

UNIVERSITE TOULOUSE III – PAUL SABATIER
FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2021

Thèse n° 2021 TOU3 3001

THÈSE

Pour le
DIPLÔME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE
Présentée et soutenue publiquement par

Bérenger SOULAGES
Le 8 janvier 2021

**LE RETRAITEMENT ENDODONTIQUE : ETUDE DE
L'EFFICACITE DU REMOVER® SUR UNE OBTURATION
VERTICALE A CHAUD**

Directeur de Thèse : Professeur Franck DIEMER

Jury

Président
Assesseur
Assesseur
Assesseur

Professeur Franck DIEMER
Docteur Marie GEORGELIN-GURGEL
Docteur Mathieu MARTY
Docteur Matthieu MINTY



Faculté de Chirurgie Dentaire

➔ **DIRECTION**

DOYEN

M. Philippe POMAR

ASSESEUR DU DOYEN

Mme Sabine JONNIOT
Mme Sara DALICIEUX-LAURENCIN

CHARGÉS DE MISSION

M. Karim NASR (*Innovation Pédagogique*)
M. Olivier HAMEL (*Maillage Territorial*)
M. Franck DIEMER (*Formation Continue*)
M. Philippe KEMOUN (*Stratégie Immobilière*)
M. Paul MONSARRAT (*Intelligence Artificielle*)

PRÉSIDENTE DU COMITÉ SCIENTIFIQUE

Mme Cathy NABET

DIRECTRICE ADMINISTRATIVE

Mme Muriel VERDAGUER

➔ **PERSONNEL ENSEIGNANT**

➔ **HONORARIAT**

DOYENS HONORAIRES

M. Jean LAGARRIGUE +
M. Jean-Philippe LODTER +
M. Gérard PALOUDIER
M. Michel SIXOU
M. Henri SOULET

➔ **ÉMÉRITAT**

M. Damien DURAN
Mme Geneviève GRÉGOIRE
M. Gérard PALOUDIER

Section CNU 56 : Développement, Croissance et Prévention

56.01 ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE et ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE (Mme Isabelle BAILLEUL-FORESTIER)

ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE

Professeurs d'Université : Mme Isabelle BAILLEUL-FORESTIER, M. Frédéric VAYSSE
Maîtres de Conférences : Mme Emmanuelle NOIRRI-ESCLASSAN, Mme Marie- Cécile VALERA, M. Mathieu MARTY
Assistants : Mme Alice BROUTIN, Mme Marion GUY-VERGER
Adjoints d'Enseignement : M. Sébastien DOMINE, M. Robin BENETAH, M. Mathieu TESTE, Mme. Chiara CECCHIN-ALBERTONI

ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE

Maîtres de Conférences : M. Pascal BARON, Mme Christiane LODTER, M. Maxime ROTENBERG
Assistants : Mme Isabelle ARAGON, Mme Anais DIVOL,

56.02 PRÉVENTION, ÉPIDÉMIOLOGIE, ÉCONOMIE DE LA SANTÉ, ODONTOLOGIE LÉGALE (Mme NABET Catherine)

Professeurs d'Université : M. Michel SIXOU, Mme Catherine NABET, M. Olivier HAMEL
Maître de Conférences : M. VERGNES Jean-Noël
Assistant : M. Julien ROSENZWEIG
Adjoints d'Enseignement : M. Alain DURAND, Mlle. Sacha BARON, M. Romain LAGARD, Mme FOURNIER Géromine,
M. Fabien BERLIOZ

Section CNU 57 : Chirurgie Orale, Parodontologie, Biologie Orale

57.01 CHIRURGIE ORALE, PARODONTOLOGIE, BIOLOGIE ORALE (M. Bruno COURTOIS)

PARODONTOLOGIE

Maîtres de Conférences : M. Pierre BARTHET, Mme Sara DALICIEUX-LAURENCIN, Mme Alexia VINEL
Assistants : Mme. Charlotte THOMAS, M. Joffrey DURAN
Adjoints d'Enseignement : M. Loïc CALVO, M. Christophe LAFFORGUE, M. Antoine SANCIER, M. Ronan BARRÉ,
Mme Myriam KADDECH, M. Matthieu RIMBERT

CHIRURGIE ORALE

Professeur d'Université : Mme Sarah COUSTY
Maîtres de Conférences : M. Philippe CAMPAN, M. Bruno COURTOIS
Assistants : Mme Léonore COSTA-MENDES, M. Clément CAMBRONNE
Adjoint(e)s d'Enseignement : M. Gabriel FAUXPOINT, M. Arnaud L'HOMME, Mme Marie-Pierre LABADIE, M. Luc RAYNALDY, M. Jérôme SALEFRANQUE,

