



HAL
open science

Utilisation d'un fouloir mécanisé appliqué au compactage latéral: définition de l'instrument et du protocole

Aymeric Joubert-du-Cellier

► To cite this version:

Aymeric Joubert-du-Cellier. Utilisation d'un fouloir mécanisé appliqué au compactage latéral: définition de l'instrument et du protocole. Sciences du Vivant [q-bio]. 2019. dumas-02328047

HAL Id: dumas-02328047

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02328047>

Submitted on 23 Oct 2019

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.

U.F.R. D'ODONTOLOGIE

Année 2019

Thèse n°74

THESE POUR L'OBTENTION DU

**DIPLOME D'ETAT de DOCTEUR EN CHIRURGIE
DENTAIRE**

Présentée et soutenue publiquement

Par JOUBERT DU CELLIER, Aymeric

Né le 10 Janvier 1992 à Talence

Le 18 Septembre 2019

**Utilisation d'un fouloir mécanisé appliqué au compactage
latéral : définition de l'instrument et du protocole.**

Sous la direction de : Jean-François PELI

Membres du jury :

M. Raphaël DEVILLARD
M. Jean-François PELI
M. Wallid BOUJEMAA AZZI
Mme Sophia ZIANE
Mme Elise ARRIVE

Président
Directeur
Rapporteur
Examineur
Examineur

UNIVERSITE DE BORDEAUX

MAJ 01/09/2019

Président
Directeur de Collège des Sciences de la Santé

M. TUNON DE LARA Manuel
M. PELLEGRIN Jean-Luc

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

<i>Directrice</i>	58-01	Mme BERTRAND Caroline
<i>Directeur Adjoint à la Pédagogie</i>	56-01	Mr DELBOS Yves
<i>Directeur Adjoint – Chargé de la Recherche</i>	57-01	M. CATROS Sylvain
<i>Directeur Adjoint – Chargé des Relations</i>	58-01	M. LASSERRE Jean-François

ENSEIGNANTS DE L'UFR

PROFESSEURS DES UNIVERSITES

Mme	Caroline	BERTRAND	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Marie-José	BOILEAU	Orthopédie dento-faciale	56-01
M	Sylvain	CATROS	Chirurgie orale	57-01
M	Raphaël	DEVILLARD	Odontologie restauratrice et endodontie	58-01
Mme	Véronique	DUPUIS	Prothèse dentaire	58-01
M.	Bruno	ELLA NGUEMA	Sciences anatomiques et physiologiques - Biomatériaux	58-01
M.	Jean-Christophe	FRICAIN	Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique	57-01

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

Mme	Elise	ARRIVÉ	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
Mme	Cécile	BADET	Biologie Orale	57-01
M.	Etienne	BARDINET	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Michel	BARTALA	Prothèse dentaire	58-01
M.	Cédric	BAZERT	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Christophe	BOU	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
Mme	Sylvie	BRUNET	Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique	57-01
M.	Jacques	COLAT PARROS	Sciences anatomiques et physiologiques	58-01
M,	Jean-Christophe	COUTANT	Sciences anatomiques et physiologiques	58-01
M.	François	DARQUE	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	François	DE BRONDEAU	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Yves	DELBOS	Odontologie pédiatrique	56-01
M.	Emmanuel	D'INCAU	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Elsa	GAROT	Odontologie pédiatrique	56-01
M.	Dominique	GILLET	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
Mme	Olivia	KEROUREDAN	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
M.	Jean-François	LASSERRE	Prothèse dentaire	58-01
M.	Yves	LAUVERJAT	Parodontologie	57-01
Mme	Odile	LAVIOLE	Prothèse dentaire	58-01
M.	Jean-Marie	MARTEAU	Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique	57-01
Mme	Javotte	NANCY	Odontologie pédiatrique	56-01
M.	Adrien	NAVEAU	Prothèse dentaire	58-01
M.	Jean-François	PELI	Odontologie restauratrice – Endodontie	58-01

M.	Philippe	POISSON	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
M.	Patrick	ROUAS	Odontologie pédiatrique	56-01
M.	Johan	SAMOT	Biologie Orale	57-01
Mme	Maud	SAMPEUR	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Cyril	SEDARAT	Parodontologie	57-01
Mme	Noélie	THEBAUD	Biologie Orale	57-01
M.	Eric	VACHEY	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
AUTRES ENSEIGNANTS				
Mme	Audrey	AUSSEL	Sciences anatomiques et physiologiques	58-01
ASSISTANTS				
Mme	Mathilde	BOUDEAU	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
M.	Wallid	BOUJEMAA AZZI	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
Melle	Camille	BOULÉ-MONTPEZAT	Odontologie pédiatrique	56-01
Mlle	Anaïs	CAVARE	Orthopédie dento-faciale	56-01
M	Hubert	CHAUVEAU	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
M	Pierre-Hadrien	DECAUP	Fonctions/dysfonctions, imagerie, biomatériaux	58-01
Mme	Séverine	DESCAZEUX	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
Mme	Julia	ESTIVALS	Odontologie pédiatrique	56-01
M.	Cédric	FALLA	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
Mme	Mathilde	FENELON	Chirurgie Orale	57-01
Mme	Agathe	GREMARE	Biologie orale	57-01
M	Mickaël	HYVERNAUD	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Clémence	JAECK	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Mathilde	JACQUEMONT	Parodontologie	57-01
Mme	Claudine	KHOURY	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
Mr	Antoine	LAFITTE	Orthopédie dento-faciale	56-01
M	Adrien	LASTRADE	Prothèse dentaire	58-01
M.	Emmanuel	MASSON REGNAULT	Chirurgie Orale	57-01
Mme	Aude	MENARD	Prothèse dentaire	58-01
M	Antoine	PEPELUT	Parodontologie	57-01
M	Florian	PITEU	Prothèse dentaire	58-01
Mr	Thibaut	ROULLAND	Prothèse dentaire	58-01
M.	François	ROUZÉ L'ALZIT	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Rawen	SMIRANI	Parodontologie	57-01
Mme	Sophia	ZIANE	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01

REMERCIEMENTS

A notre Président de thèse

Monsieur le Professeur Raphael DEVILLARD

Professeur des Universités –Praticien Hospitalier

Sous-section Odontologie Restauratrice–Endodontie 58-01

*Je vous remercie d'avoir accepté de présider cette thèse.
Soyez assuré de ma sincère reconnaissance et de mon profond respect.*

A notre Directeur de thèse

Monsieur le Docteur Jean François PELI

Maitre de conférences des Universités-Praticien hospitalier

Sous-section Odontologie Restauratrice–Endodontie 58-01

A vous qui nous avez fait l'honneur d'accepter de diriger cette thèse, Je vous remercie pour la confiance que vous m'avez accordée en me proposant ce sujet ainsi que pour vos conseils au cours de ce travail.

Je tiens à travers cette thèse à vous témoigner ma gratitude pour votre bienveillance durant cette formation. Je vous remercie pour la qualité de votre enseignement et votre pédagogie. Merci pour votre disponibilité dont vous avez fait preuve tout au long de la rédaction de cette thèse.

A notre Rapporteur de thèse

Monsieur le Docteur Wallid BOUJEMAA-AZZI

Assistant Hospitalo-Universitaire

Sous-section Odontologie Conservatrice-Endodontie 58-01

A vous qui nous faites l'honneur de juger notre travail et de participer à ce jury, Je trouve ici l'occasion de vous remercier pour vos enseignements durant nos études. Je vous remercie pour la rigueur demandée et votre pédagogie lors de mes vacances à Xavier Arnozan. Je vous remercie pour votre réactivité, votre disponibilité lors de la correction. Veuillez trouver dans cette thèse l'expression de mon respect.

A notre Assesseur de thèse

Madame le Docteur Elise ARRIVE

Maitre de conférences des Universités-Praticien hospitalier

Sous-section Prévention épidémiologie – Économie de la santé-Odontologie légale 56-02

Je vous remercie très sincèrement d'avoir accepté d'être membre de ce jury. Veuillez trouver ici l'expression de toute ma reconnaissance et de mon plus grand respect.

A notre Assesseur de thèse

Madame le Docteur Sophia ZIANE

Assistante hospitalo-universitaire

Sous-section Odontologie Restauratrice–Endodontie 58-01

Je vous remercie très sincèrement d'avoir accepté d'être membre de ce jury, pour votre disponibilité et votre gentillesse lors nos échanges. Veuillez trouver ici l'expression de toute ma reconnaissance et de mon plus grand respect.

A ma maman, toujours présente à mes côtés dans les moments difficiles comme pour les meilleurs. Je te remercie d'être présente pour ce jour si important à mes yeux. Tu m'as fait confiance depuis le début, libre de mes choix j'ai pu trouver ma voie. Merci pour l'éducation que tu as su m'inculquer, d'avoir pu tenir bon. C'est grâce à toi si j'en suis là actuellement. Merci pour tout.

A mon papa, merci d'être présent à mes côtés. Je suis heureux de la relation que nous avons maintenant, j'espère que cela continuera encore longtemps.

A mon frère, Clément, tu as toujours su ce que tu ferais dans ta vie, depuis tes 6 ans. Tu as enfin réussi et je suis vraiment très fier de toi. Tu as beaucoup de courage et je t'admire pour cela. Merci.

A ma sœur, Luna, un rayon de soleil dans ma vie. Tu grandis trop vite malheureusement, mais tu resteras à jamais mon petit monstre. Merci.

A Thierry, je te remercie d'être présent dans ma vie, d'accompagner maman au quotidien et de réussir à la supporter. Devenue plus qu'un simple beau-père, tu fais maintenant partie de ma famille.

A mes amis de PACES, véritables amis depuis notre rencontre, **Alex, Xavier, Adri, Pierrick, Camille, Tatiana, Marjo, Elo, Momo, Marion**. J'ai passé de superbes années depuis notre rencontre. Je suis heureux que nous continuons à nous voir malgré la distance. Merci.

A Flo, Maxime, Ludo, merci pour ces sorties improvisées sur Bordeaux, merci d'avoir été là depuis de nombreuses années, de continuer à être très présents dans ma vie et de la rendre meilleure.

A mes amis de promo, **Axel, David, Adeline, Marie, Emilie, Camille** et **Nadia**, merci pour ces années passées à vos côtés, allant des périodes de révisions dans l'urgence, aux soirées. J'ai passé des moments inoubliables à vos côtés.

A mes amis de ma nouvelle promo, **Simon, Pigo, Nico, Jo, Jeanne, Emilie, Marthe, Lélia, Laure, Léa, Kiki, Mathilde** et **Laetitia** et tout spécialement aux filles avec qui j'ai eu la chance

de partir à Madagascar en humanitaire. Vous m'avez accueilli avec plaisir. J'ai passé d'excellentes années à vos côtés. Merci.

A mon binôme **Louis**, pour avoir pu passer des excellentes années à Xavier Arnozan à quelques perforations près. Des gardes sans fin à Robert Picqué et des patients pas toujours rassurants. Merci.

A **Chloé** pour ces merveilleux moments passés à tes côtés, à nos vacances et pour tout. Merci

A tous les enseignants de Xavier Arnozan et tout particulièrement au **Dr LAVIOLE** pour avoir su être exigeants mais droits. D'avoir réussi à me transmettre cette passion pour l'art dentaire et plus récemment pour l'endodontie. Je vous remercie puisque c'est grâce à vous si mes années hospitalières ont été si bénéfiques à mes yeux.

Aux Chirugiens-Dentistes qui m'ont permis de travailler ces deux dernières années, pour la confiance que vous avez su m'accorder. Je vous remercie.

