourcentages de pénétration canalaire des fouloirs et thermocompacteurs par rapport à la longueur de travail (LT) dans la technique combinée partielle en fonction du matériau des instruments.</i>	32
<i>Fig. 10 : Pénétration des fouloirs manuels en acier et en nickel-titane dans les trois derniers millimètres apicaux de la longueur de travail.</i>	33
<i>Fig. 11 : Comparaison de la pénétration du thermocompacteur avant rotation par rapport à la pénétration du fouloir pendant le compactage latéral.....</i>	33
<i>Fig. 12 : Comparaison des pourcentages d'obturation par la gutta percha et le ciment et des pourcentages de vides microscopiques résiduels en fonction de la distance à l'apex, du type d'instruments utilisé pour l'obturation canalaire et de l'expérience de l'opérateur.</i>	35
<i>Fig. 13 : Comparaison des pourcentages de remplissage de gutta percha à 1,5 et à 3mm de l'apex.</i>	36
<i>Fig. 14 : Comparaison des pourcentages de remplissage de ciment à 1,5 et à 3mm de l'apex.</i>	36
<i>Fig. 15 : Comparaison du pourcentage de remplissage de gutta percha lors de l'obturation en technique combinée partielle avec les instruments en acier ou en nickel titane.....</i>	37
<i>Fig. 16 : Comparaison du pourcentage de remplissage de ciment lors de l'obturation en technique combinée partielle avec les instruments en acier ou en nickel-titane</i>	37

Introduction

L'endodontie est une pratique quotidienne dont le but est l'élimination totale du contenu organique du système canalaire et son remplacement par une obturation tridimensionnelle hermétique. La plupart des praticiens pensent cet acte complexe et difficile.(1) Afin de le rendre plus facile, les instruments commercialisés sont en constante mutation.

L'apparition du nickel-titane avec ses propriétés de super élasticité et mémoire de forme, représente une évolution majeure dans le traitement canalaire. Les instruments de préparation en nickel-titane ont permis une amélioration de la qualité de la mise en forme, avec une diminution du temps de travail et du nombre d'instruments.

L'obturation est une étape primordiale qui va permettre d'oblitérer totalement le système canalaire avec des matériaux stables et biocompatibles créant ainsi un environnement hermétique empêchant toute contamination bactérienne par la percolation de fluides tissulaires. (2)

Parmi les différentes techniques d'obturation existantes, le compactage de la gutta percha a largement fait ses preuves. (3,4) Jusqu'alors pratiqué avec des instruments en acier, l'apparition du nickel titane a permis d'ouvrir de nouvelles perspectives dans l'amélioration de la qualité des obturations canalaires. (5)

Dans le cadre de cette étude in-vitro, nous avons cherché à évaluer la qualité de l'obturation canalaire obtenue en technique combinée avec l'utilisation d'un fouloir et d'un thermocompacteur en acier (Finger Spreader® et Gutta Condensor®) d'une part et en nickel-titane (Revo Spreader® et Revo Condensor®) d'autre part.

Notre travail s'articulera autour de quatre parties. Dans une première partie, les différents instruments utilisés lors de la préparation canalaire et de l'obturation vont être présentés.

La deuxième partie sera consacrée à la présentation du matériel et des méthodes utilisés pour notre étude, puis nous exposerons dans une troisième partie les résultats obtenus. Dans la dernière partie nous discuterons ces résultats à la lumière de la littérature.

CHAPITRE 1 : L'endodontie : de la préparation à l'obturation

L'endodontie a pour but de prévenir, diagnostiquer et traiter les pathologies de l'organe pulpaire et du péri-apex de la dent et ainsi de la maintenir le plus longtemps possible sur l'arcade dentaire. Elle traite l'endodonte de la dent atteinte par des lésions carieuses, des traumatismes, des lésions iatrogéniques ou encore lors d'échecs de traitements endodontiques antérieurs.(6) La dent retrouvera alors un état de santé clinique et radiologique et une fonction normale.(7)

Selon les recommandations de l'HAS de 2008, le traitement endodontique doit se composer, d'une étape de préparation mécanisée accompagnée d'une étape d'irrigation longue et soigneuse suivie dans la même séance ou ultérieurement d'une étape d'obturation. Trois radiographies sont faites pour vérifier la qualité du travail au cours du traitement. Nous allons décrire succinctement ces différentes étapes. (8)

1 La préparation endodontique

1.1 Généralités

La préparation endodontique a pour finalité le retrait complet du contenu endodontique c'est-à-dire le tissu pulpaire ainsi que les toxines et bactéries éventuellement présentes, tout en respectant le péri-apex.

Cette élimination est réalisée de manière mécanique à l'aide d'instruments pour la mise en forme canalaire, et chimique par l'action d'irrigants comme l'hypochlorite de sodium en concentration de 1 à 5,25%.(6,9) Des agents chélatants contenant de l'Éthylène Diamine Tétra Acétique (EDTA) sont souvent utilisés en complément pour l'élimination de la smear layer et pour leurs propriétés de lubrification, émulsion et maintien en suspension des débris canalaires. (10)

Selon Schilder, une mise en forme idéale doit permettre : (11)

- que le canal s'évase régulièrement de la cavité d'accès à l'apex permettant ainsi une meilleure irrigation et une obturation tridimensionnelle
- de maintenir la courbure apicale
- de maintenir le diamètre du foramen le plus petit possible tout en conservant sa position initiale sans déchirure ni déplacement

La préparation canalaire s'est très nettement améliorée grâce à l'apparition du nickel-titane. C'est un alliage qui, grâce à ses propriétés, a permis aux instruments de mieux appréhender l'anatomie canalaire complexe et aléatoire et d'obtenir des résultats de traitements plus satisfaisants et prévisibles. (1,12)

1.2 Les instruments en nickel-titane

De nombreux instruments en nickel-titane ont été commercialisés avec des géométries, des conicités, des pas de vis, des formes de pointes... propres à chacun. (13)

Les instruments en nickel titane travaillent à vitesse lente (250 à 600tr/min) avec deux mouvements possibles : la rotation continue et le mouvement de réciprocité.

La rotation continue a permis, par rapport à l'utilisation manuelle, d'améliorer la préparation, de faciliter le traitement des cas complexes, de diminuer les complications per et post opératoires et d'améliorer l'ergonomie. Le principe de mise en forme est basé sur le concept de préparation corono-apicale (crown-down) visant à préparer le 1/3 coronaire du canal pour mieux accéder au 1/3 apical et ainsi conserver la morphologie canalaire notamment apicale. (14)

Le mouvement de réciprocité, étudié par Yared en 2008 est une alternance de mouvements horaires et anti-horaires d'amplitudes variables qui a pour objectif le maintien de la trajectoire canalaire pendant la préparation. (14)

Les avantages des instruments en NiTi sont toutes les qualités du nickel-titane dont les principales sont super élasticité, mémoire de forme et flexibilité. (15–17). Grâce à leur morphologie, ils ont une meilleure efficacité de coupe et une remontée optimale des débris radiculaires. Leur conicité majorée permet une préparation corono-apicale optimale. Ils sont indiqués pour tous les types de traitement endodontique excepté dans les canaux très courbes ou avec une lumière canalaire très étroite du fait de leur conicité importante 4% à 9%. (13,14)

2 Obturation endodontique

2.1 Objectifs de l'obturation canalaire

La préparation canalaire aussi bien faite soit-elle n'élimine malheureusement pas tous les micro-organismes éventuellement présents dans le système canalaire. L'obturation est une étape primordiale.

Elle a pour objectifs : (18)

- D'emmurer les micro-organismes éventuellement présents à l'intérieur du système canalaire et de les couper de leur source de nutrition afin d'éviter tout remaniement ;
- De prévenir des réinfections en empêchant l'entrée de nouveaux organismes à l'intérieur de la dent par la salive ;
- De prévenir l'entrée de fluides des tissus péri-radiculaires qui pourraient constituer un apport nutritif aux bactéries résiduelles dans le canal ;

L'obturation doit donc être tridimensionnelle et hermétique pour remplir ces critères et garantir le succès à long terme du traitement endodontique. (3) Aucune obturation ne pourra combler les insuffisances d'une préparation canalaire médiocre. De plus, la pérennité du traitement ne sera possible qu'avec la mise en place finale d'une obturation coronaire étanche.

La limite apicale de l'obturation idéale se situe histologiquement au niveau de la jonction cémento-dentinaire. Dans la réalité clinique et sur radiographie rétro-alvéolaire, elle est plus difficile à visualiser et sa position peut varier de 0 à 3 mm entre la réalité biologique et l'apex radiologique perçu (Cantatore 2004). (19) L'utilisation conjointe d'un localisateur d'apex

électronique lors de la préparation aide dans la détermination précise de la longueur de travail (Fennich 2012). (20)

Selon Schaeffer 2005, une obturation de 0 à 1 mm en deçà de l'apex est plus pérenne qu'une obturation de 1 à 3 mm en deçà de l'apex. Les deux ont de meilleurs taux de réussite qu'une obturation au-delà de l'apex radiographique. (21)

2.2 Matériaux d'obturation

Les obturations canalaires doivent associer deux matériaux, la gutta percha et le ciment, dont les propriétés se complètent.

La gutta percha n'a pas de propriété d'adhérence ce qui rend indispensable l'utilisation d'un ciment qui va faire le joint entre la paroi canalairale et la gutta. Ce joint doit être le plus fin possible afin d'éviter les dissolutions du ciment et les percolations. Le but étant de maximiser la quantité de gutta percha et de minimiser la quantité de ciment dans le canal afin d'améliorer la qualité du traitement (Wu et al 2001). (22)

Nous allons présenter ces deux matériaux utilisés pour l'obturation canalairale dans cette étude.