BIOLOGIE ORALE

Professeur d'Université : M. Philippe KEMOUN
Maîtres de Conférences : M. Pierre-Pascal POULET, M. Vincent BLASCO-BAQUE
Assistants : M. Antoine TRIGALOU, Mme Inessa TIMOFEEVA, M. Mathieu MINTY, Mme. Cécile BLANC
Adjoint(e)s d'Enseignement : M. Mathieu FRANC, M. Hugo BARRAGUE, M. Maxime LUIS

Section CNU 58 : Réhabilitation Orale

58.01 DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE, PROTHESES, FONCTIONS-DYSFONCTIONS, IMAGERIE, BIOMATERIAUX (M. Serge ARMAND)

DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE

Professeur d'Université : M. Franck DIEMER
Maîtres de Conférences : M. Philippe GUIGNES, Mme Marie GURGEL-GEORGELIN, Mme Delphine MARET-COMTESSE
Assistants : M. Jérôme FISSE, M. Sylvain GAILLAC, Mme Sophie BARRERE, M. Dorian BONNAFOUS
Mme. Manon SAUCOURT, M. Ludovic PELLETIER
Adjoint(e)s d'Enseignement : M. Eric BALGUERIE, M. Jean- Philippe MALLET, M. Ramii HAMDAN, M. Romain DUCASSE

PROTHÈSES

Professeurs d'Université : M. Serge ARMAND, M. Philippe POMAR
Maîtres de Conférences : M. Jean CHAMPION, M. Rémi ESCLASSAN, M. Florent DESTRUHAUT
Assistants : M. Antonin HENNEQUIN, M. Bertrand CHAMPION, Mme Caroline DE BATAILLE, Mme Margaux BROUTIN, Mme Coralie BATAILLE
Assistant Associé : M. Antoine GALIBOURG,
Adjoint(e)s d'Enseignement : M. Christophe GHRENASSIA, Mme Marie-Hélène LACOSTE-FERRE, M. Laurent GINESTE, M. Olivier LE GAC, M. Louis Philippe GAYRARD, M. Jean-Claude COMBADAZOU, M. Bertrand ARCAUTE, M. Eric SOLYOM, M. Michel KNAFO, M. Alexandre HEGO DEVEZA

FONCTIONS-DYSFONCTIONS, IMAGERIE, BIOMATERIAUX

Maîtres de Conférences : Mme Sabine JONJOT, M. Karim NASR, M. Paul MONSARRAT
Assistants : M. Thibault CANCEILL, M. Julien DELRIEU, M. Paul PAGES
Adjoint(e)s d'Enseignement : M. Yasin AHMED, Mme Sylvie MAGNE, M. Thierry VERGÉ, Mme Josiane BOUSQUET

Mise à jour pour le 05 Novembre 2020

Remerciements :

- À mes parents, pour tous les sacrifices que vous avez réalisés depuis toujours, ainsi que pour toutes ces valeurs que vous m'avez transmises. Je n'en serais jamais arrivé là sans votre soutien inconditionnel. Je suis heureux de pouvoir vous laisser enfin souffler en vous libérant du dernier enfant à charge. Sachez avant tout, que je préfère à mes jeux fous, demeurer sur vos genoux.
- À mes frères et sœurs, pour avoir su s'occuper, voire même parfois chouchouter « le petit dernier ». Pour tous ces merveilleux moments familiaux que nous avons partagés ensemble et que nous partagerons, je le sais, à l'avenir.
- À mes grands-parents, présente ou disparus, pour ces inoubliables étés à Bozouls ou à Lesclauzades, pour ces faux-filets du mercredi ou cette daube du dimanche, mais avant tout pour tous vos regards bienveillants éternels.
- À tous mes amis, qu'ils soient Aveyronnais bien sûr, ou rencontrés sur les bancs de la faculté. A Loïc, Rémy, Quentin, Sam, Laura, Jeanne, Franck, Dalème, Biche, Thibaut, Lilian, Baptiste, Typhaine, Brice, Philippe, Cyril mais surtout tous les autres que je n'ai pas pu citer. Merci pour toutes ces années passées ensemble à ne jamais connaître l'ennui. Je sais pertinemment que tous ces liens forts, tissés au fil du temps, résisteront pour toujours et qu'au rendez-vous des bons copains, il n'y aura jamais de lapins.
- À ma binôme, Marie PIRIOU, qui a su courageusement supporter mon plus fin et subtil humour pendant ces trois années de clinique. Ton non-réveil matinal risque de beaucoup me manquer !
- A Tonton Georges, pour ces heures gagnées à t'écouter.
- A Mamie Françoise, pour ces moments sacro-saints partagés entre amis Place Saint-Pierre ou Place de la Trinité.
- Au Docteur Jérôme FISSE et au Docteur Thibaut CANCEILL dont la pédagogie a su m'éclairer et m'épauler sur certains aspects techniques de cette thèse.
- Au Docteur Max RUSCASSIE, ainsi que toutes les équipes du CHU de Toulouse, pour toute l'aide et toute l'expertise apportées depuis le début de ces cinq années de dentaire, et ce toujours avec une immense gentillesse.
- A Coralie, pour avoir eu le génie d'avoir réussi à me déloger, même provisoirement, de mon Aveyron natal et de me rendre heureux à Paris. Quelle chance que la Guinness ait fait baisser ma garde pour tomber amoureux d'une bretonno-picarde. Je t'aime