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION.....	11
2. L'OBTURATION CANALAIRE	13
2.1. Définition-Généralités	13
2.2 Ciments et résines d'obturation canalaire.....	15
2.2.1 À base d'oxyde de zinc-eugéno (ZOE).....	15
2.2.2 Résines époxy (AH plus® ou AH 26® Dentsply-Sirona).	15
2.2.3 Autres ciments	15
2.3 Les techniques d'obturation.....	16
2.3.1 Les techniques à froid	16
2.3.2 Les techniques à chaud	17
2.3.3 Autres techniques	19
2.3.4 Technique mixte/combinée	19
2.4 Conclusion	21
3. LE COMPACTAGE LATERAL	23
3.1 Technique	23
3.1.2 Protocole	23
3.1.3 Reproductibilité et facteurs du succès.....	25
3.2 Conclusion	26
4. PARTIE EXPERIMENTALE.....	27
4.1 Matériel et Méthode.....	28
4.1.2 Préparation des simulateurs	29
4.1.3 Ajustage des maître-cônes (MC).....	30
4.1.4 Vitesses de rotation de l'instrument.....	31
4.1.4 Profondeur de pénétration des fouloirs	32
4.2 RESULTATS.....	33
4.2.1 Fouloirs sans rotation sans MC.....	33

4.2.1 Essais avec gutta percha 4%	34
4.3 Discussion.....	36
4.4 Conclusion	42
5. CONCLUSION	43
6. INDEX DES TABLEAUX ET DES ILLUSTRATIONS	45
7. BIBLIOGRAPHIE	47

Utilisation d'un fouloir mécanisé appliqué au compactage latéral : définition de l'instrument et du protocole.

1. INTRODUCTION

Le traitement endodontique est un acte de pratique quotidienne du chirurgien-dentiste.

Il a pour objectif de prévenir ou traiter les maladies de la pulpe et du péri-apex afin de transformer une dent pathologique en une entité saine, asymptomatique et fonctionnelle sur l'arcade (HAS 2008) (1).

Schilder définit le traitement endodontique comme la préparation, la désinfection et l'obturation dans les trois dimensions du système canalaire (2).

Cet acte complexe est souvent chronophage et redouté par de nombreux praticiens. Cela a amené les chercheurs à essayer de réduire le temps de réalisation en diminuant le nombre d'instruments utilisés, tout en assurant un maximum de qualité et sécurité.

L'utilisation de séquences instrumentales de préparation en rotation continue ou d'instruments uniques réduit le temps de préparation et la sécurise.

Si la préparation est l'étape la plus importante, l'obturation canalaire assure la stabilité des résultats dans le temps.

Quel que soit le système d'obturation choisit, l'objectif reste identique : empêcher le passage des bactéries de la cavité orale à la partie apicale de la dent. Il faut considérer le système canalaire comme un tunnel, qui est la seule voie de contamination entre la cavité buccale et l'os. Le but de l'endodontie est de protéger l'os sous-jacent, en fermant le tunnel qu'est la pulpe (Stéphane SIMON).

Chaque technique présente des avantages et des inconvénients, c'est au praticien de choisir la technique la plus adaptée au cas clinique et avec laquelle il obtiendra des résultats fiables et reproductibles.

La technique combinée associant compactage latéral et thermocompactage de gutta percha permet de répondre à un grand nombre de cas cliniques.

Le succès de cette technique passe par la maîtrise du compactage latéral dans le tiers apical.

Elle utilise des fouloirs latéraux manuels en acier. Si l'utilisation d'instruments en Nickel-Titane (Ni-Ti) est aujourd'hui incontournable pour la préparation canalaire, l'utilisation du Ni-Ti et la mécanisation des fouloirs latéraux doit encore faire ses preuves.

L'objectif de cette étude est de reprendre l'intérêt du compactage et particulièrement le compactage latéral à froid puis de tester de nouveaux instruments, des fouloirs latéraux en Nickel-Titane, mécanisés en rotation continue, destinés au compactage latéral dans le tiers apical. Enfin de définir les diamètres et conicités utilisables et d'ébaucher un protocole d'utilisation. Une analyse critique des résultats clôturera cette étude.

2. L'OBTURATION CANALAIRE

2.1. Définition-Généralités

Le défaut d'obturation endodontique est considéré comme un facteur prédominant dans l'induction ou l'entretien des infections apicales (3). Néanmoins, il convient de garder à l'esprit que la préparation est déterminante dans le succès du traitement endodontique et que l'obturation ne peut jouer son rôle que dans des canaux préalablement mis en forme et désinfectés.

Un consensus existe cependant sur le fait qu'aucune technique de mise en forme et de désinfection ne permet d'éliminer 100 % les débris pulpaire ou les bactéries de l'endodonte (4). Cela renforce le rôle du remplissage canalaire (5).

Il existe différentes méthodes d'obturation canalaire qui sont plus ou moins susceptibles de conduire à des dépassements (6). Les techniques d'obturation actuellement recommandées se fondent sur le compactage de la gutta-percha, à froid ou à chaud, associées à un film de ciment de scellement canalaire.

L'ajustage du maître-cône doit se faire en fonction de la longueur de travail et du diamètre apical de la préparation afin d'assurer le scellement et l'étanchéité en limitant les risques de dépassement. C'est la notion de « largeur de travail » qui vient compléter la classique longueur de travail (7).

Les techniques d'obturations actuelles se basent sur trois impératifs de qualité :

- La densité : obtenue grâce à l'apport de chaleur et le compactage mécanisé permettant d'obtenir un maximum de gutta-percha dans un minimum d'espace mais aussi à froid par compactage latéral.

- L'étanchéité : en diminuant au maximum la quantité de ciment d'obturation au profit de la gutta-percha grâce à un film de ciment de scellement

- La pérennité : par le traitement de la totalité du système canalaire, de toutes ses ramifications et de ses particularités (8) (9) (10).

Pour le scellement, il existe différentes catégories de ciments à base de verres ionomères, d'oxyde de zinc eugénol, de résine, d'hydroxyde de calcium, de silicone et de biocéramiques (11) (12).

Différentes familles de ciments de scellement canalaire sont disponibles. Les ciments canalaires sont dérivés de la pâte de Robin (ciment à base d'oxyde de zinc-eugénol) et du ciment de Rickert's (ciment à base de résine bakélite) (11) (13).

2.2 Ciments et résines d'obturation canalair

2.2.1 À base d'oxyde de zinc-eugénol (ZOE)

Les eugénates (Pulp Canal Sealer® de Kerr Endo, Sealite™ Groupe Actéon) se présentent sous forme de deux produits à mélanger.

L'eugénol est analgésique et anti-inflammatoire à faible dose, mais aussi bactéricide et antifongique. Il possède une bonne biocompatibilité à moyen et à long terme. La toxicité initiale, modérée, des eugénates est surtout due à l'eugénol (14).

2.2.2 Résines époxy (AH plus® ou AH 26® Dentsply-Sirona).

Ils sont plus utilisés aux Etats-Unis qu'en Europe. Ils se présentent sous la forme de 2 tubes, base et catalyseur. Ils présentent une biocompatibilité cliniquement acceptable, assure une bonne étanchéité, de bonnes propriétés mécaniques, d'adhérence et une excellente résistance à la résorption. Leur insolubilité en cas de nécessité de retraitement n'est pas une réelle difficulté puisqu'ils doivent être utilisés en ciment associé à de la gutta et non en pâte de remplissage canalair (15).

2.2.3 Autres ciments

- À base d'hydroxyde de calcium $Ca(OH)_2$ (Sealapex®) ou d'oxyde de Ca (Endo-Calex®, Biocalex®)
- À base de verre ionomère (Kétac endo® Espe)
- À base de silicone (Rsa® Roeko)
- À base de résine (Resilon ®)

2.3 Les techniques d'obturation

2.3.1 Les techniques à froid

2.3.1.1. La technique « mono-cône »

C'est la technique la plus simple et la plus rapide. Un ciment est introduit avec un bourre pâte dans le canal préparé et sec, puis un maître-cône est inséré à la longueur de travail. Le maître-cône est ensuite sectionné au ras du plancher pulpaire.

Le point faible de cette technique réside dans le fort volume de ciment d'obturation.

Cette technique difficilement contrôlable et reproductible présente l'inconvénient d'entraîner des sous obturations avec souvent dans la pratique des fractures du bourre-pâte ou des dépassements importants de pâte. Ces dépassements peuvent avoir des conséquences iatrogènes si la pâte à base d'oxyde de zinc est propulsée en excès dans le sinus ou dans le canal dentaire inférieur (16).

La mise sur le marché des ciments de remplissage canalair à base de biocéramiques nous laisse entrevoir l'apparition d'un nouveau paradigme de l'obturation endodontique. La technique d'obturation mono-cône considérée comme non tridimensionnelle et, jusqu'alors décriée au profit des techniques de compactage de gutta, pourrait de nouveau être envisagée grâce à l'utilisation des biocéramiques (17) (18) (19).

2.3.1.2 Le compactage latéral

C'est une technique de compactage de la gutta sans utilisation d'une source de chaleur pour ramollir la gutta. L'espace canalair est progressivement comblé avec plusieurs cônes de gutta enduits de ciment que le praticien vient plaquer sur un maître-cône préalablement ajusté à distance de la longueur de travail selon le risque de dépassement.

L'intérêt de cette technique est d'augmenter le volume de gutta et de diminuer la quantité de ciment. Bien conduite et systématisée par un choix adapté des fouloirs et de cônes elle procure une obturation fiable.

Il existe 3 méthodes de compactage latéral : manuelle, mécanique et ultrasonique.

Dans la technique mécanique, le fouloir latéral est activé à 16:1 sur contre angle (TEP NSK, Tokyo, Japan) avec 30° angulation d'oscillation, associé à un micromoteur conventionnel (20).

La technique de compactage latéral avec les ultrasons est la même que la procédure manuelle jusqu'à l'insertion de 2 cônes accessoires. Ensuite un fouloir est inséré dans le canal et activé par ultrasons à la fréquence de 30 000 Hz, ajusté à la fonction endodontie à une puissance de niveau 5. La procédure est répétée jusqu'à obturation complète du canal (21) (22).

2.3.2 Les techniques à chaud

2.3.2.1 La gutta chaude (technique de Schilder et Système B)

La gutta est réchauffée pour la ramollir puis compactée à l'aide de fouloirs verticaux spécifiques (« pluggers ») vers la zone apicale. La technique s'exécute soit avec des instruments manuels : technique de Schilder soit avec des appareils adaptés : System B® Sybron Endo (8). Nécessitant un certain entraînement, il résulte de ces techniques une difficulté d'application en omnipratique.

2.3.2.1.1 Technique de Schilder

Le maître cône est enduit de ciment et inséré dans le canal. Il est coupé à l'entrée du canal à l'aide d'un « heat carrier » et compacté verticalement à froid par un fouloir vertical (« plugger »). Cette phase est nommée « phase descendante » ou corono-apicale. Ces étapes de réchauffage, de retrait d'un peu de gutta ramollie et de compactage vertical à froid sont répétées à l'aide de fouloirs de diamètres de plus en plus réduits (donc de longueur de pénétration de plus en plus importante) jusqu'à former un bouchon apical scellant les 3- 4 mm apicaux.

La phase de « remontée » ou apico-coronaire consiste en un remplissage des parties moyennes et coronaires du canal soit par apport de morceaux de cônes réchauffés et compactés (technique originelle de Schilder) soit de gutta (en phase alpha) réchauffée et injectée soit par ajout de gutta thermocompactée à l'aide d'un compacteur de type Mac Spadden (23) (24).