2.2.1 Les ciments de scellement

2.2.1.1 Ciments à base de résine

Les ciments à base de résine époxy ou méthacrylate présentent une excellente biocompatibilité, une très bonne étanchéité, de bonnes propriétés mécaniques et d'adhérence, et une excellente résistance à la résorption. Ces produits ont une solubilité faible par rapport aux ciments à base d'oxyde de zinc-eugénol du fait de leur base en résine.

Leur inconvénient est leur insolubilité dans les solvants. En cas de nécessité de retraitement : ils sont très durs et impénétrables. C'est pour cette raison qu'ils doivent être utilisés en couche mince avec de la gutta-percha et non en remplissage.

Les ciments résineux contiennent du formaldéhyde qui est libéré après le mélange en petite quantité pendant un maximum de deux jours. Ils peuvent donc être allergènes, cytotoxiques, génotoxiques et neurotoxiques (Schäfer 2005). (7,23)

2.2.1.2 *Autres types de ciment*

Nous ne décrivons pas les nombreux autres types de ciments car non utilisés dans cette étude. Pour mémoire, le ciment le plus utilisé est l'oxyde zinc-eugénol.

2.2.2 La gutta percha

La gutta percha est un isomère du caoutchouc mais elle est plus rigide, cassante et moins élastique. Elle a des propriétés de malléabilité et plasticité qui permettent de la déformer à froid. Ses qualités sont augmentées lors de son réchauffement, ce qui permet de l'ajuster au mieux à l'intérieur du canal. Lors du refroidissement elle subit une rétraction qui augmente avec la température qui lui a été appliquée mais qui peut être contrée par l'application d'une compression latérale et verticale. (19,24)

La gutta percha est biocompatible, non résorbable, radio-opaque et a des propriétés antimicrobiennes grâce à l'oxyde de zinc qu'elle contient.(7)

N'étant pas stériles, les cônes doivent être désinfectés avant toute utilisation dans de l'hypochlorite de sodium.

2.3 Les différentes techniques d'obturation

Actuellement il existe différentes techniques d'obturation canalair. Le remplissage à l'aide de pâte uniquement est une technique désuète et à proscrire. Le remplissage canalair à l'aide d'un ou plusieurs cônes de gutta percha peut se réaliser en technique compactée ou non, à froid ou à chaud.(7)

Lorsque l'on choisit de compacter la gutta percha dans le canal, différentes techniques peuvent être utilisées. Nous allons en décrire trois : compactage latéral à froid, compactage thermomécanique, technique combinée.

2.3.1 Le compactage latéral à froid

Le compactage latéral à froid est une technique qui a pour principe de remplir le système canalair de cônes de gutta percha condensés à froid à l'aide de fouloirs manuels.

Après adaptation du maître cône à la longueur de travail moins 0,5 mm, on applique une pression verticale avec un fouloir manuel puis un cône accessoire est inséré dans l'espace libéré par le fouloir. La manœuvre est répétée jusqu'à ce que le fouloir ne rentre plus que de 2 à 3 mm dans le canal. (Withworth 2005, Leonardo 2009) (3,25)

Le fouloir doit avoir un diamètre adapté à la préparation canalair et être essayé à vide dans le canal sans rencontrer de résistance jusqu'à la longueur de travail. Si ce n'est pas le cas, le fouloir du numéro juste inférieur sera utilisé, sans quoi le cône pourrait ne pas être compacté apicalement. (Joineau et Péli 1985).(26–29)

- Avantages : (30)
 - Efficacité. Elle reste la méthode la plus employée par les chirurgiens dentistes dans leur pratique quotidienne (Qualthrough 1999, Schäfer 2012) ; (31,32)
 - Simplicité ;
 - Sécurité grâce à un contrôle du risque de dépassement apical ;

- Inconvénients : (2)
 - Technique relativement longue ;
 - Utilisation de nombreux cônes de gutta percha notamment dans les canaux très coniques ;
 - Manque de cohésion entre les cônes avec la présence de vides due à l'absence d'utilisation de chaleur (Maniglia-Ferreira 2011) ; (33)

Il existe différents types de fouloirs : les fouloirs manuels ou rotatifs, en acier inoxydable ou en nickel titane.

2.3.2 Le compactage thermomécanique

Le compactage thermomécanique permet de plastifier la gutta-percha à l'aide d'un instrument rotatif spécifique. Le thermocompacteur est monté sur contre-angle bague bleue (8000 tr/min) et le sens de rotation horaire est vérifié afin d'éviter le vissage de l'instrument dans la dent. (26)

La friction du cône de gutta percha avec l'instrument en rotation engendre son échauffement et son ramollissement. La morphologie du thermocompacteur type vis sans fin provoque une poussée verticale et latérale du matériau ce qui permet un comblement tridimensionnel du canal principal et des canaux latéraux (Leonardo 2009, Carvalho-Soussa 2010)). (3,34)

Il doit avoir le diamètre le plus important possible tout en pouvant pénétrer jusqu'à la longueur de travail sans contrainte.

- Avantages :
 - Gain de temps ;
 - Un seul cône de gutta percha nécessaire ;
 - Faible quantité de ciment ;
 - Obturation tridimensionnelle ;
 - Possibilité de ré-intervenir si la densité n'est pas suffisante ;

- Inconvénients :
 - Utilisation contre-indiquée dans les canaux courbes ou à apex ouvert ;
 - Risque de dépassement apical dû à la poussée verticale du matériau
 - Plus le temps de travail augmente, plus le taux de remplissage du canal principal et des canaux latéraux s'accroît mais la température de la surface radiculaire et le risque de fêlures augmentent également.(Michelotto 2010) (3,35) ;
 - Nécessite un certain apprentissage sans quoi cette technique peut s'avérer délicate à réaliser dans des mains inexpérimentées ;

2.3.3 La technique combinée

L'objectif de cette technique est d'allier le compactage latéral systématisé (CLS) pour obturer le 1/3 apical et le compactage thermomécanique (CT) pour remplir les 2/3 coronaires. En outre, cela permet d'avoir les avantages de chacune des techniques tout en limitant leurs inconvénients, c'est-à-dire : (29)

- Possibilité de travailler dans des canaux courbes avec le CLS dans la partie courbe apicale et le CT dans la partie rectiligne ;
- Diminution de la profondeur de pénétration du thermocompacteur et augmentation de son diamètre donc diminution du risque de fracture (Leonardo 2009) (3) ;
- Diminution du risque de dépassement grâce au compactage à froid de la partie apicale ;

Depuis peu, les instruments en nickel-titane ont fait leur apparition dans l'obturation canalair. Des études ont comparé les fouloirs manuels en nickel-titane avec ceux en acier utilisés depuis de nombreuses années. Cependant nous n'avons trouvé que très peu d'études portant sur la comparaison du Gutta Condensor[®] en acier, apparu il y a de nombreuses années, avec le Revo Condensor[®] très récent.

2.3.3.1 Les fouloirs manuels

Les fouloirs manuels ont pour fonction le compactage apical à froid de la gutta percha grâce à l'application d'une pression verticale sur l'instrument.

Les fouloirs manuels en acier, du fait de leur inflexibilité, ont souvent été associés à des insuffisances de compactage apical et à des fractures radiculaires verticales. Ceci est dû à des forces excessives appliquées sur l'instrument afin qu'ils pénètrent le plus possible vers la limite apicale (Berry 1998). (36)

Selon l'étude de Katalinic et al 2013, les techniques de compactage latéral engendrent un risque plus important de fractures radiculaires que d'autres techniques d'obturation comme la technique du Thermafil® ou Gutta Percha Pro Taper®. (37)

Depuis les années 2000, les études ont comparé cet instrument avec celui en nickel-titane et les conclusions sont partagées.

Selon Schmidt et al. en 2000, les fouloirs en NiTi nécessiteraient moins de forces de pénétration dans les canaux courbes que ceux en acier. Le risque de fracture radiculaire devrait donc être diminué. (38) Selon Berry en 1998 et Sobhi en 2003, les fouloirs en NiTi pénétreraient plus loin dans les canaux courbes que ceux en acier. (36,39) Selon Shahi en 2009, les fouloirs en NiTi permettraient un meilleur scellement apical. (40)

Cependant, l'étude de Lopes en 2011 montre que les fouloirs en NiTi nécessitent plus de forces de pénétration que ceux en acier. Ceci est dû à des formes et finitions de surface différentes de la pointe. (41)

La plupart des études comparant les fouloirs en nickel-titane et ceux en acier concluent en faveur de ceux en nickel-titane. La comparaison dans cette étude de ces deux instruments va permettre de l'affirmer ou non.

2.3.3.2 Le Gutta Condensor® de Mac Spadden

Il a été créé en 1981 et est en acier inoxydable. Cet alliage (fer et chrome 10%) ne subit pas de corrosion, est rigide avec une limite d'élasticité à 2% lors de l'application d'une force de 200MPa. (15) Il a une forme de lime de Hedstroëm (H) inversée.

Le Gutta Condensor® est indiqué uniquement dans les canaux rectilignes ou faiblement courbés pour éviter les fractures dues à la rigidité de l'acier. Il peut être utilisé seul ou combiné à une technique de compactage latéral (technique mixte).

2.3.3.3 Le Revo Condensor®

Le nickel titane confère à l'instrument tous les avantages de ce matériau notamment une plus grande flexibilité (six fois supérieure à l'acier) ce qui lui permet de travailler dans des canaux courbes et de réduire les risques de fracture.(15,17,42)

Comme pour le Gutta Condensor®, son profil de type lime H lui permet de remonter coronairement tout en propulsant la gutta percha en direction apicale.