A notre président de thèse,

Monsieur le Professeur Franck DIEMER

- Professeur des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie-Dentaire,
- D.E.A. de Pédagogie (Education, Formation et Insertion) Toulouse Le Mirail,
- Docteur de l'Université Paul Sabatier,
- Responsable du Diplôme Inter-Universitaire d'Endodontie à Toulouse,
- Responsable du Diplôme Universitaire d'Hypnose
- Co-responsable du Diplôme Inter-Universitaire d'Odontologie du Sport,
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier.

C'est un immense honneur d'avoir été sous votre direction pour la réalisation de cette thèse.
Je vous remercie pour votre rigueur, votre implication, votre motivation, votre entière
disponibilité, ainsi que pour votre sens de l'humour.
Je vous remercie également d'avoir accepté de présider ce jury de thèse.
Veuillez trouver en cette thèse toute ma gratitude et ma profonde reconnaissance.

A notre jury de thèse,

Madame le Docteur Marie GEORGELIN-GURGEL

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie-Dentaire,
- Maîtrise des Sciences Biologiques et Médicales,
- D.E.A. MASS Lyon III,
- Ancienne Interne des Hôpitaux,
- Doctorat d'Université - Université d'Auvergne-Clermont.

Je vous remercie d'avoir accepté de siéger dans ce jury.
Votre professionnalisme et votre bienveillance ont été plus que bénéfiques dans
l'enseignement de l'endodontie, qu'il soit théorique ou clinique.
Merci également d'avoir réussi à me faire apprécier un peu de Cantal à travers vous.

A notre jury de thèse,

Monsieur le Docteur Mathieu MARTY,

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- CES de Chirurgie Dentaire Odontologie Pédiatrique et Prévention,
- CES de Physiopathologie et Diagnostic des Dymorphies Cranio-Faciales
- Master 2 "Sciences de l'éducation Université" Paul VALERY Montpellier 3

Je vous suis reconnaissant d'avoir accepté d'appartenir au jury de thèse. Merci également pour votre enseignement théorique et clinique pendant ces cinq années de faculté.

A notre jury de thèse,

Monsieur le Docteur Matthieu MINTY,

- Assistant Hospitalo-Universitaire et Praticien Hospitalier,
- Diplôme d'Etat de Docteur en Chirurgie-Dentaire,
- Master 1 de Biologie de la Santé en « Anthropologie » et « Physiopathologie des infections »,
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier,
- Diplôme Inter-Universitaire MBDS : Médecine Bucco-Dentaire du Sport,
- Certificat d'étude supérieure d'Odontologie Conservatrice – Endodontie – Biomatériaux,
- Master 2 Physiopathologie des infections.

Je suis heureux que vous ayez accepté si gentiment de faire partie de ce jury de thèse. Votre pédagogie et votre sens clinique ont été réellement formateurs tout au long de cette sixième année au centre de l'Hôtel-Dieu.

Soyez assuré de ma reconnaissance et de ma gratitude les plus sincères.