2.3.2.1.2 Technique du System B® (SybronEndo)

Le System B® se compose d'une unité de chauffage d'un fouloir vertical associée, dans les systèmes « dual », à une unité d'éjection de gutta thermoplastifiée. L'unité de chauffage permet de réaliser la phase descendante de l'obturation. Une cellule de chauffe monte jusqu'à 200°C avec une température de 70°C à l'extrémité du fouloir. Les fouloirs chauffants sont composés

d'un fil de cuivre qui transmet la chaleur entouré d'un alliage spécial malléable procurant au fouloir la capacité de se déformer pour s'adapter aux courbures canalaires.

Les fouloirs existent en conicités 4%, 6%, 8%, 10% et 12%. L'unité d'éjection réchauffe des morceaux de gutta. Cette dernière, thermoplastifiée, s'écoule à travers une aiguille en argent (elle aussi déformable et conductrice de chaleur) et viendra réaliser la phase de remontée en remplissant la partie moyenne et coronaire du canal (25) (26).

2.3.2.2 Compactage thermomécanique (ou technique de McSpadden)

Introduit par John Mac Spadden en 1978, le compactage thermomécanique est une technique qui utilise un instrument en rotation qui chauffe la gutta et la compacte simultanément en direction apicale.

Le compacteur utilisé à une vitesse de 8000 - 10000 tours/minute (27).

Cette technique présente l'avantage d'être très rapide et de n'utiliser qu'un seul cône. Cependant difficile à maîtriser, elle reste très opérateur dépendant. Elle présente des risques de dépassements plus ou moins importants et un taux de fractures instrumentales assez élevé.

2.3.2.2.1 L'instrument de Mac Spadden : le Gutta Condensor®

Le Gutta Condensor®, (Dentsply Sirona), est un instrument en acier inoxydable en forme de lime H inversée. Il existe en plusieurs diamètres allant de 25/100^{ème} à 80/100^{ème} de millimètres, ainsi qu'en plusieurs longueurs de 21,25 et 31 millimètres.

Le choix du thermocompacteur doit correspondre à la taille du dernier instrument de préparation amené à la longueur de travail. Le compacteur devra circuler librement dans le canal sans blocage jusqu'à une courbure canalaire ou bien à 2 millimètres de la longueur de travail (28).

Un compacteur de diamètre trop important ne pourra pas être amené au plus près de la longueur de travail. Par contre, un compacteur de diamètre trop faible ne réchauffera pas correctement la gutta percha par manque de friction avec le cône (29).

Une vérification du sens anti horaire de rotation est impérative pour éviter les phénomènes de vissage.

La gutta percha n'adhérant pas aux parois canalaires, un ciment de scellement est utilisé mais en faible quantité. (30) Une mise en marche d'emblée à la vitesse maximale (10000 tr/min)

projette la gutta percha ramollie et le ciment contre les parois canalaires latéralement et verticalement, quel que soit la forme du canal ainsi que dans les canaux accessoires et latéraux accessibles (31).

2.3.2.2 Le Revo- Condensor®

Le Revo Condensor®, (Micro-Mega™, France), est un compacteur en Nickel Titane. Il n'existe qu'en un seul diamètre de 30/100^{ème} et en deux longueurs, 25 et 29 millimètres, conicité 4%. Il peut être amené avec précaution au-delà des courbures canalaires pour réaliser une obturation thermomécanique au plus près de la zone apicale. Il convient de préciser que le franchissement de coudures ou de courbures canalaires trop importantes est impossible sous peine de fracture instrumentale.

Le compacteur est mis en marche à sa vitesse maximale de 8000 tours par minute. Il est amené à la LT-2mm puis retiré en appui pariétal.

Globalement, le protocole opératoire est donc le même que celui utilisé pour le compacteur de Mac Spadden mais avec une plus grande efficacité dans les 2/3 coronaires du fait de la conicité en 4%.

2.3.3 Autres techniques

2.3.3.1 Gutta sur tuteur

La gutta enrobe un tuteur plastique ou de gutta-polymère plus rigide. Cet ensemble est réchauffé dans un four spécifique puis inséré dans le canal préalablement enduit de ciment. C'est une technique de gutta chaude en un temps (32).

Le choix du tuteur est basé sur l'ajustage d'une jauge de vérification.

Cette technique a pour avantage d'être très simple et très rapide mais possède un coût d'utilisation élevé (coût des instruments et du four).

2.3.4 Technique mixte/combinée

3.1.3.1 Compactages, latéral et thermomécaniques, combinés

C'est la combinaison de deux techniques, le compactage thermomécanique et le compactage latéral, pour profiter de leurs avantages respectifs en réduisant leurs inconvénients.

Pour l'étape de compactage latéral, un maître-cône de gutta est amené en deçà de la longueur de travail selon le risque de dépassement. La première phase consiste à compacter avec un fouloir latéral le maître-cône puis à rajouter et compacter latéralement seulement 1 ou 2 cônes accessoires afin d'assurer l'obturation du tiers apical.

Après cette « sécurisation » du tiers apical, un thermocompacteur de gros diamètre est ensuite introduit le long des cônes dans la partie rectiligne du canal et mis en rotation pour réchauffer et compacter la gutta dans les 2/3 coronaires.

Cette méthode permet d'obtenir une obturation plus dense dans les deux tiers coronaires que celle obtenue avec le compactage latéral seul, tout en évitant les dépassements inhérents au thermocompactage, qui est plus délicat à contrôler sur la totalité du canal (33).

2.4 Conclusion

La gutta compactée représente la technique de choix pour réaliser une obturation tridimensionnelle.

Le concept actuel d'après Bouter, Bayet et Besnault (11) consiste en :

- Remplissage de l'intégralité du réseau canalaire aussi près que possible de la jonction cémento-dentinaire
- Association de gutta percha chaude compactée verticalement et du ciment de scellement endodontique
- Quantité minimale de ciment de scellement biocompatible.

Le choix de l'omnipraticien doit se faire sur des éléments de la littérature scientifique permettant une comparaison objective des différentes techniques d'obturation canalaire (Tableau 1) et vers une technique pouvant concilier trois priorités : efficacité, rapidité et coût (11).

Quel que soit le système d'obturation choisi, l'objectif reste identique, empêcher le passage des bactéries de la cavité orale à la partie apicale de la dent pour maintenir dans le temps les résultats de la préparation. Sa réussite dépend donc d'un nettoyage mécanique et chimique initial optimal. Le choix du système d'obturation dépend des conditions cliniques réelles (ouverture de la zone apicale, courbures).

Chaque technique présente des avantages et des inconvénients. C'est au praticien, suivant la réalité clinique, de choisir la technique la plus adaptée.

Même dans des conditions difficiles (zone apicale ouverte, canaux courbes) le compactage latéral associé au thermocompactage peut répondre à une très grande majorité des cas cliniques, avec une sécurité dans le tiers apical tout en réduisant le temps opératoire grâce à la remontée thermomécanique. Le thermocompacteur ne travaillant pas au-delà des courbures, cette technique présente un faible coût et des risques de fractures instrumentales réduits (34) (35).

COMPACTAGE	Latéral (CL)	Vertical (CV)	Thermomécanique	Lat. et thermoméc.	En "une vague"	GP sur tuteur
Ajustage MC	A distance de la L.T selon le degré d'ouverture du foramen et le risque de dépassement	A distance de la L.T selon degré d'ouverture du foramen et le risque de dépassement	A distance de la L.T selon degré d'ouverture du foramen et le risque de dépassement	A distance de la L.T selon degré d'ouverture du foramen et le risque de dépassement	A distance de la L.T selon degré d'ouverture du foramen et le risque de dépassement	Pas de M.C. Le « vérifieur » doit descendre à la longueur de travail
Fouloir	Fouloir latéral « spreader » de faible cône à L.T.	Fouloirs verticaux « plugger » de différents diamètres (4 à 5 mm de la L.T.)	Compacteur	Fouloir latéral 1/3apical + compacteur 2/3 cor	Un instrument unique « plugger » pour réchauffer et compacter	Le tuteur en plastique ou en GP rigide
Réchauffage	Non : compactage à froid	« Heat carrier » chauffé sur brûleur gaz ou « Touch n'Heat®	Effet thermomécanique par friction de l'instrument sur la gutta	A froid dans le 1/3 apical et effet thermomécanique dans les 2/3 coronaaires	Un instrument unique pour réchauffer et compacter	Four pour réchauffer la gutta sans ramollir le tuteur plastique ou le tuteur GP
Compactage MC	Le fouloir doit descendre directement dans le 1/3 apical	Phase corono-apicale « descente »	Réchauffage et compactage en 1 temps d'un seul cône en général		Un instrument unique pour réchauffer et compacter la gutta dans le 1/3 apical	
Obt.1/3 apical	Maître cône + un ou 2 cônes accessoires	Phase corono-apicale « descente »		Par CL	En un seul temps	Non séparée de celle des 2/3 coronaire
Obt. 2/3 coronaire	Poursuite compactage à froid et insertion de cônes accessoires	Phase apico-coronaire « remontée » fastidieuse sauf injection de gutta thermoplastifiée ou compactage thermomécanique	Peut nécessiter un cône supplémentaire et un compacteur de diamètre plus important	Par compactage thermomécanique	Phase apico-coronaire « remontée » fastidieuse sauf injection de gutta thermoplastifiée ou compactage thermomécanique	Non séparée de celle du 1/3 apical
Finition	Section à chaud et compactage par un « plugger » à l'entrée du canal	Compactage par un « plugger » à l'entrée du canal	Compactage par un « plugger » à l'entrée du canal	Compactage par un « plugger » à l'entrée du canal	Compactage par un « plugger » à l'entrée du canal	Section du manche de l'obturateur à chaud ou fraise Thermacut®
Avantages	Fiable Technique de référence Contrôle des dépassements		Très rapide Un seul cône en général	Contrôle du dépassement dans le 1/3 apical Rapidité dans les 2/3 coronaaires Plus rapide / CL	Simplification du CV à chaud	Très simple et très rapide Désobturation plus facile avec le tuteur GP
Inconvénients	Longue à mettre en œuvre Beaucoup de cônes Moins bonne densité dans les 2/3 cor	Nécessite un entraînement certain Difficile à appliquer en omnipratique	Difficile à maîtriser Fracture des instruments Risques de dépassement	Plus longue / compactage thermomécanique	Coût du système et des fouloirs	Coût du four Coût des instruments
Clé du succès (en dehors de la qualité de la préparation)	Ajustage du maître-cône Choix des fouloirs et des cônes accessoires	Ajustage du maître-cône Descente des instruments dans le 1/3 apical	Ajustage du maître-cône Diamètre du compacteur Entraînement	Ajustage du maître-cône Choix des fouloirs et des cônes accessoires Sens de rotation horaire du compacteur	Ajustage du maître-cône Choix du fouloir unique	Choix du vérifieur Peu de ciment

Tableau 1 : Récapitulatif des techniques de compactage. J.F. Peli, D. Oriez. U.F.R. d'Odontologie-Université Bordeaux Segalen 2013-2014

3. LE COMPACTAGE LATERAL

3.1 Technique

C'est une technique parmi les techniques les plus enseignées dans le monde. Elle sert de référence dans beaucoup d'études comparatives (36).

Elle utilise la plasticité et la malléabilité naturelle de la gutta percha à température ambiante, écrasée latéralement sans apport de chaleur par un fouloir latéral manuel (« finger-spreader ») afin de la mouler aux parois canalaires (37) (38).

3.1.2 Protocole

Une petite quantité de ciment est mise en place dans le canal avec des pointes de papier stériles ou à l'aide d'un bourre-pâte type Lentulo® ou mieux encore en enduisant le cône de ciment. Le cône principal ou maître-cône est alors enduit de ciment puis inséré à sa LT modifiée selon les risques de dépassement (Fig. 1).