Son inconvénient est qu'il n'existe que dans un seul diamètre et une seule conicité (30/100^{ème}, 4%).

Le Gutta Condensor® de Mac Spadden a fait la preuve de son efficacité notamment dans l'obturation des canaux accessoires, selon Carvalho-Sousa (34) mais il présente deux défauts :

- Sa conicité est de 2%. Or aujourd'hui les préparations canalaires avec les instruments rotatifs ont des conicités de 4 à 9%. Nous pouvons nous demander si avec un instrument de conicité de 4%, la qualité de l'obturation ne pourrait pas être améliorée.
- Il est en acier inoxydable. Il est donc rigide avec un risque de fracture notamment dans les canaux courbes. Un instrument en nickel-titane pourrait-il permettre une meilleure obturation du fait de sa grande flexibilité ?

CHAPITRE 2 : Etude expérimentale

L'hypothèse de travail est que l'utilisation d'instruments en nickel titane permettrait d'obtenir des obturations de meilleure qualité que ceux en acier.

Les objectifs sont :

- La comparaison des profondeurs de pénétration des fouloirs manuels qu'ils soient en acier inoxydable ou en nickel titane lors du compactage à froid, dans la technique combinée.
- L'évaluation quantitative des obturations endodontiques, en déterminant les pourcentages de remplissage de gutta percha, de ciment et de vides microscopiques sur des microphotographies issues de coupes transversales. Les obturations sont réalisées en technique combinée avec deux instrumentations différentes. L'une utilise un fouloir manuel en acier puis un Gutta Condensor® de Mac Spadden en acier et l'autre un fouloir manuel RevoSpreader® en nickel-titane puis un thermocompacteur RevoCondensor® en nickel titane également.

Les moyens pour atteindre les objectifs énoncés sont :

1. D'analyser les profondeurs de pénétration des fouloirs manuels.
2. De traiter et analyser les microphotographies issues des coupes transversales.
3. De mesurer les surfaces occupées par la gutta-percha, le ciment et les espaces vides dans le système canalaire à une échelle microscopique.

3 Matériel et méthodes

Pour cette étude expérimentale, 40 dents monoradiculées intègres anatomiquement ont été sélectionnées. Chaque dent est nettoyée des résidus tissulaires, osseux et tartriques puis est conservée dans une solution de Dakin.

Les dents sont préparées avec le système One Shape[®] (Micro Mega France) instrument unique en nickel titane (diamètre 25/100^{ème} conicité 6%). (Fig.1)

Cet instrument a une morphologie particulière : (43)

- A partir de la pointe inactive, il existe trois arêtes de coupes sur les deux premiers millimètres.
- Puis une zone de transition de 2 à 9,5 mm où progressivement les trois arêtes passent à deux.
- Enfin deux arêtes de coupe sur la partie terminale entre 9,5 et 17 mm.

Il est utilisé en rotation continue à une vitesse comprise entre 300 et 400 tr/min.



Fig. 1 : Coupes One Shape (Micro Mega, France)

Les canaux sont ensuite obturés avec une technique combinée partielle c'est-à-dire que seul le maître cône a été compacté latéralement à froid puis thermocompacté sans utilisation de cônes accessoires contrairement à la technique combinée classique. Des radiographies pré, per et post-opératoires sont réalisées afin d'évaluer tout au long du protocole la qualité du traitement endodontique. (44,45)

Deux groupes de 20 dents sont formés :

- Groupe A : canaux obturés avec un fouloir et un thermocompacteur en acier (Finger Spreader[®] et GuttaCondensor[®]) ;
- Groupe B : canaux obturés avec un fouloir et un thermocompacteur en nickel-titane (RevoSpreader[®] et RevoCondensor[®]) ;

Le fouloir manuel Finger Spreader[®] (Micro Mega France) est en acier inoxydable avec une pointe conique. Il existe dans des diamètres allant de 15 à 40/110^{ème} et en conicité 2%.

Le fouloir manuel Revo Spreader[®] (Micro Mega France) est en nickel titane avec une pointe à 90°. Il existe en diamètres de 20 à 30/100^{ème} et en conicité 4%.

Afin d'être comparables entre eux dans l'étude, les fouloirs sont choisis en diamètre 25/100^{ème}, adaptés à la préparation canalaire.

Le Gutta Condensor[®] de Mac Spadden en acier (Dentsply Maillefer Suisse) existe dans des diamètres de 20/100^{ème} à 100/100^{ème}. (Fig. 2) Dans cette étude nous utiliserons le Gutta Condensor[®] en diamètre 30/100^{ème} et conicité 2% afin qu'il soit comparable au Revo Condensor[®] en nickel-titane (Micro Mega France), qui n'existe qu'en diamètre 30/100^{ème} avec une conicité de 4%. (Fig. 3)



Fig. 2 : Le Gutta Condensor® (Dentsply, Maillefer)



Fig. 3 : Le Revo Condensor® (Micro Mega France)

3.1 Préparation canalaire

- Radiographies préopératoires vestibulo-linguale et mésio-distale afin d'analyser la morphologie canalaire et évaluer la longueur de travail estimée (LE) ;
- Cavité d'accès réalisée à l'aide d'une fraise EndoAccessBur® et d'une fraise EndoZ® pour éliminer les surplombs. Elles sont montées sur contre-angle bague rouge (40000tr/min). L'utilisation d'un EndoFlare® (Micromega, conicité 12%, diamètre 25/100^{ème}) permet de lever les contraintes corono-radicaire et de faciliter l'accès aux canaux radiculaires.
- Cathétérisme afin d'explorer l'anatomie canalaire avec une lime manuelle de conicité 2%, diamètre 15/100^{ème} voire 10/100^{ème} lorsque la lumière canalaire est étroite.
- La longueur de travail a été déterminée par contrôle visuel en amenant une lime manuelle de 10/100^{ème} jusqu'à son irruption de l'apex et en retirant 0,5mm à cette longueur.

- Ampliation avec l'instrument unique One Shape[®] (diamètre 25/100^{ème}, conicité 6%, rotation continue 350 à 450tr/min) selon le principe du crown-down avec un mouvement de va et vient vertical puis une remontée avec raclage pariétal. La présence d'un gel chélatant MM EDTA[®] (Micromega, France) permet de lubrifier le canal et ainsi de diminuer les contraintes appliquées à l'instrument.

Entre chaque passage d'instrument, le canal est irrigué avec 2ml d'une solution d'hypochlorite de sodium NaCl à 2,5%. Le One Shape[®] est nettoyé à chaque sortie de canal afin d'éliminer la boue dentinaire des spires, puis la perméabilité apicale est vérifiée avec une lime manuelle de 10/100^{ème} 2%.

- Après l'ampliation, une irrigation avec 1 ml de SALVIZOL E.D.T.A[®] (Acteon Pierre Rolland, France) en concentration de 8% laissé pendant 3 minutes permet d'éliminer la smear layer. Elle est suivie d'un dernier rinçage à l'hypochlorite de sodium.
- Essayage du maître cône de gutta percha (diamètre 25/100^{ème}, conicité 4%) dans le canal humide ;
- Vérification de l'ajustage du maître cône radiologiquement, visuellement (marque sur le cône) et tactilement (sensation de résistance au retrait) ;
- Séchage du canal à l'aide de pointes papier (diamètre 25/100^{ème} et conicité 4%, Micro Mega France) ;

3.2 Obturation canalaire

3.2.1 Groupe A avec les instruments en acier : Finger Spreader[®] et GuttaCondensor[®]

- Le Finger Spreader[®] en acier (diamètre 25/100^{ème}, conicité 2%) est essayé à vide dans le canal et doit arriver à la longueur de travail sans contraintes ;
- Le thermocompacteur GuttaCondensor[®] de Mac Spadden (diamètre 30/100^{ème}, conicité 2%) est également essayé et doit atteindre 1 mm en deçà de la longueur de travail tout en circulant librement. Le sens de rotation horaire est vérifié.
- Le ciment de scellement MM Seal[®] (Micromega, France) est préparé sur un bloc de spatulation grâce à la seringue à double compartiment qui permet une utilisation dosée.

- Insertion du cône de gutta percha (diamètre 25/100^{ème}, conicité 4%), préalablement sélectionné, enduit sur la pointe d'une petite quantité de ciment dans le canal jusqu'à la LT ;
- Compactage à l'aide du fouloir manuel le plus loin possible avec un mouvement de pression verticale. La profondeur de pénétration est mesurée puis une radiographie avec le fouloir en place est réalisée ;
- Retrait délicat du fouloir avec un léger mouvement de rotation afin de ne pas modifier la position du cône.
- Insertion du Gutta Condensor[®] dans l'espace laissé par le fouloir. Mesure de la profondeur de pénétration.
- Mise en rotation du thermocompacteur sur contre-angle bague bleue à 8000 à 10000tr/min. Il est amené jusqu'à la longueur de travail modifiée (LT moins 1 à 1,5 mm pour éviter tout dépassement apical dû à la poussée verticale du matériau engendrée par l'instrument) puis sorti lentement du canal avec un mouvement vertical de raclage pariétal afin d'éviter la formation de bulles dans l'obturation ;
- Radiographies post opératoires vestibulo-linguale et mésio-distale afin de vérifier la qualité, la densité et la longueur de l'obturation ;

Les profondeurs de pénétration des instruments lors de l'obturation sont consignées dans un tableau. (Annexe 1)