Table des matières

Introduction	12
Partie théorique : Le retraitement endodontique	14
Pourquoi retraiter ?	15
1. L'identification d'un échec en endodontie	15
2. Les causes de l'échec en endodontie	16
Comment retraiter ?	20
1. Les instruments.....	21
2. Les aides à la désobturation	24
3. Le protocole opératoire.....	27
4. Les difficultés du retraitement endodontique.....	29
Partie expérimentale : Etude en tomographie volumique de la quantité de matériaux résiduels après désobturation avec le système Remover® (Micro-Méga® - Besançon - France)	31
Introduction	32
Matériel et méthode	32
1. Présentation du matériel.....	32
2. Détermination de la longueur de travail (LT)	36
3. Mise en forme initiale.....	36
4. Obturation canalair.....	37
5. Désobturation.....	39
6. Les instruments.....	40
7. Acquisition 3D par CBCT	41
8. Évaluations et mesures	43
Résultats :	47
1. Résultats entre les groupes selon la région canalair.....	47
2. Résultats descriptifs des perforations selon les groupes	53
3. Résultats entre la vitesse imposée au Remover® et la quantité de matériaux résiduels d'obturation.....	54
4. Analyse statistique entre la quantité de matériaux résiduels dans les canaux vestibulaires et les canaux palatins du simulateur NaoDent® selon la région canalair.....	58
5. Résultats statistiques entre l'efficacité du One Flare® et de la lime HyFlex™ CM.....	59
6. Résultats descriptifs des dévillages et des fractures de la lime Remover® selon les groupes	59
Discussion	60
1. Matériel et méthode.....	60
2. Discussion des résultats.....	62

Conclusion	68
Annexes	69
Bibliographie	80

Introduction

Le traitement endodontique est principalement une thérapie visant à résoudre un problème infectieux. Son objectif principal est donc de remédier à la colonisation par des micro-organismes des canaux radiculaires, afin que la dent puisse être conservée longtemps sans qu'une pathologie inflammatoire ne se développe (1 – 3).

Toutefois, l'échec de ce traitement, notamment sur le long terme, reste un évènement fréquent. En effet, des études récentes ont démontré que la prévalence d'observation d'une lésion péri-apicale d'origine endodontique (LIPOE) sur un canal déjà obturé se situe dans une fourchette entre 8,5% et 71,9%, soit d'une moyenne de 40% (4 – 6). Ceci nous montre les limites d'un traitement endodontique, et la marge de progression importante possible pour certains praticiens.

Ainsi, des thérapies adaptées à ce genre de cas clinique doivent amener à une étanchéité canalair optimale empêchant la colonisation bactérienne et permettant une cicatrisation de la lésion. Le retraitement est généralement considéré comme le premier choix à envisager face à un échec du traitement endodontique (7, 8).

Anciennement réservé aux milieux spécialisés, le retraitement endodontique est, de nos jours, un acte de plus en plus fréquent dans l'exercice libéral d'omni-pratique. En effet, la recherche clinique de ces 25 dernières années a permis le développement de nouvelles techniques et de nouveaux instruments (1). Malgré les nouvelles technologies, le retraitement reste encore aujourd'hui considéré par les professionnels comme délicat et chronophage.

Ainsi, devant la fréquence de recolonisation bactérienne d'un canal obturé, tout chirurgien-dentiste se doit donc de pouvoir évaluer l'échec de la thérapeutique endodontique, la valeur de la dent causale sur le plan parodontal et prothétique, ainsi que le bénéfice-risque du traitement envisagé.

Une fois ce dernier posé, il est important d'informer le patient sur la technique proposée, le temps nécessaire, et des risques qu'il peut engendrer pour choisir ensemble son plan de traitement.

Les objectifs d'un retraitement endodontique orthograde sont toujours les mêmes :

- Elimination de l'obturation coronaire préexistante
- Suppressions des ancrages radiculaires éventuellement présents
- Reconstitution coronaire pré-endodontique
- Repérage des entrées canalaires
- Elimination du matériau d'obturation du traitement endodontique
- Nettoyage chimique et mécanique des parois canalaires
- Obturation tridimensionnelle étanche

Ainsi, notre travail se divise en deux parties, une première partie présentant la théorie sur le retraitement endodontique :

- Pourquoi retraiter ?
- Comment retraiter ?

Une deuxième partie expérimentale observant l'efficacité de nettoyage de la lime Remover® (Micro-Méga® – Besançon – France) exclusivement dédiée à la désobturation canalaire de la gutta percha de l'ancien traitement endodontique.

Partie théorique : Le retraitement endodontique

Pourquoi retraiter ?

Le retraitement endodontique est généralement considéré comme la première solution thérapeutique indiquée en cas d'échec d'un traitement endodontique.