Le fouloir de compactage latéral manuel, préalablement essayé et devant atteindre dans le canal vide la longueur de travail, est inséré dans le canal le long du cône jusqu'à LT-2mm. Une poussée apicale est réalisée pour plaquer le cône latéralement et l'adapter à la paroi canalaire, puis un mouvement de rotation en quart de tour alterné est réalisé afin de retirer le fouloir.

Le maître-cône ainsi compacté scelle la partie apicale du canal et le fouloir latéral ressorti laisse un espace disponible pour l'ajout de cônes de gutta-percha accessoires. Ces derniers sont scellés et compactés les uns après les autres avec le fouloir latéral de plus grand diamètre qui compacte toujours contre la même paroi en remontant vers la cavité d'accès jusqu'au remplissage complet du canal. Les cônes sont coupés à chaud au niveau de l'entrée canalaire et foulés verticalement à froid à l'aide d'un plugger (39).

Pour les cas complexes d'obturation (canaux ouverts, canaux courbes) cette technique d'obtenir avec des taux de risques d'échecs faibles, une obturation limitant les dépassements, avec une bonne étanchéité apicale.

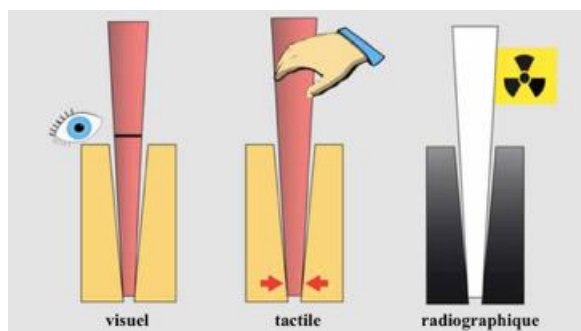


Figure 1 : Validation maître-cône

3.1.2.1 Obturation du tiers apical par compactage latéral

Le protocole est le suivant, sécher le maître-cône à l'aide d'une compresse stérile puis sécher le canal à l'aide des pointes papiers stériles adaptées à la mise en forme.

Déposer une petite quantité de ciment dans le tiers apical (pointe de papier stérile, lime stérile ou maître-cône de gutta décontaminé) et la répartir sur les parois canalaires puis réaliser un premier compactage latéral en descendant le fouloir sans pression excessive dans le tiers apical à environ LT-2mm.

Enfin retirer le fouloir avec un mouvement de rotations alternées et mettre en place le cône accessoire enduit d'une fine couche de ciment dans l'espace laissé libre par le fouloir (40) (41).

3.1.2.2 Obturation des deux tiers coronaires

Elle se fait en poursuivant le compactage latéral par apport de cônes accessoires successifs jusqu'à remplissage total du canal.

Nous savons aujourd'hui que la technique combinée permet grâce au compactage thermomécanique de réaliser, avec plus de sécurité et de rapidité une obturation plus dense des deux tiers coronaires.

L'avantage principal du compactage latéral à froid est la meilleure maîtrise des dépassements et la possibilité de revoir l'ajustage du maître-cône si un dépassement se produit lors du premier compactage.

Par contre, les techniques de compactage vertical à chaud ont des pourcentages de dépassement plus importants sans possibilité d'éliminer la gutta autrement que par voie chirurgicale en cas d'échec (21) (42) (43).

3.1.3 Reproductibilité et facteurs du succès

Le compactage latéral doit être systématisé pour obtenir des résultats fiables et constants (38).

Cela repose sur :

- Le bon choix des fouloirs (Fig. 2).
- Le bon choix des cônes (maître-cône et cônes accessoires).

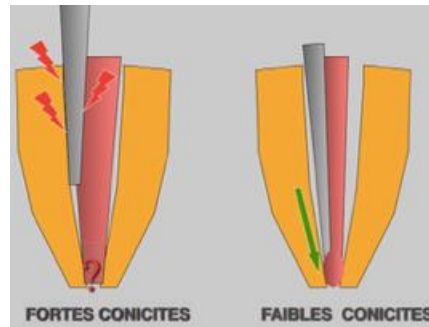


Figure 2 : Choix fouloirs compactage latéral

Le fouloir doit être essayé en premier. Sans le maître-cône, il doit aller jusqu'à la LT.

Puis avec la présence du maître-cône enduit de ciment, le premier compactage est réalisé. Le fouloir doit aller jusqu'à la LT-1 ou 2mm pour compacter efficacement l'extrémité apicale du maître-cône. Si le fouloir ne va pas jusqu'à la LT-1 ou 2mm, il faut en sélectionner un plus petit.

Pour le compactage latéral manuel, il est préférable d'utiliser des cônes de 2% qui facilitent la progression des fouloirs latéraux et optimisent le compactage de la gutta dans le tiers apical.

L'emploi de cônes à conicité plus accentuées (4%, 6%...) vont interférer avec la progression des fouloirs dans le tiers coronaire (Fig. 2).

Des fouloirs manuels de fortes conicités (supérieur à 2%) progresseront plus difficilement jusqu'au tiers apical et la portion apicale du maître-cône ne sera pas déformée à froid.

Par contre les fouloirs manuels de plus faible conicité descendent plus facilement et compactent correctement le maître-cône dans le tiers apical.

En utilisant des cônes accessoires également en 2%, donc morphologiquement compatibles avec les fouloirs en 2% et d'une taille immédiatement inférieure au fouloir sélectionné nous obtenons un remplissage dense dans le 1/3 apical (44) (45) (37).

3.2 Conclusion

Le compactage thermomécanique de Mac Spadden est très rapide et très efficace (31) (10). Cette technique serait adaptée à la pratique quotidienne si sa maîtrise n'était pas délicate par les risques de fractures instrumentales et par dépassements du matériau d'obturation dans le péri-apex (46).

Ces difficultés ont fait évoluer le remplissage canalair vers la notion de technique combinée (ou hybride). Cette technique consiste en l'association du compactage latéral à froid dans le tiers apical et du compactage thermomécanique dans les deux tiers coronaires.

Elle permet d'obtenir une obturation efficace du tiers apical des canaux courbes en limitant les dépassements de gutta-percha dans les canaux à forams ouverts (8) en réduisant les risques de fractures de compacteur.

Le choix du fouloir latéral est primordial. Il doit descendre à vide jusqu'à la longueur de travail et pouvoir progresser, pour être efficace après scellement du maître-cône, à 2 voire 1mm de la longueur de travail.

Les fouloirs utilisés pour le compactage latéral sont le plus souvent en acier et fréquemment accusés de générer des fractures radiculaires. Une utilisation de fouloirs en Ni-Ti et en rotation continue devrait permettre de réduire ces contraintes et donc les risques.

Un fouloir mécanisé appliqué au compactage latéral doit donc répondre aux impératifs du compactage latéral à froid, c'est-à-dire descendre à vide à la LT, avec une conicité faible, et un diamètre équivalent au diamètre apical du dernier instrument de préparation tout en réduisant les risques liés à l'utilisation d'un fouloir en acier dans le tiers apical.

Il est donc primordial de choisir le bon instrument en fonction de la préparation ainsi que d'avoir un protocole précis pour l'utilisation de celui-ci.

Avant d'envisager l'application clinique, il est donc nécessaire de bien définir les caractéristiques idéales de l'instrument (diamètre, conicité, vitesse...) et d'en préciser « in vitro » le protocole d'utilisation.

4. PARTIE EXPERIMENTALE

L'objectif de cette partie expérimentale était de définir, en diamètre et conicité, un maximum de 2 fouloirs permettant d'optimiser l'efficacité du remplissage canalaire par compactage latéral dans le tiers apical puis d'ébaucher un protocole d'utilisation.

4.1 Matériel et Méthode

L'instrument que nous avons testé est un fouloir mécanisé appliqué au compactage latéral. Il est en nickel-titane, avec les propriétés inhérentes à ce matériau. L'instrumentation en nickel-titane caractérisée par une grande flexibilité due à la super élasticité peut franchir les courbures en se déformant élastiquement.

Les instruments sont fabriqués avec ou sans traitement thermique, en diamètre 20/100 à 50/100 de mm et une conicité de 2 ou 4 %.

Ils présentent une pointe angulée à 90°. Chaque diamètre est associé à une bague de couleur d'identification et chaque conicité à un stop d'une couleur différente (Fig. 3-4-5).

Les instruments que nous avons testés (Tableau 2) étaient ceux avec traitement thermique nommés : T-WIRE.

Les instruments ont été nommés par leur diamètres en centième de millimètres puis leur conicité en % comme suit : « 20/2% » correspondant au prototype de diamètre 20/100 de mm et ayant une conicité de 2%.

Les photos ont été réalisées lors de la partie expérimentale sous microscope par Aymeric JOUBERT DU CELLIER (AJDC).

Tableau 2 : Fouloirs prototypes testés

Diamètre	20/100	25/100	30/100	40/100	50/100
Conicité	2%	2%	2%	2%	2%
Diamètre	20/100	25/100	30/100	40/100	50/100
Conicité	4%	4%	4%	4%	4%



Figure 3 : vue générale du prototype. 50/2%



Figure 4 : Manche de l'instrument 50/2%



Figure 5 : Partie active de l'instrument 50/2%

4.1.2 Préparation des simulateurs

Les prototypes ont été testés sur 3 types de simulateurs :

Type 1 (sim1) : bloc résine (Dentsply-Sirona) canal droit préparé par la séquence 2shape®(MicroMéga) en 25/100, 6%, LT 16mm (Fig. 6).

Type 2 (sim2) : bloc résine (Dentsply-Sirona) canal courbe préparé par la séquence 2shape®(MicroMéga) en 25/100, 6%, LT 17mm (Fig. 7).

Type 3 (sim3) : bloc résine Morita® canal droit déjà préparés diamètre 25/100 et 8% LT : 18mm (Fig. 8).



Figure 6 : Simulateur type 1



Figure 7 : Simulateur type 2



Figure 8 : Simulateur type 3

Les simulateurs de type 1 et 2 ont été préparés comme suit :

- Vérification de la perméabilité apicale à l'aide d'une lime de cathétérisme 08.
- Détermination et validation de la longueur de travail avec une lime de cathétérisme MMc (Micro-Mega) de 15mm par contrôle visuel direct.
- Irrigation avec de l'eau dans une seringue à aiguille non biseautée insérée à LT-4mm. (47-49)
- Ouverture des canaux à l'aide du One flare®, conicité de 9%, dans le tiers coronaire.
- Irrigation abondante.
- Cathétérisme à l'aide du One G®, conicité à 3% jusqu'à la longueur de travail.
- Irrigation.
- Vérification de la perméabilité apicale avec une lime de cathétérisme MMc 08.
- Préparation instrument TS1® (Micro-Mega) diamètre 25/100, 4% jusqu'à la LT, selon les mêmes principes, descentes en plusieurs vagues sans contrainte.
- Irrigation abondante.
- Vérification de la perméabilité apicale avec une lime MMc 08.
- Préparation à l'aide de TS2® (Micro-Mega) diamètre 25/100, 6% jusqu'à la LT, selon les mêmes principes, descente en plusieurs vagues sans contrainte.
- Irrigation abondante.
- Vérification de la perméabilité apicale avec une lime de cathétérisme MMc 08.

4.1.3 Ajustage des maître-cônes (MC)

4.1.3.1 Choix des cônes

Des cônes **non standardisés ou non calibrés** ayant des profils plus coniques (4 à 6 % ou plus) ont été utilisés. Ces cônes de gutta percha étaient adaptés aux préparations canalaires réalisés avec les systèmes de rotation continue.