3.2.2 Groupe B avec les instruments en nickel titane : RevoSpreader[®] et RevoCondensor[®]

- Essayage du fouloir manuel Revo Spreader[®] (diamètre 25/100^{ème}, conicité 4%). Il doit atteindre la longueur de travail sans contraintes ;
- Le thermocompacteur RevoCondensor[®] (diamètre 30/100^{ème}, conicité 4%) est introduit et doit passer librement jusqu'à 1 mm en deçà de la longueur de travail.
- Insertion du cône de gutta percha (diamètre 25/100^{ème}, conicité 4%) préalablement sélectionné enduit sur la pointe d'une petite quantité de ciment jusqu'à la LT ;
- Compactage latéral à froid avec le fouloir manuel aussi loin que possible, mesure de la profondeur de pénétration, radiographie fouloir en place puis retrait délicat ;

- Insertion du RevoCondensor[®] dans l'espace laissé vacant par le fouloir, mesure de sa profondeur de pénétration puis thermo compactage à une vitesse de 8000tr/min sur contre bague bleue jusqu'à la longueur de travail modifiée (LT moins 1 à 1,5 mm de l'apex). Retrait de l'instrument en rotation avec un mouvement d'appui pariétal.
- Radiographies post opératoires vestibulo-linguale et mésio-distale à l'aide d'une plaque au phosphore photostimulable. ;

Dans un tableau sont répertoriées toutes les mesures de profondeur de pénétration des fouloirs manuels et thermocompacteurs lors de l'obturation afin de pouvoir évaluer ultérieurement s'il existe une différence significative entre les instruments en acier et ceux en nickel-titane. (Annexe 1)

3.3 Inclusion dans la résine

Une fois l'obturation terminée, les dents sont dégraissées. Elles sont plongées dans de l'eau distillée pendant 15 min puis dans de l'alcool pur pendant le même temps. Elles sont ensuite séchées à l'étuve à 37°C pendant 24 heures.

Les échantillons sont alors inclus dans la résine (Résine polyester pour inclusion, Pascal Rosier Moulage[®]). C'est un mélange de 50 ml de base avec 30 gouttes de catalyseur remué pendant 20 minutes puis coulé dans des moules en silicone souples. Les dents sont disposées dans la résine. 24 heures sont nécessaires pour sa prise complète.

3.4 Acquisition et observation des coupes

Après la prise complète, les blocs de résine sont sectionnés transversalement à vitesse lente à l'aide d'un disque diamanté (Diamond Wafering blades) de 300 µm d'épaisseur monté sur un IsoMet (BuehlerRLTD) (Fig.4). Une irrigation continue à l'ISOCUT FLUID[®] (Buchler LTD, Illinois, USA) est nécessaire afin d'éviter une augmentation de température qui pourrait modifier la stabilité de la gutta percha. Chaque dent est coupée à 1,5 mm et à 3 mm de l'apex.

A cause de l'épaisseur du disque de 300 μ m, lors de la coupe à 1,5mm de l'apex, la face apicale du bloc de résine principal correspond à 1,8mm de l'apex. Ainsi nous avons trois mesures par dent à : 1,5 – 1,8 et 3mm de l'apex.



Fig. 4 : IsoMet tronçonneuse de précision Buehler® LTD.

Les coupes sont observées au microscope optique binoculaire Zeiss Stemi 2000-C Stereo Microscope® avec un grossissement de x 50. Elles sont ensuite photographiées à l'aide de la caméra digitale AxioCam ERc 5s® Zeiss incorporée au niveau du microscope. Les images sont directement exploitables sur ordinateur grâce au logiciel d'imagerie AxioVision LE64 de Carl Zeiss. Les paramètres de l'acquisition peuvent ainsi être modifiés afin d'améliorer le contraste, l'exposition, la balance des blancs...

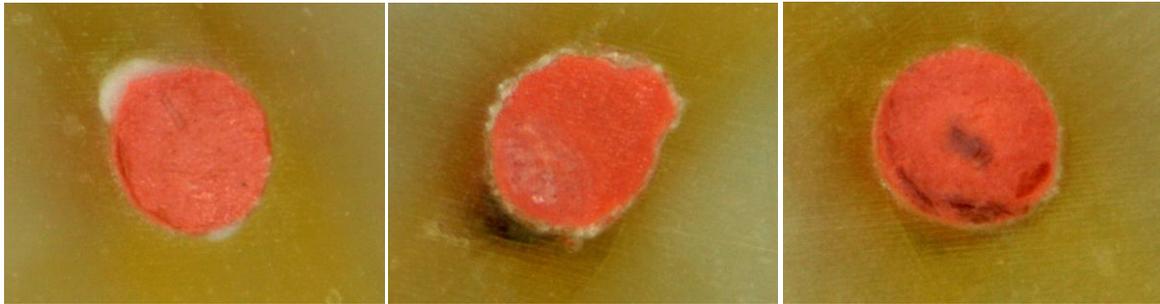
Ce logiciel permet avec la rubrique « Mesure de contour » de déterminer l'aire du canal, l'aire occupée par la gutta percha, le ciment et les vides microscopiques et d'en déduire le taux de remplissage du canal.

Pour chaque microphotographie, trois paramètres sont évalués

- Le taux de remplissage de la gutta percha ;
- Le taux de remplissage du ciment ;
- Le taux de vides microscopiques

Le travail qui a été réalisé sur les 3 coupes de chaque dent pour chacune des techniques est illustré par les figures suivantes. (Fig. 5,6,7,8)

Les résultats des paramètres calculés sont répertoriés dans un tableau (Annexe 2).



(a)

(b)

(c)

Fig. 5 : Coupes transversales d'une dent obturée avec les instruments en Nickel Titane à 1,5 (a), 1.8 (b) et 3.0 (c) mm de l'apex.



(a)

(b)

(c)

Fig. 6: Coupes transversales d'une dent obturée avec les instruments en acier inoxydable à 1,5 (a), 1.8 (b) et 3.0 (c) mm de l'apex.

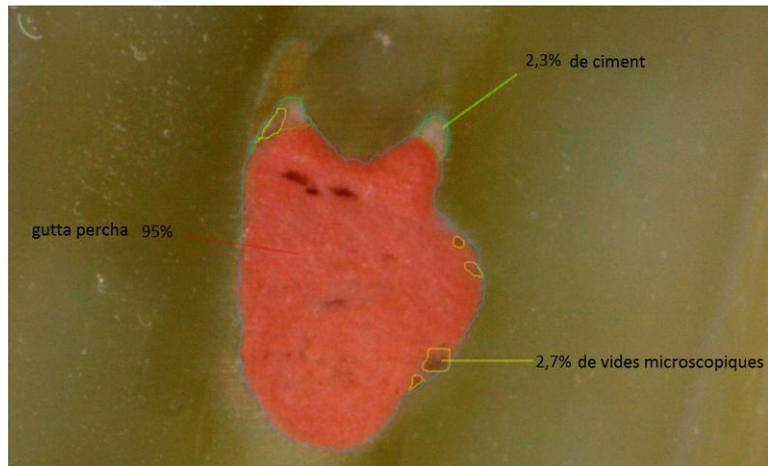


Fig. 7 : Pourcentages des vides microscopiques, de ciment et de gutta-percha sur une coupe transversale pour la technique combinée partielle avec les instruments en acier.

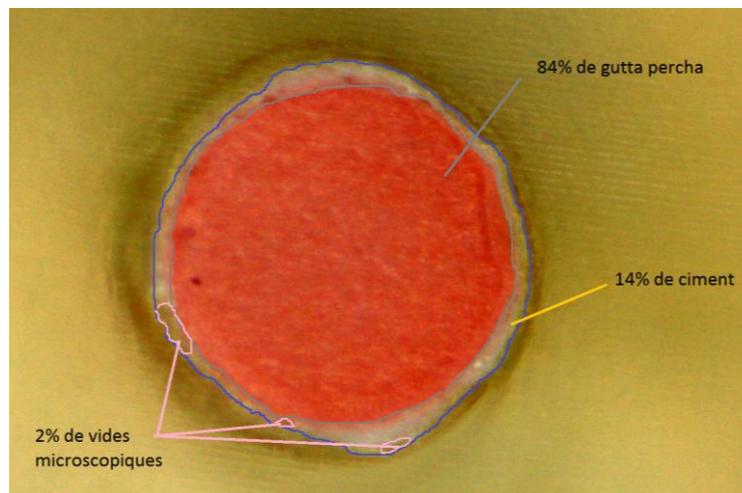


Fig. 8 : Pourcentages des vides microscopiques, de ciment et de gutta-percha sur une coupe transversale pour la technique combinée partielle avec les instruments en nickel-titane.

4 Résultats

4.1 Résultats sur les profondeurs de pénétration des instruments au cours de l'obturation par technique combinée partielle.

A partir des tableaux récapitulatifs de pénétration des instruments lors de l'obturation (annexe 1) nous avons pu calculer les moyennes correspondantes et les comparer entre elles grâce à un test de Student.

Les différents paramètres observés sont :

- Le taux de pénétration du fouloir manuel par rapport à la longueur de travail lors du compactage à froid de la technique combinée partielle.
- Le compactage apical des 3 derniers millimètres de la LT avec le fouloir manuel.
- Le taux de pénétration du thermocompacteur par rapport au fouloir manuel après compactage latéral.

Les pourcentages de pénétration des instruments en acier (Finger Spreader (25/100^{ème} - 2%) et Gutta Condensor (30/100^{ème} - 2%)) ou en nickel-titane (Revo Spreader (25/100^{ème} - 4%) et Revo Condensor (30/100^{ème} - 4%)) sont calculés par rapport à la longueur de travail et s'il existe des différences statistiquement significatives. (Fig. 9)

	% de pénétration du fouloir par rapport à la LT	% de fouloirs atteignant les 3 derniers mm de la LT	% de pénétration du TC avant rotation
Instruments acier / niti	FingerSpreader®: .852 ± .099 RevoSpreader® : .760 ± .077 p= 0,0023 * S	FingerSpreader®: .55 RevoSpreader®: .20 p= 0,05 * S	GuttaCondensor® : .737±.076 RevoCondensor® : .692±.070 p= 0,059 NS

*Différence statistiquement significative (p< 0,05) (S=significatif / NS=non significatif)

Fig. 9 : Comparaison des pourcentages de pénétration canalaire des fouloirs et thermocompacteurs par rapport à la longueur de travail (LT) dans la technique combinée partielle en fonction du matériau des instruments.