Néanmoins, avant de l'envisager, il est nécessaire d'analyser la dent à retraiter et le traitement endodontique précédent pour obtenir une obturation canalaire étanche et durable dans le temps.

Il est donc important pour un chirurgien-dentiste de savoir reconnaître l'échec d'un traitement et d'analyser tous les facteurs de ce dernier pour en déterminer la cause.

1. L'identification d'un échec en endodontie

Pour être cliniquement significatif, un traitement endodontique est considéré en échec s'il présente une lésion inflammatoire péri-apicale (LIPOE) et une symptomatologie au niveau de la dent. Ceci est le signe d'une réinfection plus ou moins active. (1)

Friedman et Mor (9) ont complété ces deux concepts par un troisième qu'ils ont appelé « dent fonctionnelle ». Ce concept suppose alors qu'une dent sans aucun symptôme puisse alors présenter l'image d'une parodontite apicale.

Mais, l'interprétation clinique de la reprise infectieuse dans un canal au préalable endodontiquement traité, n'est pas chose aisée. En effet, une LIPOE en cours de cicatrisation ou n'évoluant pas peut inciter certains praticiens au retraitement. Toutefois, celui-ci est-il vraiment nécessaire ? Benderet et al. (10) ont déjà pointé du doigt ce problème d'interprétation. Ces derniers considèrent alors que seules les lésions qui augmentent au cours du temps doivent être considérées comme un véritable échec, contrairement aux lésions stagnantes qui peuvent être estimées comme acceptables.

Néanmoins, la persistance d'une LIPOE peut avoir des conséquences sur la santé générale des patients (11, 12). L'histoire médicale de ces derniers est également à prendre en compte : un patient sain présente moins de risque infectieux qu'un patient immunodéprimé ou avec un antécédent d'endocardite infectieuse.

C'est pourquoi, même si, aujourd'hui en endodontie, une non-intervention peut être justifiée sur une lésion de taille insignifiante voire de faible ampleur, toute preuve tangible apportée par la recherche sur les effets de ces lésions au niveau de la santé générale des patients, et notamment sur la santé cardio-vasculaire, devra nous faire adopter une vision beaucoup plus stricte (1).

Ainsi, actuellement, aucune ligne directrice universelle n'a pu être définie par les endodontistes. Seul le sens clinique du chirurgien-dentiste en charge du retraitement peut donc le justifier.

2. Les causes de l'échec en endodontie

Les causes de l'échec d'un traitement endodontique peuvent être nombreuses et plus ou moins liées à ce dernier. Toutefois, il faut pouvoir les déterminer et les considérer pour réussir le retraitement.

Ainsi, nous avons classé les principales causes des échecs des traitements endodontiques :

- Les causes iatrogènes
- Les causes dues à des particularités anatomiques caractérisées
- Les causes temporelles
- Les causes idiopathiques

2.1 Les causes iatrogènes

D'après la littérature, environ 45% des échecs de l'endodontie sont dues à des obturations inadéquates (4, 13, 14). En effet, le traitement endodontique implique une grande rigueur de la part du praticien. Tout manquement au protocole opératoire à chacune des étapes peut faire échouer le traitement.

2.1.1 *Le cathétérisme*

Lors du cathétérisme, la pénétration initiale puis la détermination de la longueur de travail sont des étapes essentielles en endodontie. Celle-ci doit se situer de 0,5 mm à 1,5 mm de l'apex radiographique de la racine pour respecter la constriction apicale. Une mauvaise mesure de cette longueur entraîne un défaut de mise en forme et d'obturation compromettant la qualité de cette dernière. En effet, si les deux derniers millimètres canalaires ne sont pas préparés, cela conduira à un vide à ce niveau lors de l'obturation, et le traitement pourra être considéré comme médiocre (21, 22).

2.1.2 *La mise en forme*

a) Le transport canalair

Le transport canalair correspond à une déviation, lors de la mise en forme, de l'axe initial du canal radiculaire. Il reste parfois inévitable dans certains systèmes canalaires, notamment pour les canaux très courbes.

Toutefois, il peut aussi mettre à mal le traitement endodontique et causer son échec. En effet, dans son étude, Yamaguchi et al. considèrent que ce dernier est responsable de 9,2% des insuccès endodontiques (15).