Les cônes testés étaient les suivants :

- MM-GP Points n°25/2% (Micro-Mega) (Tableau 3).
- GP Points n°25/4% (Dentsply-Sirona) (Tableau 4).
- MM-GP Points n°25/6% (Micro-Mega) (Tableau 5).

4.1.3.2 Techniques d'ajustage

L'ajustage du MC a été réalisé en présence de l'irrigant avant séchage du canal

Deux critères ont été successivement et systématiquement contrôlés :

Critère visuel : le choix du cône était fonction de la conicité et du diamètre du dernier instrument de la préparation.

Critère tactile : Il devait y avoir une sensation de résistance au retrait lors de la désinsertion du cône (38).

<i>sim</i>	<i>LT</i>	<i>Cône</i> 25/2%	<i>Différence</i>
<i>1</i>	16	16	0
<i>2</i>	17	17	0
<i>3</i>	18	18	0

Tableau 3 : Insertions maître-cônes 25/2%

<i>sim</i>	<i>LT</i>	<i>Cône</i> 25/4%	<i>Différence</i>
<i>1</i>	16	15,5	-0,5
<i>2</i>	17	16,5	-0,5
<i>3</i>	18	17,5	-0,5

Tableau 4 : Insertions maître-cônes 25/4%

<i>sim</i>	<i>LT</i>	<i>Cône</i> 25/6%	<i>Différence</i>
<i>1</i>	16	15	-1
<i>2</i>	17	16	-1
<i>3</i>	18	17	-1

Tableau 5 : Insertions maître-cône 25/6%

4.1.4 Vitesses de rotation de l'instrument

En l'absence de rotation du fouloir latéral, la progression de l'instrument le long du maître-cône pour compacter le tiers apical nécessite une pression verticale toujours plus importante.

L'utilisation du fouloir en rotation devait permettre de faciliter la progression en plastifiant légèrement la gutta.

Différentes vitesses de rotation des fouloirs ont été testées : 250 tours/min, 500 tours/min et 800 tours/min avec un torque de 2 N/Cm choisit arbitrairement.

A 250 tours/min, la pression à exercer sur l'instrument était encore importante, elle ne permettait pas un contrôle idéal de la progression de l'instrument.

A 500 tours/min, la pression était modérée.

A 800 tours/min, la pression à exercer était plus faible car le ramollissement de la gutta percha était plus important.

4.1.4 Profondeur de pénétration des fouloirs

L'objectif prioritaire du compactage latéral était de déformer à froid la partie la plus apicale maître-cône. La progression du fouloir maître-cône en place et la vérification de cette progression était donc primordiale. Lors du 1^{er} compactage, le fouloir devait progresser jusqu'à LT-1 ou 2mm (Fig. 9-10-11-12). Si la pénétration du fouloir était insuffisante, la partie apicale n'était pas compactée ce qui équivalait à une technique cône unique et ciment.

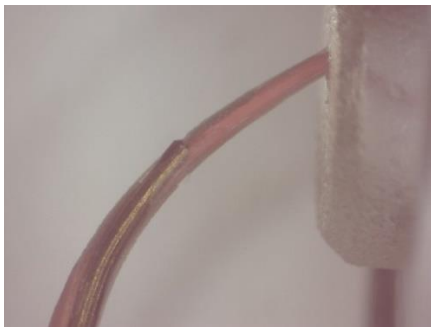


Figure 9 : Instrument 30/4% Sim1

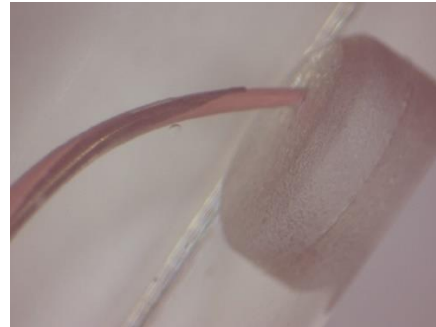


Figure 10 : Instrument 25/2% Sim1



Figure 11 : Compactage à 7mm de la zone apicale
Instrument 40/2%



Figure 12 : Compactage à 2mm de la zone apicale
Instrument 25/2%

4.2 RESULTATS

4.2.1 Fouloirs sans rotation sans MC

Fouloirs 2%	LT	20	≠	25	≠	30	≠	40	≠	50	≠
sim1	16	16	0	16	0	16	0	15	-1	12	-4
sim2	17	17	0	17	0	16	-1	13	-4	11	-6
sim3	18	18	0	18	0	18	0	17	-1	15	-3

Tableau 6 : Différence de profondeur de pénétration des Fouloirs en 2% sans MC

Fouloirs 4%	LT	20	≠	25	≠	30	≠	40	≠	50	≠
sim1	16	16	0	16	0	15,0	-1,0	14	-2	11,5	-5
sim2	17	17	0	17	0	15,5	-1,5	13	-4	11	-6
sim3	18	18	0	18	0	18,0	0,0	16,5	-2	14,5	-4

Tableau 7 : Différence de profondeur de pénétration des fouloirs en 4% sans MC

Surlignés en jaune, les résultats atteignant la LT à vide et sans rotation

Les fouloirs 20/2%, 25/2%, 20/4%, 25/4% ont atteint la LT sur les 3 types de simulateurs (Tableaux 6-7).

Les fouloirs 30/2% et 30/4% ont toujours progressé dans les 2 derniers mm apicaux.

Le fouloir de 40/2% atteint LT-1 (sim1 et sim3 droits). Il atteint LT-4 sur sim2 (courbe).

Le fouloir 40/4% atteint LT-2 sur les canaux droits, sim1 et sim3. Il atteint LT-4 sur sim2.

Les prototypes de 50/2% et 50/4% n'ont jamais atteint les 3 derniers mm apicaux.

4.2.1 Essais avec gutta percha 4%

4.2.1.1 Insertion des fouloirs sans rotation

Fouloirs 2%	LT	20	≠	25	≠	30	≠
sim1	16	12	-4	9	-7	8	-8
sim2	17	12	-5	11	-6	10	-7
sim3	18	17	-1	13	-5	12	-6

Tableau 8 : Profondeur de pénétration des instruments en 2% sans rotation avec un maître-cône de 4%

Fouloirs 4%	LT	20	≠	25	≠	30	≠
sim1	16	10	-6	9	-7	8	-8,0
sim2	17	11	-6	11	-6	10	-7,0
sim3	18	13	-5	13	-5	12	-6,0

Tableau 9 : Profondeur de pénétration des instruments en 4% sans rotation avec un maître-cône de 4%

En jaune le fouloir 20/2% atteignant LT-1mm.

Maître-cône en place, le fouloir 20/2% atteint LT-1mm sur sim3. Il s'est situé à LT-4 sur sim1 et LT-5 sur sim2 (Tableaux 8-9).

Les fouloirs 20/2%, 25/2%, 25/4%, 30/2%, 30/4% n'ont pas progressé au-delà de LT-5mm.

Les résultats de cette insertion n'ont conduit à aucune élimination de fouloirs.

4.2.1.2 Insertion des fouloirs avec une rotation de 600 Tours/min

Fouloirs 2%	<i>LT</i>	20	≠	25	≠	30	≠
sim1	16	15	-1	15	-1	14	-2
sim2	17	16	-1	16	-1	15	-2
sim3	18	17	-1	17	-1	16	-2

Tableau 10 : Fouloirs 2% en rotation à 600T/min avec un maître-cône de 4%

Fouloirs 4%	<i>LT</i>	20	≠	25	≠	30	≠
sim1	16	15	-1	15	-1	13,5	-2,5
sim2	17	15	-2	14	-3	13,5	-3,5
sim3	18	17	-1	17	-1	15,5	-2,5

Tableau 11 : Fouloirs 4% en rotation à 600T/min avec un maître-cône de 4%

En jaune, les résultats atteignant 1mm de la *LT* en rotation (Tableaux 10-11).

En vert, les fouloirs progressant en rotation dans les 2mm apicaux.

En rotation (600 t/mn) les fouloirs 20/2% et 25/2% ont atteint *LT*-1mm.

Le fouloir 30/2% a atteint *LT*-2mm.

Le fouloir 20/4% a atteint *LT*-1mm sur sim1 et sim3 et *LT*-2mm sur Sim2 (courbe).

Le fouloir 25/4% a atteint *LT*-1mm sur sim1 et sim3 et *LT*-3mm sur sim2 (courbe).

Le fouloir 30/4% n'a jamais atteint *LT*-2mm.

4.3 Discussion

Cette expérimentation avait pour but de définir, en diamètre et conicité, un maximum de 2 fouloirs permettant d'optimiser l'efficacité du remplissage canalaire par compactage latéral dans le tiers apical puis d'ébaucher un protocole d'utilisation.

L'utilisation des fouloirs mécanisés en Ni-Ti se fait selon les mêmes critères que ceux de l'obturation latérale à froid conventionnelle.

L'apport de la rotation continue et de l'instrumentation en Ni-Ti pourrait amener des avantages inhérents à ces matériaux et techniques : un risque réduit de micro-fractures radiculaires par des pressions exercées moins importantes (36) et une manipulation plus facile dans les canaux courbes (50).

L'apport du Ni-Ti n'a pas encore été réellement évalué si ce n'est de façon subjective par le confort d'utilisation (51–53).

Les instruments traités thermiquement voient une augmentation de leur résistance à la fracture de 40% avec d'un gain de flexibilité (54). Ces résultats correspondant aux instruments de préparation canalaire et non pas aux instruments de compactage, des études sur l'utilisation du Ni-Ti associé au compactage doivent être réalisées afin d'évaluer l'impact.

Dans une préparation canalaire de 25/6% les maître-cônes de 25/6% sont trop coniques pour l'utilisation en compactage latéral. La mise en place d'un cône calibré et parfaitement adapté à la préparation entraîne l'impossibilité de descendre le fouloir à LT-2 sans réchauffer la gutta percha.

Pour un compactage du tiers apical avec la technique de compactage latéral à froid, le fouloir doit progresser dans le tiers apical ce qui est impossible en raison de frictions trop élevées avec les cônes de 6% dans les deux tiers coronaires.

A l'inverse, les cônes en 25/2%, standardisés, qui progressent à la LT, ne sont pas ajustés avec une sensation de résistance de retrait à 0,5 de la LT et seraient cliniquement non adaptés aux risques de dépassements.

Le choix se porte donc sur l'utilisation des maître-cônes 25/4%, seuls compatibles avec la technique de compactage latéral à froid dans les conditions de l'expérimentation.

10 fouloirs avec traitement thermique « T-Wire » ont été testés, de diamètre 20/100 à 50/100, une conicité de 2 ou 4 % et une pointe angulée à 90° non travaillante sur différents types de simulateurs en résine transparente de canaux : droits ou courbes (sim1, sim2, sim3).

Pour les essais sur simulateurs, une vitesse de rotation moyenne de 600 tours/min a été utilisée. La technique de compactage latéral étant une technique à froid. En limitant la phase de plastification de la gutta percha par une rotation lente, il est possible d'insérer plus facilement le fouloir dans le tiers apical en restant dans le principe du compactage latéral à froid.

Concernant la profondeur de pénétration des fouloirs lors du compactage, il a été démontré que le fouloir latéral inséré à LT-2mm ou LT-3mm maître-cône en place n'était pas une condition optimale et se traduisait par une obturation significativement moins dense dans le tiers apical par rapport aux techniques ultrasoniques ou par injection de gutta chaude (55).

Une étude comparant l'obturation par compactage latéral à froid et le système Obtura II ® ne précise pas la profondeur de pénétration fouloir avec maître-cône en place (42).

Une méta analyse déterminant les conditions optimales d'obturation par compactage latéral indique que le fouloir doit être inséré à LT-1mm maître-cône en place (56).