Les études statistiques ont permis de conclure que les fouloirs FingerSpreader® (25/100^{ème}, 2%) en acier pénètrent significativement plus profondément ($p= 0,0023$) lors du compactage à froid que les fouloirs en nickel-titane, RevoSpreader® (25/100^{ème}, 4%). (Fig. 9)

Seulement 50% des Fingers Spreader® et 20% de Revo Spreader® arrivent à LT-3mm. La différence est significative ($p= 0,05$). (Fig. 10)

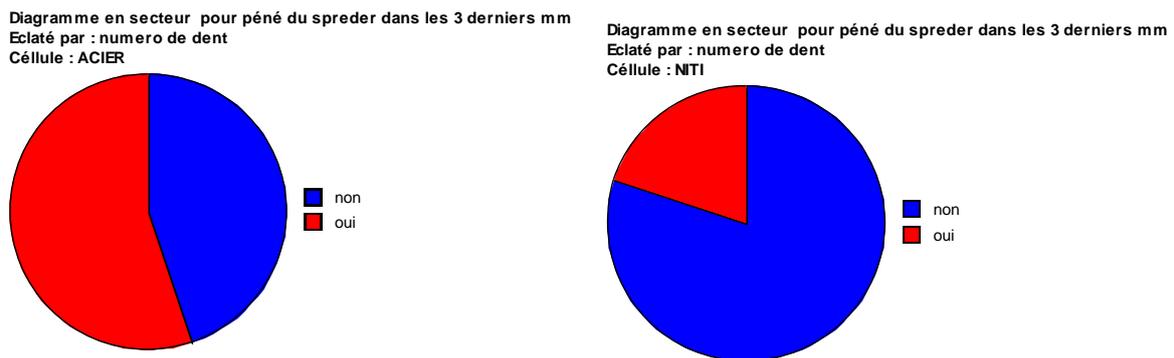


Fig. 10 : Pénétration des fouloirs manuels en acier et en nickel-titane dans les trois derniers millimètres apicaux de la longueur de travail.

Le Gutta Condensor® pénètre plus loin (73,7%) que le Revo Condensor (69,2%) lors de son insertion avant mise en rotation. La différence n'est pas significative du fait de la taille insuffisante de l'échantillon ($p= 0,059$). (Fig. 9)

Manquants	0
DDL	1
Chi 2	1,315E-31
p (Chi 2)	>,9999
G-carré	-1,332E-15
p (G-carré)	•
Coef. de contingence	5,733E-17
Phi	5,733E-17
Chi 2 corrigé	0,000
p corrigé	>,9999
Prob. exacte de Fisher	>,9999

Fig. 11 : Comparaison de la pénétration du thermocompacteur avant rotation par rapport à la pénétration du fouloir pendant le compactage latéral

Du fait de la taille insuffisante de l'échantillon, le test statistique du Chi 2 concernant la comparaison de la pénétration des thermocompacteurs avant rotation par rapport à la pénétration des fouloirs manuels lors du compactage latéral à froid n'a pas pu être réalisé. Nous ne pouvons donc pas statuer sur le fait qu'un fouloir manuel et qu'un thermocompacteur de même conicité pénètrent à la même profondeur lors d'une obturation en technique combinée partielle. (Fig. 11)

4.2 Résultats sur le traitement des microphotographies

Nous avons calculé pour chaque coupe transversale les taux d'obturation par la gutta percha et par le ciment ainsi que les vides microscopiques résiduels. (Annexe 2) Grâce à un test statistique de Student, les moyennes et écart-types de ces pourcentages ont été calculés en fonction de plusieurs critères (Fig. 12).

	Distance des coupes depuis l'apex			Instruments acier / niti	Début/fin de l'étude (<20/>20 dents)
	1,5 / 1,8 mm	1,8 / 3 mm	1,5 / 3 mm		
% de remplissage de GP	.802 ± .230	.857 ± .184	.802 ± .230	.908 ± .014	.828 ± .223
	.857 ± .184	.906 ± .124	.906 ± .124	.801 ± .233	.874 ± .156
	p= 0,2375 NS	p= 0,1704 NS	p= 0,0139* S	p= 0,0015 * S	p= 0,1853 NS
% de remplissage de ciment	.186 ± .233	.130 ± .186	.186 ± .233	.080 ± .105	.162 ± .223
	.130 ± .186	.085 ± .118	.085 ± .118	.187 ± .234	.113 ± .157
	p= 0,2350 NS	p= 0,2014 NS	p= 0,0164* S	p= 0,0016 * S	p= 0,1630 NS
% de vides microscopiques	.013 ± .015	.015 ± .015	.013 ± .015	.011 ± .016	.011 ± .016
	.015 ± .015	.009 ± .016	.009 ± .016	.014 ± .015	.014 ± .015
	p= 0,5546 NS	p= 0,2524 NS	p= 0,0931 NS	p= 0,3145 NS	p= 0,3579 NS

*différence statistiquement significative (p<0,05)(S=significatif/NS=non significatif)

Fig. 12 : Comparaison des pourcentages d'obturation par la gutta percha et le ciment et des pourcentages de vides microscopiques résiduels en fonction de la distance à l'apex, du type d'instruments utilisé pour l'obturation canalaire et de l'expérience de l'opérateur.

La lecture de ce tableau nous permet de conclure qu'il existe un taux de remplissage significativement plus important de gutta percha à 3mm de l'apex qu'à 1,5mm sans distinction des instruments utilisés lors de l'obturation (Fig. 13). Le taux de remplissage de ciment est significativement moins important à 3mm de l'apex qu'à 1,5mm. (Fig. 14)

Il n'existe cependant pas de différence significative quant à la quantité de vides microscopiques entre les deux coupes.

Il n'y a pas de différence significative dans les taux de remplissages entre les coupes à 1,5 et 1,8mm de l'apex et entre celles à 1,8 et 3 mm de l'apex.

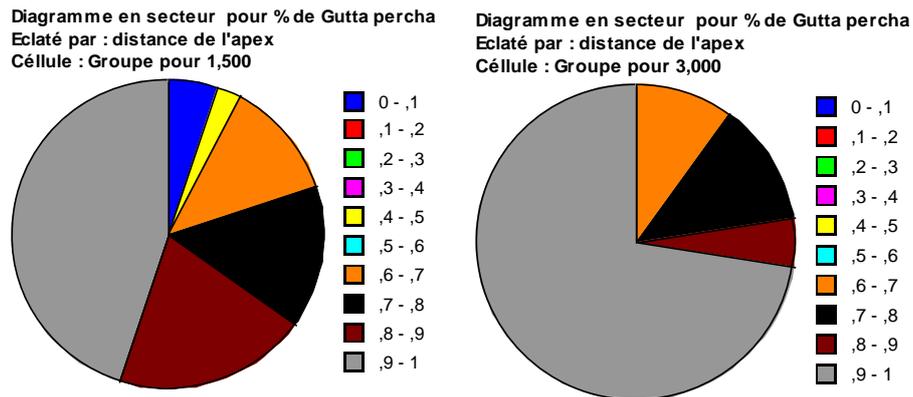


Fig. 13 : Comparaison des pourcentages de remplissage de gutta percha à 1,5 et à 3mm de l'apex.

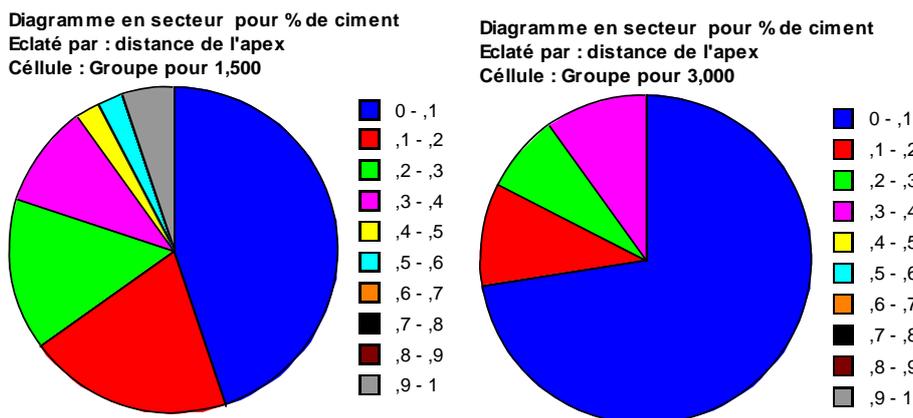


Fig. 14 : Comparaison des pourcentages de remplissage de ciment à 1,5 et à 3mm de l'apex.

La technique combinée partielle utilisant les instruments en acier (Finger Spreader[®] et Gutta Condensor[®]) a très significativement ($p=0,0015 \ll \alpha=0,05$) un meilleur taux de remplissage de gutta percha que celle utilisant les instruments en nickel-titane (RevoSpreader[®] et RevoCondensor[®]) (Fig. 12 et 15). La quantité de ciment est nettement inférieure avec les instruments en acier qu'avec ceux en nickel titane. (Fig. 12 et 16)

Nous avons noté cependant qu'un Gutta Condensor[®] s'était fracturé lors d'une obturation contrairement aux Revo Condensor[®] intacts.