Dans l'ensemble les auteurs confirment que l'insertion du fouloir doit pouvoir progresser dans les 1-2mm apicaux (7).

Tous ces résultats ont orienté nos choix de sélection de fouloirs qui, dans les conditions de l'expérimentation, pouvaient atteindre sans le maître-cône la LT et pénétrer jusqu'à 1mm de la LT maître-cône en place. Seuls les fouloirs progressant dans les 2 derniers mm apicaux sans maître-cône pourront compacter efficacement la gutta percha lors des essais avec le cône (57).

En conséquence seuls les fouloirs progressant sans maître-cône dans les 2 derniers mm apicaux ont été conservés pour la suite de l'étude. Ce sont donc les fouloirs 20/2%, 20/4%, 25/2%, 25/4%, 30/2% et 30/4% (Fig. 13).

Les fouloirs 40/2%, 40/4%, 50/2% et 50/4% sont éliminés (Fig. 14).

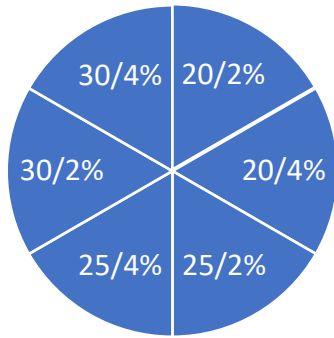


Figure 13 : Foudloirs conservés

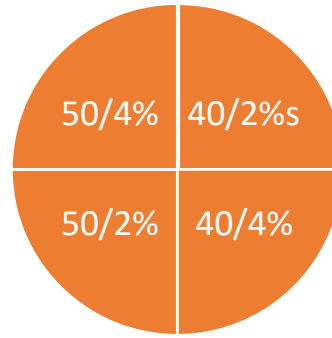


Figure 14 : Foudloirs éliminés

L'insertion sans rotation des foudloirs avec un maître-cône de 4% en place a montré que seul l'instrument 20/2% progresse à 1mm de la LT sur sim3 (canal droit avec la plus forte conicité 8%). Ceci a démontré l'intérêt de la rotation et de la plastification de la gutta percha lors de l'insertion des prototypes.

L'insertion des foudloirs mécanisés en rotation continue avec un maître-cône de 4% en place a permis d'améliorer les résultats.

Le choix du diamètre du foudloir doit être adapté au diamètre de la préparation.

Si nous choisissons comme paramètre la possibilité d'insérer le foudloir à LT-1mm lors du compactage maître-cône en place, seuls les foudloirs en 20/2% et 25/2% répondent à ce critère.

Dans le canal courbe (sim2), les foudloirs 20/4% et 25/4% progressent respectivement à 2mm et 3mm de la LT, ce qui n'est pas acceptable.

Ils pourraient cependant être utilisés sur un canal droit puisqu'ils progressent à LT-1mm.

Le but de l'étude étant de définir en diamètre et conicité un choix maximum de 2 instruments pouvant cliniquement obturer les canaux courbes et les canaux droits ;

Les foudloirs atteignant LT-1 sur au moins un type de simulateur sont conservés : 20/2%, 20/4%, 25/2% et 25/4% (Fig. 15).

Les foudloirs 30/2% et 30/4% sont éliminés (Fig. 16).

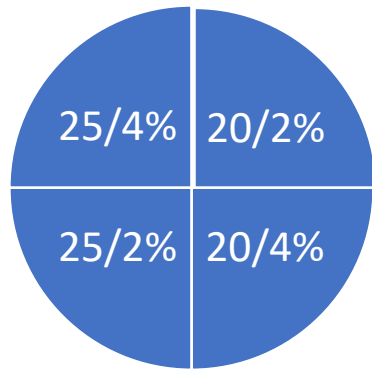


Figure 15 : Fouloirs conservés

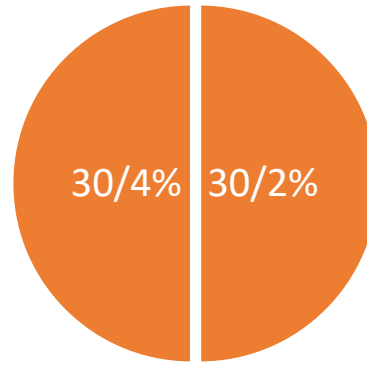


Figure 16 : Fouloirs éliminés

L'utilisation de fouloirs à conicité accentuée (4%) induit lors du remplissage canalaire des interférences plus importantes entre les cônes et les fouloirs dans la partie coronaire du canal. Ces interférences sont préjudiciables à la bonne progression du fouloir dans le tiers apical et donc à la qualité du compactage dans cette zone. L'utilisation de fouloirs à conicité réduite (2%) est donc souvent préférable (58).

Cependant le choix de la conicité du fouloir peut se faire en fonction du canal : droits ou courbes (45). En effet la courbure entraîne une résistance accrue à l'insertion des instruments par frottements. De façon plus accentuée, il en est de même avec les fouloirs en 4%.

Cependant ces fouloirs en 4% répondent aux critères de sélections en progressant à LT-1mm sur les canaux droits. Ils peuvent donc compacter efficacement la gutta percha dans le tiers apical sur les canaux droits uniquement.

L'utilisation lors du compactage latéral à froid de la gutta percha semble être un facteur important sur les fêlures apicales des racines. L'utilisation d'un fouloir de plus petite taille pendant le compactage latéral à froid peut réduire les risques de fêlures (60).

Cependant les fouloirs ayant un diamètre inférieur à 25/100 ne compactent pas suffisamment la gutta dans le tiers apical et ne permettent pas l'utilisation de cônes accessoires adaptés.

Ils doivent donc être exclus (Fig. 18) (44).

Les deux fouloirs restants 25/2% et 25/4% seraient donc les fouloirs de choix (Fig. 17).

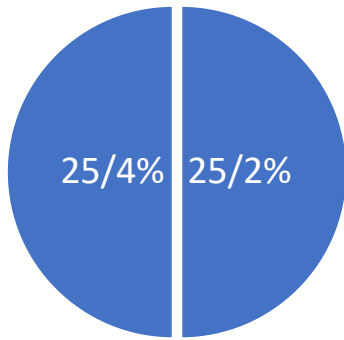


Figure 17 : Fouloirs conservés

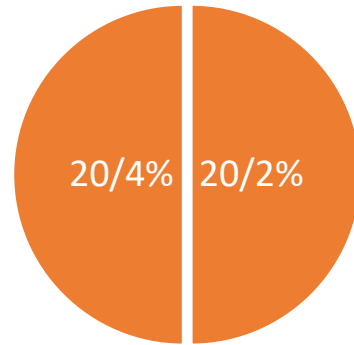
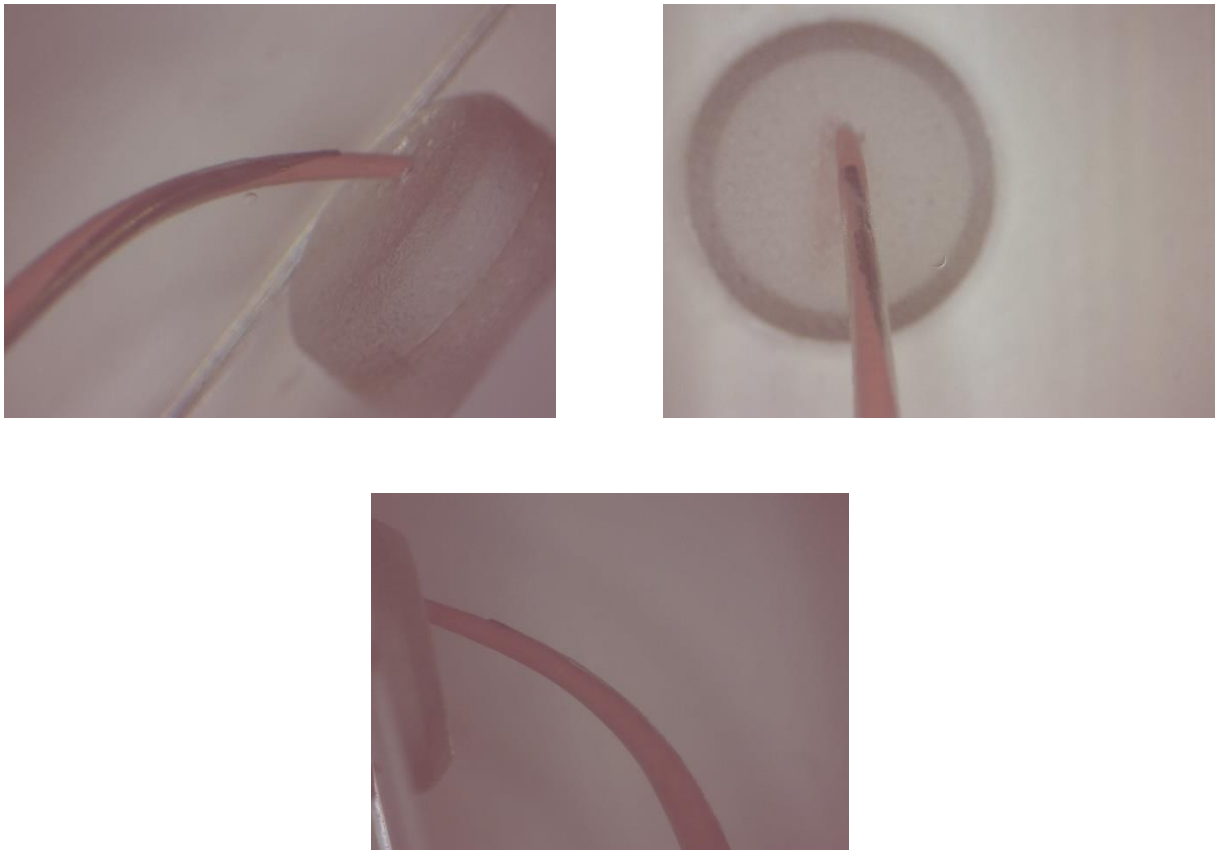


Figure 18 : Fouloirs éliminés

Le fouloir mécanisé 25/2% correspond aux prérequis de l'obturation en compactage latéral mécanisé pour une préparation en 25/100 avec une conicité de 6 ou 8% et en utilisant un maître-cône de 4% dans un canal droit ou courbe. Il est suffisamment étroit pour progresser dans le canal et compacter l'extrémité apicale du maître-cône et suffisamment souple pour franchir les courbures (Fig. 19).

Le fouloir mécanisé 25/4% correspond aux prérequis de l'obturation en compactage latéral mécanisé pour une préparation en 25/100 avec une conicité de 6 ou 8% et en utilisant un maître-cône de 4% dans un canal droit uniquement. Il est trop rigide pour passer les courbures (Fig. 20).

Cependant quand différents fouloirs sont utilisables pour le compactage latéral selon les critères expérimentaux, il faut choisir le plus gros diamètre avec la plus faible conicité (59). Le Fouloir de choix serait donc le **fouloir mécanisé 25/2%**. Les impératifs de la thèse étant de choisir deux fouloirs, le fouloir mécanisé en 25/4% apparaît comme le seul autre respectant le protocole de base du compactage latéral.



*Figure 19 : Vue de côté et postérieure du compactage en cours. Maître-cône 25/4%
Instrument 25/2%*

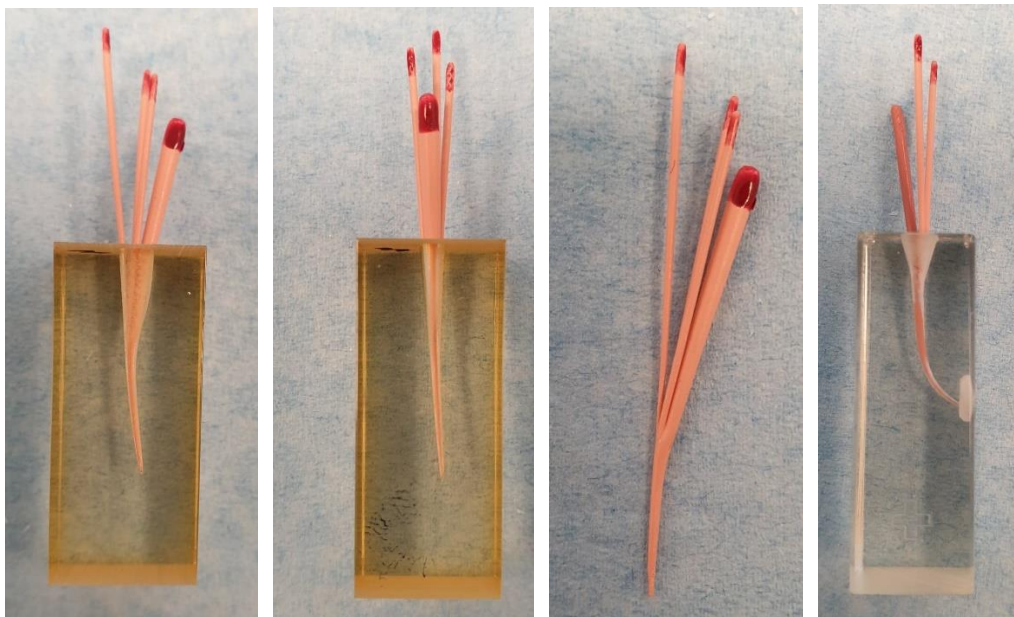


Figure 20 : Essais d'obturation par compactage latéral en rotation continue sur simulateur

4.4 Conclusion

L'objectif de cette expérimentation est de définir, en diamètre et conicité, un maximum de 2 fouloirs permettant d'optimiser l'efficacité du remplissage canalaire par compactage latéral dans le 1/3 apical puis d'ébaucher un protocole d'utilisation.

Pour cela 10 fouloirs latéraux ont été testés sur 3 types de simulateurs de canaux préparés 25/6% droit et courbe et 25/8% droit. En premier lieu l'insertion sans maître-cône des fouloirs latéraux, détermine les fouloirs progressant à la LT. Puis insertion avec un maître-cône en place avec ou sans rotation continue.

Les fouloirs 20/2%, 25/2%, 20/4%, 25/4%, canal vide, atteignent la LT. Cependant leur insertion avec un cône de gutta percha montre que la progression des instruments en 4% ne se fait pas correctement sur les canaux courbes. Les instruments en 20/2% et 20/4% ont un diamètre trop faible pour compacter efficacement la gutta percha dans le tiers apical.

Le fouloir mécanisé 25/100 en 2% correspond aux prérequis de l'obturation en compactage latéral mécanisé pour une préparation en 25/100 avec une conicité de 6 ou 8% et en utilisant un maître-cône de 4% dans un canal droit ou courbe. Il est suffisamment étroit pour progresser dans le canal et compacter l'extrémité apicale du maître-cône et suffisamment souple pour franchir les courbures (Fig. 19).

Le fouloir mécanisé 25/4% correspond aux prérequis de l'obturation en compactage latéral mécanisé pour une préparation en 25/100 avec une conicité de 6 ou 8% et en utilisant un maître-cône de 4% dans un canal droit uniquement. Il est trop rigide pour passer les courbures (Fig. 20).

5. CONCLUSION

Les défauts d'obturation endodontique sont largement considérés comme un facteur important dans l'induction ou l'entretien des infections apicales. Néanmoins, il convient de garder à l'esprit que c'est l'entité mise en forme et le nettoyage (« shaping and cleaning » selon H.Schilder) qui sont les principaux facteurs de succès endodontique.

Il existe différentes méthodes d'obturation canalaire plus ou moins susceptibles de limiter les risques des dépassements (6). Les techniques d'obturation actuellement recommandées se fondent sur le compactage, à froid ou à chaud, de la gutta-percha associée à un film de ciment de scellement canalaire pour assurer l'étanchéité.

Chaque technique présente des avantages et des inconvénients, c'est au praticien, suivant le cas clinique de choisir la technique la plus adaptée.

La technique combinée ou mixte est une technique associant compactage latéral à froid et compactage thermomécanique. Elle permet de fouler la gutta-percha et de créer un bouchon apical à la longueur de travail avec plus de sécurité grâce au compactage latéral.

La qualité du remplissage dans le tiers apical par compactage latéral doit donc être notre priorité. Il passe par le bon choix du fouloir latéral (diamètre et en conicité) et une utilisation bien contrôlée (profondeur de pénétration) qui peut être optimisée par une mécanisation en rotation continue.

Ce travail a permis de définir les instruments correspondant le mieux aux impératifs des préparations canalaires en 25/6%, 25/8% sur canaux droits et courbes qui sont des préparations courantes. Dans les conditions de cette expérimentation, **le fouloir en 25/2%** utilisé à une vitesse de 600 tours/min, peut être inséré à LT-1 avec un maître-cône de 4%. Retenu dans la sélection, il sera efficace pour le compactage de la gutta percha dans le tiers apical pour tout type de canaux.

Le second **fouloir 25/4%** obtient des résultats identiques, insertion à LT-1mm uniquement dans les canaux droits. Il peut donc être retenu pour une obturation efficace du tiers apical des canaux droits.

Cette étude a donc permis de faire un choix limité de 2 fouloirs latéraux qui pourraient répondre en clinique à une majorité de cas cliniques de canaux droits ou courbes et surtout en respectant le protocole de base du compactage latéral.

Il faudra vérifier que ce choix limité soit néanmoins suffisant, en testant les fouloirs sur des préparations de diamètres et conicités variables.

D'autres études devront évaluer, avant l'utilisation clinique, les risques liés à l'utilisation des fouloirs mécanisés en rotation continue que ce soit pour l'instrument lui-même : fatigue cyclique, risques de fracture ... ou pour la dent : fêlures, fractures, dépassements...

6. INDEX DES TABLEAUX ET DES ILLUSTRATIONS

Tableau 1 : Récapitulatif des techniques de compactage. J.F. Peli, D.Oriez. U.F.R. d'Odontologie-Université Bordeaux Segalen 2013-2014

Tableau 2 : Fouloirs prototypes testés

Tableau 3 : Insertions maître-cônes 25/2%

Tableau 4 : Insertions maître-cônes 25/4%

Tableau 5 : Insertions maître-cône 25/6%

Tableau 6 : Différence de profondeur de pénétration des Fouloirs en 2% sans MC

Tableau 7 : Différence de profondeur de pénétration des fouloirs en 4% sans MC

Tableau 8 : Profondeur de pénétration des instruments en 2% sans rotation avec un maître cône de 4%

Tableau 9 : Profondeur de pénétration des instruments en 4% sans rotation avec un maître cône de 4%

Tableau 10 : Fouloirs 2% en rotation à 600T/min avec un maître cône de 4%

Tableau 11 : Fouloirs 4% en rotation à 600T/min avec un maître cône de 4%

Figure 1 : Validation maître cône

Figure 2 : Choix fouloirs compactage latéral. JFP

Figure 3 : Vue générale du prototype. 50/100 2%

Figure 4 : Manche de l'instrument 50/100 2%

Figure 5 : Partie active de l'instrument 50 /100 2%

Figure 6 : Simulateur type 1

Figure 7 : Simulateur type 2

Figure 8 : Simulateur type 3

Figure 9 : Instrument 30/100 à 4% sim1

Figure 10 : Instrument 25/100 à 2% sim1

Figure 11 : Compactage à 7mm de l'apex Instrument 40/100 2%

Figure 12 : Compactage à 2mm de l'apex Instrument 25/100 2%

Figure 13 : Fouloirs conservés

Figure 14 : Fouloirs éliminés

Figure 15 : Fouloirs conservés

Figure 16 : Fouloirs éliminés

Figure 17 : Foulours conservés

Figure 18 : Foulours éliminés

Figure 19 : Vue de côté et postérieure du compactage en cours. Cône 4%, Instrument 25/100
2%

Figure 20 : Essais d'obturation par compactage latéral en rotation continue sur simulateur

7. BIBLIOGRAPHIE

1. Haute Autorité de Santé - Traitement endodontique https://www.has-sante.fr/portail/jcms/c_736791/fr/traitement-endodontique
2. Schilder H. Filling Root Canals in Three Dimensions. *Journal of Endodontics*. avr 2006;32(4):281-90.
3. Shuping GB, Orstavik D, Sigurdsson A, Trope M. Reduction of intracanal bacteria using nickel-titanium rotary instrumentation and various medications. *J Endod*. déc 2000;26(12):751-5.
4. Card SJ, Sigurdsson A, Orstavik D, Trope M. The effectiveness of increased apical enlargement in reducing intracanal bacteria. *J Endod*. nov 2002;28(11):779-83.
5. Sjögren U, Figdor D, Persson S, Sundqvist G. Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. *Int Endod J*. sept 1997;30(5):297-306.
6. PELI JF, Oriez D. Obturation canalaire: précision et rigueur pour éviter les échecs. *Inf Dent*. 2010 juin;(22):77-84. 2010;
7. Jou Y-T, Karabucak B, Levin J, Liu D. Endodontic working width: current concepts and techniques. *Dent Clin North Am*. janv 2004;48(1):323-35.
8. Vincent M. Obturation canalaire en endodontie: techniques actuelles hal-01738943. 2011.
9. Guigand M, Glez D, Sibayan E, Cathelineau G, Vulcain J-M. Comparative study of two canal obturation techniques by image analysis and EDS microanalysis. *Br Dent J*. 11 juin 2005;198(11):707-11, discussion 695.
10. Goldberg F, Artaza LP, De Silvio A. Effectiveness of different obturation techniques in the filling of simulated lateral canals. *J Endod*. mai 2001;27(5):362-4.
11. L'obturation canalaire. Moyens et méthodes. Avantages et inconvénients. DENTISFUTURIS. <https://www.dentisfuturis.com/lobturation-canalaire-moyens-et-mthodes-avantages-et-inconvnients/>
12. Coogan MM, Creaven PJ. Antibacterial properties of eight dental cements. *Int Endod J*. nov 1993;26(6):355-61.
13. F. Jordana, PH. Choussat, J. Colat-Parros. Les ciments de scellement canalaire. Société francophone de Biomatériaux Dentaires. 2010 2009;10.
14. Saleh IM, Ruyter IE, Haapasalo M, Ørstavik D. Survival of *Enterococcus faecalis* in infected dentinal tubules after root canal filling with different root canal sealers in vitro. *Int Endod J*. mars 2004;37(3):193-8.
15. Schweikl H, Schmalz G, Federlin M. Mutagenicity of the root canal sealer AHPlus in the Ames test. *Clin Oral Investig*. sept 1998;2(3):125-9.