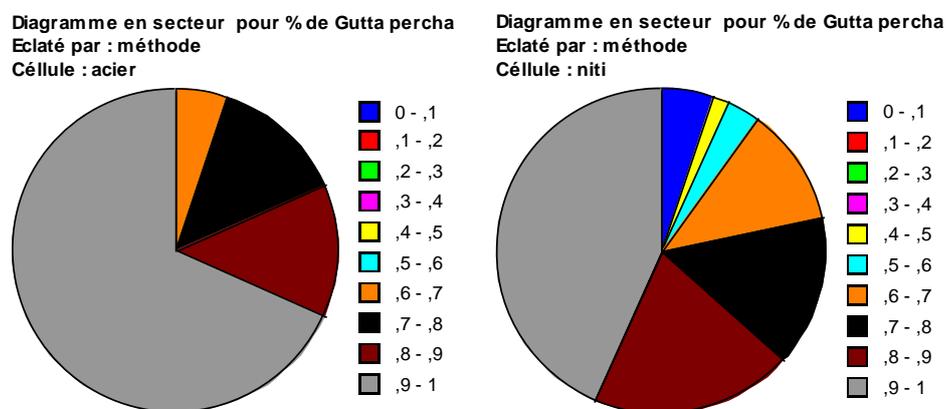


Fig. 15 : Comparaison du pourcentage de remplissage de gutta percha lors de l'obturation en technique combinée partielle avec les instruments en acier ou en nickel titane.

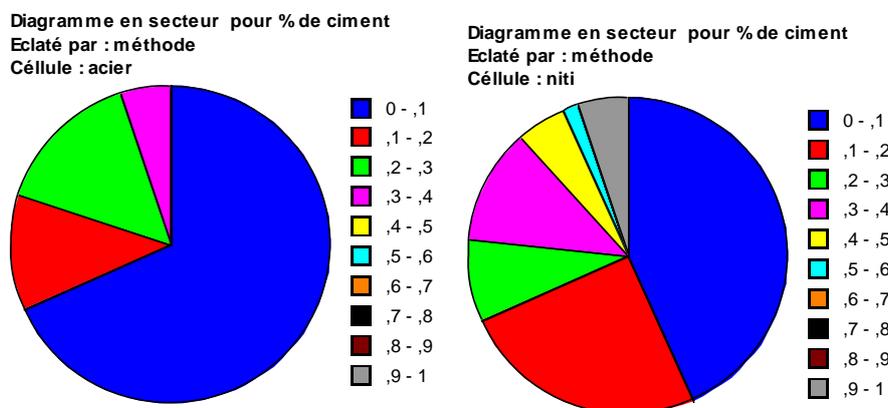


Fig. 16 : Comparaison du pourcentage de remplissage de ciment lors de l'obturation en technique combinée partielle avec les instruments en acier ou en nickel-titane

Il n'y a pas de différence significative dans la qualité de l'obturation entre le début et la fin de l'expérimentation. On a donc une reproductibilité dans le protocole d'obturation en technique combinée partielle. (Fig. 12)

5 Discussion

Lors du compactage à froid de la technique combinée partielle, les fouloirs en acier (25/100^{ème}, 2%) pénètrent plus loin que ceux en nickel titane (25/100^{ème}, 4%) grâce à leur conicité plus faible. Ils ont donc une meilleure efficacité dans le compactage apical. Cependant, seulement 55% des fouloirs en acier et 20% des fouloirs en nickel titane atteignent les 3 derniers millimètres apicaux. Cette très faible proportion peut s'expliquer par la conicité importante (4%) du cône de gutta percha. L'étude de Wilson et al 2003, a montré que les fouloirs manuels pénètrent davantage dans le canal avec un cône de gutta percha de conicité 2% qu'avec un cône de 4% (2,93mm de différence avec les fouloirs en NiTi et 3,17mm avec ceux en acier). (46)

Un cône de 2% est normalement indiqué dans les techniques de compactage latéral à froid. Mais dans un canal préparé en conicité 6% voire plus grâce aux instruments mécaniques en nickel-titane, c'est peu recommandé car on a un cône sous-dimensionné et un contrôle moindre des dépassements apicaux.

Il serait donc envisageable, pour avoir une progression instrumentale plus importante, d'utiliser des fouloirs rotatifs qui pénètrent plus facilement, et nécessitent moins de force verticale avec un risque de fracture radiculaire qui pourrait être diminué par rapport aux fouloirs manuels.

Dans cette étude, l'utilisation de fouloirs manuels a permis un pré-compactage de la gutta percha et une pénétration plus aisée et importante du thermocompacteur avant rotation. Elle permet de sécuriser l'opérateur avec la possibilité de vérifier l'absence de dépassement apical en faisant une radiographie avant le thermocompactage. A cette étape il est encore possible de retirer le maître cône. Le fait que le thermocompacteur progresse plus facilement grâce au pré compactage sécurise au moins de manière subjective l'opérateur lors de son utilisation.

Le thermocompactage (acte mécanique) est facilité par le pré-compactage du maître cône par le fouloir manuel (acte manuel) sans adjonction de cônes accessoires. Ainsi, dans la technique combinée partielle, l'acte manuel assiste l'acte mécanique contrairement à la technique combinée classique où l'acte mécanique assiste l'acte manuel.

De manière générale, la densité de gutta percha est moins importante à 1,5mm de l'apex qu'à 3mm. Cela est probablement dû à un manque de compactage apical causé par la progression insuffisante des fouloirs et éventuellement à l'absence de poussée verticale de la gutta percha engendrée par les thermocompacteurs.

Les obturations réalisées avec le Gutta Condensor[®] sont de meilleure qualité avec un taux de remplissage par la gutta percha de 90,8% contre 80,1% avec le Revo Condensor[®] ($p=0,0015 < 0,05$). Ceci peut être expliqué par la rotation plus rapide du Gutta Condensor[®] (10000tr/min) et de sa faible conicité lui permettant de pénétrer plus facilement. Le pourcentage élevé en gutta percha d'un traitement endodontique est le témoin d'une obturation homogène du réseau canalaire.

Après l'utilisation de ces deux thermocompacteurs sur 40 dents, nous avons pu constater tactilement une augmentation plus importante de la température de la surface radulaire avec le Revo Condensor[®] qu'avec le Gutta Condensor[®]. Ceci peut s'expliquer par la conicité supérieure du Revo Condensor[®] (4%) qui engendre davantage de frictions avec les parois canalaire lors de la rotation.

Lors de l'interprétation de tous nos résultats, il est difficile de conclure si la qualité de l'obturation est la conséquence de la combinaison du fouloir manuel avec le thermocompacteur ou celle du thermocompactage. En effet, dans la plupart des cas les fouloirs ne pouvaient pas atteindre les derniers millimètres apicaux. C'est pourquoi cette étude doit être complétée grâce à d'autres échantillons dont les dents seraient obturées uniquement avec le Gutta Condensor[®] ou le Revo Condensor[®] en technique thermomécanique pure. Ainsi, il sera possible de conclure si le pré-compactage permet d'améliorer la qualité de l'obturation.

Un autre échantillon obturé en technique combinée partielle avec un fouloir de conicité 2% et un Revo Condensor[®] de 4% permettrait d'évaluer si en compactant plus loin avec un fouloir de 2%, le Revo Condensor[®] pénètre davantage, plus facilement et améliore la qualité de l'obturation.

Les racines utilisées dans cette étude sont relativement rectilignes avec des courbures variant de 0 à 20°. Les monoradiculées utilisées étaient principalement des incisives mandibulaires (75% des échantillons) et des prémolaires mandibulaires dont la morphologie canalaire est ovale. L'idéal étant d'avoir des dents morphologiquement identiques, la variabilité des dents utilisées peut constituer un biais dans cette étude. D'après l'étude de Wu et al en 2001, travailler sur des dents avec des canaux ovales permettrait d'avoir des résultats de tests de comparaison de techniques d'obturation plus fiables qu'avec des canaux ronds. (44,47)

Lors de la lecture des microphotographies des coupes, nous pouvons observer cette morphologie ovale des canaux obturés. Nous notons également la présence de surfaces canalaires latérales qui n'ont pas été préparées et qui ne sont que partiellement obturées. Dans l'étude de Wu et al. 2001, 65% des canaux ovales préparés et obturés présentent des surfaces non préparées qui peuvent ne pas être totalement obturées. Le thermocompactage permet d'améliorer l'obturation des ces surfaces. (44)

Radiologiquement ces surfaces ne sont pas détectables et les obturations réalisées sont satisfaisantes en termes de longueur d'obturation et de densité.

La lecture des microphotographies peut s'avérer difficile car le ciment d'obturation pénètre dans les tubulis dentinaires. Selon l'étude de Shokouhinejad en 2011, les ciments pourraient pénétrer dans les tubulis sur 20 à 30µm. (48,49) Le fait que le ciment soit d'une couleur assez proche de la dentine complique le détournage au microscope optique (x 50) des différents éléments sur les coupes et donc l'évaluation réelle de la quantité de ciment entre la gutta percha et la paroi canalaire. L'utilisation d'un microscope électronique à balayage avec un grossissement de 2000 ou d'un microscope confocal pour observer la fluorescence du ciment mélangé avec des agents de fluorescence (Rhodamine B ou Alexia Fluor 488 Fluorescente) pourrait améliorer la qualité de la lecture. (50)

Conclusion

L'instrumentation endodontique est en constante évolution visant à simplifier les protocoles. L'apparition du nickel-titane a ouvert de nouvelles perspectives grâce à ses propriétés de super élasticité, flexibilité et mémoire de forme.