16. Khongkhunthian P, Reichart PA. Aspergillosis of the maxillary sinus as a complication of overfilling root canal material into the sinus: report of two cases. *J Endod.* juill 2001;27(7):476-8.
17. Candeiro G, e Miranda, Fabrícia, Campelo, Correia, Giulio Gavini, et al. Evaluation of Radiopacity, pH, Release of Calcium Ions, and Flow of a Bioceramic Root Canal Sealer. 842–45. *Journal of Endodontics.* 38^e éd. juin 2012;
18. Loushine, Bethany A, Thomas E. Setting Properties and Cytotoxicity Evaluation of a Premixed Bioceramic Root Canal Sealer. *Journal of Endodontics*37. mai 2011;
19. Zhang, HUI, YA Shen, N. Dorin Ruse, Stephen W. Looney. Antibacterial Activity of Endodontic Sealers by Modified Direct Contact Test against *Enterococcus Faecalis*. *Journal of Endodontics.* juill 2009;(7).
20. Rossetto DB, Fernandes SL, Cavenago BC, Duarte MAH, Ordinola-Zapata R, Andrade FB de, et al. Influence of the Method in Root Canal Filling Using Active Lateral Compaction Techniques. *Brazilian Dental Journal.* 2014;25(4):295-301.
21. Rossetto DB, Fernandes SL, Cavenago BC, Duarte MAH, Ordinola-Zapata R, de Andrade FB. Influence of the method in root canal filling using active lateral compaction techniques. *Braz Dent J.* 2014;25(4):295-301.
22. Bailey GC, Cunnington SA, Ng Y-L, Gulabivala K, Setchell DJ. Ultrasonic condensation of gutta-percha: the effect of power setting and activation time on temperature rise at the root surface - an in vitro study. *International Endodontic Journal.* juill 2004;37(7):447-54.
23. Langford A, Cunningham PJ. An evaluation of Schilder's endodontic technique. *Aust Dent J.* oct 1972;17(5):353-4.
24. Aqrabawi JA. Outcome of endodontic treatment of teeth filled using lateral condensation versus vertical compaction (Schilder's technique). *J Contemp Dent Pract.* 15 févr 2006;7(1):17-24.
25. Silver GK, Love RM, Purton DG. Comparison of two vertical condensation obturation techniques: Touch 'n Heat modified and System B. *Int Endod J.* août 1999;32(4):287-95.
26. Vincent M. Obturation canalaire en endodontie: techniques actuelles. :150.
27. Saunders 1990. In vivo findings associated with heat generation during thermomechanical compaction of gutta-percha. 2. Histological response to temperature elevat... - PubMed - NCBI <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2098344>
28. Denizart V. Dépassements de matériaux d'obturation canalaire dans le sinus maxillaire: étiologies, diagnostic, conséquences et traitements. :191.
29. McCullagh JJ, Biagioni PA, Lamey PJ, Hussey DL. Thermographic assessment of root canal obturation using thermomechanical compaction. *Int Endod J.* mai 1997;30(3):191-5.
30. Liu R, Hou BX, Wesselink PR, Wu M-K, Shemesh H. The incidence of root microcracks caused by 3 different single-file systems versus the ProTaper system. *J Endod.* août 2013;39(8):1054-6.

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.* févr 2012;16(1):225-30.
32. Pertot WJ. how to use thermafil succesfully. *Endodontic Practice* 2000 ; 3 ; 20-29.
33. Peli JF ; De Jaureguiberry. Compactages latéral et thermomécanique combinés : intérêt clinique. *Rev Franc Endodontie* 1988 ; 7 : 9-27.
34. Peli JF, de Jaureguiberry M, de Jaureguiberry I. [A more efficient lateral condensation]. *Rev Fr Endod.* juin 1990;9(2):41-51.
35. Haïkel Y, Serfaty R, Bateman G, Senger B, Allemann C. Dynamic and cyclic fatigue of engine-driven rotary nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod.* juin 1999;25(6):434-40.
36. Al-Hadlaq SM, Al-Jamhan A, Alsaeed T. Comparison of the single cone and cold lateral compaction techniques in sealing 0.04 taper root canal preparations. *Gen Dent.* oct 2010;58(5):e219-222.
37. PELI J, PLANES C. Compactage latéral et techniques combinées. *Revue Française d'Endodontie* vol. 11, n° 3, 1992, pp. 51 - 64. 1992;Revue francais d'endodontie(3).
38. JF. Peli. Support cours 4ème année.
39. Suso É. Évaluation de l'étanchéité de deux techniques d'obturation canalaire en microscopie confocale. :78.
40. European Society of Endodontology. Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology. *Int Endod J.* déc 2006;39(12):921-30.
41. Haute Autorité de Santé - Traitement endodontique https://www.has-sante.fr/portail/jcms/c_736791/fr/traitement-endodontique
42. Ansari BB, Umer F, Khan FR. A clinical trial of cold lateral compaction with Obtura II technique in root canal obturation. *J Conserv Dent.* 2012;15(2):156-60.
43. Hasheminia SM, Farhad AR, Saatchi M, Nejad HS, Sanei M. Mechanical or cold lateral compaction: The incidence of dentinal defects. *Dent Res J (Isfahan).* 2015;12(6):513-9.
44. Joineau C, PELI JF. La technique de condensation latérale : sélection des fouloirs et des cônes accessoires. *Revue Française d'Endodontie* vol. 4, n° 2. 1985 pp. 13 - 39. revue francais d'endodontie. 1985;
45. PELI J, Coll. La technique de compactages, latérale systématisé et thermomécanique, combinés : Intérêts cliniques. *Revue Française d'Endodontie* vol. 7, n° 2, juin 1988. *Revue francaise d'endodontie*(2):1988.
46. Portal P. Étude comparative de deux techniques d'obturation canalaire par thermocompactage : Gutta Condensor® et Revo Condensor®. 16 déc 2014;61.

47. Irrigation in endodontics. - PubMed - NCBI
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20433979>
48. Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod.* mai 2006;32(5):389-98.
49. Falk, Sedgley. The influence of pre-preparation size on the mechanical efficacy of root canal irrigation in vitro. *J Endod.* 2005 Oct;31(10):742-5. Falk KW, Sedgley CM.
50. Introduction du Nickel-Titane en endodontie | Dossiers du mois. *Le Courrier du Dentiste*, portail de formation dentaire continue francophone.
<https://www.lecourrierdudentiste.com/dossiers-du-mois/introduction-du-nickel-titane-en-endodontie.html>
51. 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.* oct 2011;15(5):661-5.
52. Brosh T, Metzger Z, Pilo R. Circumferential root strains generated during lateral compaction with stainless steel vs. nickel-titanium finger spreaders. *Eur J Oral Sci.* 2018;126(6):518-25.
53. Berry KA, Loushine RJ, Primack PD, Runyan DA. Nickel-titanium versus stainless-steel finger spreaders in curved canals. *J Endod.* nov 1998;24(11):752-4.
54. Gavini G, Santos M dos, Caldeira CL, Machado ME de L, Freire LG, Iglecias EF, et al. Nickel–titanium instruments in endodontics: a concise review of the state of the art. *Brazilian Oral Research*
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1806-83242018000500602&lng=en&nrm=iso&tlng=en
55. Ho ESS, Chang JWW, Cheung GSP. Quality of root canal fillings using three gutta-percha obturation techniques. *Restor Dent Endod.* févr 2016;41(1):22-8.
56. Aminsobhani M, Ghorbanzadeh A, Sharifian MR, Namjou S, Kharazifard MJ. Comparison of Obturation Quality in Modified Continuous Wave Compaction, Continuous Wave Compaction, Lateral Compaction and Warm Vertical Compaction Techniques. *J Dent (Tehran).* févr 2015;12(2):99-108.
57. pubmeddev, al GT et. Effect of spreader and accessory cone size on density of obturation using conventional or mechanical lateral condensation. - PubMed - NCBI Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11485257>
58. JF. Peli. Poly Compactage gutta. Cours 3eme année.
59. Columbia CNMTL. Endodontics: Lateral Condensation Filling Technique. Columbia CNMTL. :4.
60. Turk T, Piskin B, Orucoglu H, Aydin B. Effect of spreader size on microleakage of roots filled with cold lateral compaction technique. *Eur J Dent.* sept 2015;9(3):378-81.

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 :

Collège des Sciences de la Santé

UFR des Sciences Odontologiques

Serment

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.

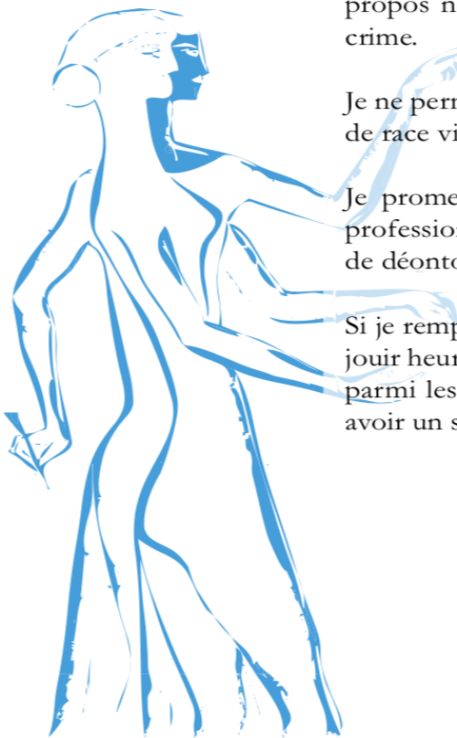
Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un honoraire au-dessus de mon travail. Ma langue taira les secrets qui me seront confiés. Admis à l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe.

Mes connaissances et mon état 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 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, honoré à jamais parmi les hommes. Si je le viole et que je me parjure, puissé-je avoir un sort contraire.



Titre : Utilisation d'un fouloir mécanisé appliqué au compactage latéral : définition de l'instrument et du protocole.

Résumé : Après la présentation du rôle important de l'obturation canalaire dans le maintien des résultats à long terme de la préparation endodontique, les matériaux et les différentes techniques d'obturation utilisées aujourd'hui sont décrites. La technique combinée associant le compactage latéral et le compactage thermomécanique est détaillée en insistant sur le rôle du compactage latéral qui, par un choix systématisé des fouloirs latéraux, du maître-cône et des cônes accessoires, assure la qualité des résultats dans le 1/3 apical en limitant les risques de dépassement. La possibilité de faire progresser le fouloir jusqu'à 1 ou 2 mm de la longueur de travail, maître-cône en place, est un facteur essentiel et son utilisation en rotation continue peut être une amélioration. Dans la partie expérimentale, 10 prototypes de fouloirs latéraux utilisables en rotation continue de conicité 2 ou 4 % et de diamètre 20 à 50/100 ont été testés sur des simulateurs de canaux droit ou courbe de diamètre apical 25/100 et de conicité 6%/8%. Cette étude a permis de définir, en diamètre et conicité, un maximum de 2 fouloirs permettant d'optimiser l'efficacité du remplissage canalaire par compactage latéral dans le 1/3 apical et d'ébaucher un protocole d'utilisation en rotation continue.

Mots clés : Endodontie, obturation canalaire, compactage latéral, fouloir mécanisé

Title : Use of a mechanized spreader applied to lateral compaction : definition of the instrument and protocol.

Abstract : After highlighting the important role of root canal filling in maintaining the long-term results of endodontic preparation, the materials and different filling techniques used today are described. The combined technique combining lateral compaction and thermo-mechanical compaction is detailed while emphasizing the role of lateral compaction which, through a systematic choice of lateral spreader, master cone and accessory cones, limits the risks of overtaking and hence ensures high quality results in the 1/3 apical. The possibility of advancing the spreader to 1 or 2 mm of the working length, with the master cone in place, is an essential factor and its use can be improved if used in continuous rotation. In the experimental part, 10 prototypes of lateral spreaders usable in continuous rotation of taper 2 or 4% and diameter 20 to 50/100 were tested on simulators of straight or curved channels of apical diameter 25/100 and taper 6%/8%. This study defined, in diameter and taper, the use of 2 fouloirs to optimize the efficiency of root canal filling by lateral compaction in the apical 1/3 and to draft a protocol for use in continuous rotation.

Keywords : Endodontics, lateral compaction, lateral spreader, root canal filling.