Malgré une préparation et une désinfection canalaire optimale, la pérennité du traitement dépend de la mise en place d'une obturation radiculaire tridimensionnelle et hermétique. Il existe différentes techniques, mais les obturations avec chauffage de la gutta percha et une quantité minimale de ciment sont les plus pérennes.

L'étude statistique avait pour objectif de comparer, avec une technique combinée partielle, deux instrumentations différentes, l'une en acier, l'autre en nickel titane. Les profondeurs de pénétration des instruments et la qualité des obturations ont été étudiées. Les instruments en acier pénètrent significativement plus loin que ceux en nickel titane. L'utilisation conjointe d'un fouloir en acier (Finger Spreader®) et d'un thermocompacteur en acier (Gutta Condensor®) permet d'obtenir des obturations de qualité significativement supérieure à celle d'un fouloir en nickel-titane (Revo Spreader®) et d'un thermocompacteur en nickel-titane (Revo Condensor®).

Le Gutta Condensor® a déjà montré par le passé sa fiabilité et reste largement d'actualité.

Le Revo Condensor reste cependant le seul thermocompacteur à pouvoir travailler dans les canaux courbes.

BIBLIOGRAPHIE

1. Simon S. Le traitement endodontique: l'essentiel. *Clinic (Paris)*. 2010 Oct;31:1–5.
2. Abedi H, Shahriari S, Jalalzadeh SM, Moradkhany R. A Comparative Study of Density of Obturated root Canals by Conventional and Mechanical Lateral Condensation Techniques. *Dent Res J*. 2009 Autumn;6(2):55–8.
3. Leonardo MV, Goto EH, Torres CRG, Borges AB, Carvalho CAT, Barcellos DC. Assessment of the apical seal of root canals using different filling techniques. *J Oral Sci*. 2009 Dec;51(4):593–9.
4. Boussetta F, Bal S, Romeas A, Boivin G, Magloire H, Farge P. In vitro evaluation of apical microleakage following canal filling with a coated carrier system compared with lateral and thermomechanical Gutta-Percha condensation techniques. *Int Endod J*. 2003 May;36(5):367–71.
5. Thompson SA. An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry. *Int Endod J*. 2000 Jul;33(4):297–310.
6. Machtou P, Benssousan D, Cohen AG. Endodontie. Endodontie. CdP. 1992. p. 143–212.
7. Simon S, Machtou P, Pertot W-J. Endodontie. CdP. 2012. 514 p.
8. HAS. Traitement endodontique- Rapport d'évaluation technologique. *Journal de l'HAS*. 2008;
9. Rajendran S, Prasanna N. Application of antiseptics in endodontics. *Int J PharmSciRevRes*. 2013 Oct;22(42):232–4.
10. Ruddle CJ. Current concepts for preparing the root canal system. *Dent Today*. 2001 Feb;20(2):76–83.
11. Herbert Schilder, DDS. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am*. 1974 Apr;18(2):269–96.

12. Peters O. Current Challenges and Concepts in the Preparation of Root Canal Systems: A Review. *J Endod.* 2004 Aug;30(8):559–67.
13. Commission des dispositifs médicaux de l'Association Dentaire Française. Préparation Canalaire. ADF; 2014.
14. Yared G. Canal preparation using only one Ni-Ti rotary instrument: preliminary observations. *Int Endod J.* 2008 Apr;41(4):339–44.
15. Arbab-Chirani R, Chevalier V, Arbab-Chirani S, Calloch S. Instrumentation canalaire de préparation. *EMC Med Buccale.* 2010;(28-725-A-10).
16. Dhingra A, Srivastava P, Chadda D, Banerjee S. Simplify your Endodontics with Single File Systems- Case Report. 2013 Jun;6(6):44–51.
17. Taschieri S, Necchi S, Rosano G, Del Fabbro M, Weinstein R, Machtou P. [Advantages and limits of nickel-titanium instruments for root canal preparation. A review of the current literature]. *Schweiz Monatsschrift Für Zahnmed Rev Mens Suisse Odontostomatol Riv Mens Svizzera Odontol E Stomatol SSO.* 2005;115(11):1000–5.
18. Manogue M, Patel S, Walker R. Obturation of root canals. *The Principles of Endodontics.* Oxford University Press. 2005. p. 71–6.
19. Cantatore G. Obturation canalaire et préservation radiculaire. *Réal Clin.* 2004;15(1):33–53.
20. Fennich M, Sakout M, Abdallaoui F. For a rational evaluation of working length in endodontics. *Rev Odontostomatol (Paris).* 2012;41:232–43.
21. Schaeffer M, White R, Walton R. Determining the Optimal Obturation Length: A Meta-Analysis of Literature. *J Endod.* 2005 Apr;31(4):271–4.
22. Wu MK, Kast'áková A, Wesselink PR. Quality of cold and warm gutta-percha fillings in oval canals in mandibular premolars. *Int Endod J.* 2001 Sep;34(6):485–91.
23. Schäfer. Matériaux d'obturation canalaire. *Rev Mens Suisse Odontostomatol.* 2000 aout;110:862–9.

24. Orstavik D. Materials used for root canal obturation: clinical, biological and clinical testing. *Endod Top.* 2005;12:25–38.
25. Whitworth john. Methods of filling root canals: principles and practicies. *Endod Top.* 2005;12:2–24.
26. Péli J-F, Oriez D. Obturation canalaire: précision et rigueur pour éviter les échecs. *Inf Dent.* 2010 juin;(22):77–84.
27. Joineau C, Péli J-F. La technique de condensation latérale de gutta-percha: sélection des fouloirs et des cones accessoires. *Rev Fr Endod.* 1985;4(2):13–40.
28. Péli J-F, De Jaureguiberry M, De Jaureguiberry I. Pour un compactatge latéral plus efficace... *Rev Fr Endod.* 1990;9(2):41–51.
29. Péli J-F, De Jaureguiberry M, Oriez D, Péli-Joineau C. Compactages latéral et thermomécanique combinés: intérêt clinique. *Rev Fr Endod.* 1988;7(2):9–27.
30. Peng L, Ye L, Tan H, Zhou X. Outcome of root canal obturation by warm gutta-percha versus cold lateral condensation: a meta-analysis. *J Endod.* 2007 Feb;33(2):106–9.
31. Schäfer E, Nelius B, Bürklein S. A comparative evaluation of gutta-percha filled areas in curved root canals obturated with different techniques. *Clin Oral Investig.* 2012 Feb;16(1):225–30.
32. Qualtrough AJ, Whitworth JM, Dummer PM. Preclinical endodontology: an international comparison. *Int Endod J.* 1999 Sep;32(5):406–14.
33. Maniglia-Ferreira C, de Almeida-Gomes F. Analysis of gutta-percha's root canal filling capacity through three different obturation techniques. *Rech En Sante Buccodentaire Osseuse.* 2011;8(1):18–24.
34. Carvalho- Sousa B, Almeida-Gomes F, Maniglia-Ferreira. Filling Lateral Canals: Evaluation of Different Filling Techniques. *Eur J Dent.* 2010 Jul;4:251–6.
35. Michelotto AL da C, Moura-Netto C, Araki AT, Akisue E, Moura AAM, Sydney GB. In vitro analysis of thermocompaction time and gutta-percha type on quality of main canal and lateral canals filling. *Braz Oral Res.* 2010 Sep;24(3):290–5.

36. Berry KA, Loushine RJ, Primack PD, Runyan DA. Nickel-titanium versus stainless-steel finger spreaders in curved canals. *J Endod.* 1998 Nov;24(11):752–4.
37. Katalinić I, Baraba A, Glavicić S, Segović S, Anić I, Miletić I. Comparison of vertical forces during root canal filling with three different obturation techniques. *Coll Antropol.* 2013 Sep;37(3):895–9.
38. Schmidt KJ, Walker TL, Johnson JD, Nicoll BK. Comparison of nickel-titanium and stainless-steel spreader penetration and accessory cone fit in curved canals. *J Endod.* 2000 Jan;26(1):42–4.
39. Sobhi MB, Khan I. Penetration depth of nickel titanium and stainless steel finger spreaders in curved root canals. *J Coll Physicians Surg.* 2003 Feb;13(2):70–2.
40. Shahi S, Shakouie S, Rahimi S, Yavari HR, Mohammadi N, Abdolrahimi M. Comparison of apical microleakage using Ni-Ti with stainless steel finger spreaders. *Iran Endod J.* 2009;4(4):149–51.
41. Lopes HP, Neves MAS, Elias CN, Moreira E JL, Siqueira JF. Comparison of some physical properties of finger spreaders made of stainless steel or nickel-titanium alloys. *Clin Oral Investig.* 2011 Oct;15(5):661–5.
42. Oiknine M, Benizri J. Origine des fractures et de l'usure des limes NiTi en endodontie. *Rev Odontostomatol (Paris).* 2007 mai;(36):109–23.
43. Bal S. Du Hero 6.4.2 au One Shape. *Clinic (Paris).* 2013;(34).
44. Wu MK, Wesselink PR. A primary observation on the preparation and obturation of oval canals. *Int Endod J.* 2001 Mar;34(2):137–41.
45. Gluskin A. Mishaps and serious complications in endodontic obturation. *Endod Top.* 2005;12:52–70.
46. Wilson BL, Baumgartner. Comparison of Spreader Penetration During Lateral Compaction of .04 and .02 Tapered Gutta-percha. *J Endod.* 2003 Dec;29(12):828–31.

47. Jarrett IS, Marx D, Covey D, Karmazin M, Lavin M, Gound T. Percentage of canals filled in apical cross sections - an in vitro study of seven obturation techniques. *Int Endod J*. 2004 Jun;37(6):392–8.
48. Shokouhinejad N, Sabeti M, Gorjestani H, Saghiri MA, Lotfi M, Hoseini A. Penetration of Epiphany, Epiphany self-etch, and AH Plus into dentinal tubules: a scanning electron microscopy study. *J Endod*. 2011 Sep;37(9):1316–9.
49. Chandra SS, Shankar P, Indira R. Depth of penetration of four resin sealers into radicular dentinal tubules: a confocal microscopic study. *J Endod*. 2012 Oct;38(10):1412–6.
50. Nikhil V, Bansal P, Sawani S. Effect of technique of sealer agitation on percentage and depth of MTA Fillapex sealer penetration: A comparative in-vitro study. *J Conserv Dent*. 2015;18(2):119.

Annexe

Annexe 1 : Récapitulatif des relevés de mesures de profondeurs de pénétration des instruments lors de l'obturation en technique combinée partielle.

Instruments utilisés	% de pénétration du spreader par rapport à la LT	Pénétration du spreader dans les 3 derniers mm	% pénétration du thermoC par rapport à la LT	Pénétration du thermoC dans les 3 derniers mm	Ecart de pénétration du thermoC par rapport au fouloir
ACIER	0,77	non	0,71	non	oui
ACIER	0,7	non	0,7	non	non
ACIER	0,82	non	0,77	non	oui
ACIER	0,8	non	0,79	non	non
ACIER	0,64	non	0,72	non	oui
ACIER	0,77	non	0,51	non	oui
ACIER	0,79	non	0,68	non	oui
ACIER	0,9	oui	0,81	non	oui
ACIER	0,73	non	0,71	non	non
ACIER	0,97	oui	0,71	non	oui
ACIER	1	oui	0,76	non	oui
ACIER	0,93	oui	0,7	non	oui
ACIER	0,84	non	0,76	non	oui
ACIER	0,95	oui	0,89	oui	oui
ACIER	0,88	oui	0,73	non	oui
ACIER	0,86	oui	0,71	non	oui
ACIER	0,97	oui	0,82	non	oui
ACIER	0,95	oui	0,82	non	oui
ACIER	0,84	oui	0,7	non	oui
ACIER	0,92	oui	0,74	non	oui
NITI	0,81	oui	0,67	non	oui
NITI	0,75	non	0,71	non	oui
NITI	0,61	non	0,57	non	oui
NITI	0,7	non	0,7	non	non
NITI	0,78	non	0,73	non	oui
NITI	0,82	non	0,74	non	oui
NITI	0,62	non	0,53	non	oui
NITI	0,65	non	0,59	non	oui
NITI	0,67	non	0,62	non	oui
NITI	0,7	non	0,7	non	non
NITI	0,84	non	0,76	non	oui
NITI	0,75	non	0,69	non	oui
NITI	0,82	non	0,82	non	non

NITI	0,8	non	0,68	non	oui
NITI	0,8	non	0,68	non	oui
NITI	0,74	non	0,7	non	oui
NITI	0,79	non	0,74	non	oui
NITI	0,85	oui	0,77	non	oui
NITI	0,85	oui	0,7	non	oui
NITI	0,84	oui	0,74	non	oui

Annexe 2 : Récapitulatif des relevés de mesures pour chaque dent.

N° de dent	Distance de l'apex	Méthode	Début/Fin	% de Gutta percha	% de ciment	% de vides
1	1,5	acier	D	0,73	0,27	0
1	1.8	acier	D	0,74	0,228	0,032
1	3	acier	D	0,72	0,28	0
2	1,5	acier	D	1	0	0
2	1.8	acier	D	0,96	0	0,04
2	3	acier	D	1	0	0
3	1,5	acier	D	0,82	0,158	0,022
3	1.8	acier	D	0,95	0,023	0,027
3	3	acier	D	0,989	0	0,011
4	1,5	acier	D	0,984	0	0,016
4	1.8	acier	D	0,8	0,2	0
4	3	acier	D	0,992	0	0,008
5	1,5	acier	D	0,92	0,08	0
5	1.8	acier	D	1	0	0
5	3	acier	D	0,9	0,092	0,008
6	1,5	acier	D	1	0	0
6	1.8	acier	D	1	0	0
6	3	acier	D	1	0	0
7	1.5	acier	D	0,98	0,02	0
7	1.8	acier	D	0,95	0,05	0
7	3	acier	D	0,95	0,05	0
8	1.5	acier	D	0,86	0,126	0,014
8	1.8	acier	D	0,993	0	0,007
8	3	acier	D	0,95	0,045	0,005
9	1.5	acier	D	0,92	0,08	0
9	1.8	acier	D	0,78	0,202	0,018
9	3	acier	D	1	0	0
10	1.5	acier	F	0,93	0,064	0,006
10	1.8	acier	F	0,92	0,005	0,075
10	3	acier	F	1	0	0
11	1.5	acier	F	0,93	0	0,07
11	1.8	acier	F	0,99	0	0,01
11	3	acier	F	1	0	0
12	1.5	acier	F	1	0	0
12	1.8	acier	F	0,93	0,028	0,042
12	3	acier	F	0,96	0,035	0,005
13	1.5	acier	F	0,87	0,114	0,016
13	1.8	acier	F	0,86	0,124	0,016
13	3	acier	F	0,989	0	0,011
14	1.5	acier	F	0,77	0,212	0,018

14	1.8	acier	F	0,87	0,111	0,019
14	3	acier	F	0,95	0,033	0,017
15	1.5	acier	F	0,63	0,37	0
15	1.8	acier	F	0,64	0,36	0
15	3	acier	F	0,62	0,38	0
16	1.5	acier	F	1	0	0
16	1.8	acier	F	0,98	0,01	0,01
16	3	acier	F	1	0	0
17	1.5	acier	F	1	0	0
17	1.8	acier	F	0,97	0,016	0,014
17	3	acier	F	1	0	0
18	1.5	acier	F	0,77	0,217	0,013
18	1.8	acier	F	0,88	0,102	0,018
18	3	acier	F	0,985	0	0,015
19	1.5	acier	F	0,92	0,07	0,01
19	1.8	acier	F	0,77	0,209	0,021
19	3	acier	F	0,82	0,167	0,013
20	1.5	acier	F	0,76	0,204	0,036
20	1.8	acier	F	1	0	0
20	3	acier	F	0,9	0,087	0,013
1	1,5	niti	D	0,61	0,44	0
1	1.8	niti	D	0,52	0,449	0,031
1	3	niti	D	0,63	0,37	0
2	1,5	niti	D	0,978	0	0,022
2	1.8	niti	D	0,95	0,05	0
2	3	niti	D	0,96	0,037	0,003
3	1,5	niti	D	0,68	0,32	0,007
3	1.8	niti	D	0,85	0,15	0,01
3	3	niti	D	0,997	0	0,003
4	1,5	niti	D	0,9	0,082	0,018
4	1.8	niti	D	0,89	0,11	0
4	3	niti	D	1	0	0
5	1,5	niti	D	0,43	0,546	0,024
5	1.8	niti	D	0,57	0,417	0,013
5	3	niti	D	0,65	0,338	0,012
6	1,5	niti	D	0	1	0
6	1.8	niti	D	0	1	0
6	3	niti	D	0,72	0,212	0,068
7	1,5	niti	D	0,82	0,149	0,031
7	1.8	niti	D	0,72	0,26	0,02
7	3	niti	D	1	0	0
8	1,5	niti	D	0,82	0,164	0,016
8	1.8	niti	D	0,88	0,106	0,014
8	3	niti	D	0,78	0,15	0,07
9	1.5	niti	F	0	1	0

9	1.8	niti	F	0,84	0,142	0,018
9	3	niti	F	0,74	0,258	0,002
10	1.5	niti	F	0,63	0,345	0,025
10	1.8	niti	F	1	0	0
10	3	niti	F	0,65	0,328	0,022
11	1.5	niti	F	0,9	0,066	0,034
11	1.8	niti	F	0,84	0,137	0,023
11	3	niti	F	0,9	0,084	0,016
12	1.5	niti	F	0,85	0,15	0
12	1.8	niti	F	0,982	0	0,018
12	3	niti	F	1	0	0
13	1.5	niti	F	0,76	0,208	0,032
13	1.8	niti	F	0,9	0,076	0,024
13	3	niti	F	0,983	0	0,017
14	1.5	niti	F	1	0	0
14	1.8	niti	F	1	0	0
14	3	niti	F	1	0	0
15	1.5	niti	F	0,9	0,092	0,008
15	1.8	niti	F	0,87	0,112	0,018
15	3	niti	F	1	0	0
16	1.5	niti	F	0,983	0	0,017
16	1.8	niti	F	0,94	0,032	0,028
16	3	niti	F	1	0	0,006
17	1.5	niti	F	0,62	0,364	0,016
17	1.8	niti	F	0,79	0,188	0,022
17	3	niti	F	0,91	0,09	0
18	1.5	niti	F	0,85	0,135	0,015
18	1.8	niti	F	1	0	0
18	3	niti	F	0,93	0,064	0,006
19	1.5	niti	F	0,83	0,154	0,016
19	1.8	niti	F	1	0	0
19	3	niti	F	0,87	0,115	0,015
20	1.5	niti	F	0,71	0,259	0,031
20	1.8	niti	F	0,76	0,305	0,025
20	3	niti	F	0,78	0,19	0,03

Vu, Le Président du Jury,

Date, Signature :

Vu, La Directrice de l'UFR des Sciences Odontologiques,

Date, Signature :

Vu, Le Président de l'Université de Bordeaux,

Date, Signature :

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 s'y passe.

Mes connaissances et mon état me 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 prescrites 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,

Honorée à jamais parmi les hommes.

Si je le viole et que je me parjure,

Puissé-je avoir un sort contraire.