Il existe plusieurs degrés de gravité du transport canalaire :

- Le stripping et le zipping
- La butée
- Le faux canal
- La perforation

Le stripping et le zipping :

Le stripping est défini comme une sur-préparation de la partie interne de la courbure canalaire. Il rend impossible le fait de retrouver l'axe originel. Ainsi, certaines des parois canales, notamment celles externes à la courbure, peuvent être non-instrumentées et donc en présence de tissus nécrotiques ou d'agents bactériens, facteurs d'apparition d'une future lésion péri-apicale (18).

Le zipping est une ovalisation du foramen apical et donc un agrandissement de ce dernier. Il est causé par une sur-instrumentation ou un redressement de la lime lors de la mise en forme. Il a pour effet d'irriter le péri-apex, de faciliter la formation d'un biofilm extra-radiculaire et de compromettre l'étanchéité de l'obturation (19, 20).

La butée et le faux canal :

La création d'une butée ou d'une marche résulte d'un travail en force répété avec un instrument en acier à la suite d'un stripping ou avec un instrument en Ni-Ti soit en rotation continue soit en réciprocity travaillant longtemps, au-delà d'une courbure sans mouvement de va et vient. Il est alors indispensable de retrouver l'axe canalaire, à l'aide d'une lime manuelle de petit diamètre. En effet, toute poursuite instrumentale au niveau de cette butée conduit à la création d'un faux canal.

Les instruments s'orienteront alors plus volontiers dans ce faux canal, ce qui complique considérablement une obturation hermétique, altérant la qualité du traitement endodontique réalisé.

La perforation :

On parle de perforation lorsque l'instrument perce le ciment radiculaire, créant alors une communication entre l'espace endo-canalair et desmodontal. Le parodonte se trouve alors irrité et en proie à une infection per- et post-traitement (21, 24).

Selon Yamaguchi et al., environ 11,8% des retraitements sont dus à la présence d'une perforation radiculaire lors du traitement initial (15).

b) La désinfection

Le canal doit être désinfecté avec une solution antiseptique, principalement l'hypochlorite de sodium à 2,5%, après le passage de chaque instrument. La persistance d'organismes bactériens lors de l'instrumentation, de la désinfection et de l'obturation diminue le taux de réussite des traitements endodontiques de manière drastique.

Effectivement, des examens histologiques du péri-apex démontrent que la réussite est de 72% dans un canal stérilisé, contre 21% dans un canal abritant des bactéries (16, 17).

2.1.3 L'obturation

L'obturation est considérée comme adéquate si aucun vide n'est présent à 1 ou 2 millimètres de l'apex et qu'elle apparaît radiologiquement comme homogène et tridimensionnelle jusqu'à la constriction apicale.

Sinon, nous pouvons la considérer comme médiocre. Effectivement, les espaces intra-canalaires non obturés favorisent alors une communication avec le parodonte, et donc l'apparition de lésions péri-apicales (1).

2.2 Les causes dues à des particularités anatomiques caractérisées

Le système canalaire étant complexe, il n'est pas rare que les traitements endodontiques ne soient pas assez performants pour obturer tous les canaux principaux et secondaires de façon tridimensionnelle. Ces défauts d'obturation compromettent l'étanchéité du traitement. De plus, il est pratiquement impossible de désinfecter de manière complète de ce premier.

C'est pourquoi, il est important, avant tout traitement endodontique, d'analyser la radiographie pour évaluer les difficultés que nous pourrions rencontrer.

2.2.1 Les apex ouverts

Un apex ouvert reste une cause importante d'échec. Dans la littérature, 23,7% des échecs endodontiques sont dus à cette particularité anatomique (17). En effet, dans ce cas-ci, la détermination de la longueur de travail est plus difficile favorisant une instrumentalisation, voire une obturation au-delà de cette dernière. Ainsi, des symptômes de douleurs à la percussion peuvent persister, même sans image radio-claire appendue à l'apex sur les radiographies.

De plus, un apex ouvert facilite la migration bactérienne et la formation d'un biofilm apical. Comme nous l'avons dit précédemment, celui-ci favorise alors la formation d'une lésion péri-apicale.

2.2.2 Les canaux calcifiés

Toujours selon Yamaguchi et al., 5,3% des insuccès résident également en l'inaccessibilité de l'apex (15). Effectivement, une calcification intra-canaire peut empêcher l'accès aux instruments et à l'hypochlorite de sodium jusqu'à 0,5 mm de l'apex. Ainsi, une mise en forme canalaire trop courte implique une asepsie et une obturation incomplète. Si les deux derniers millimètres ne sont pas préparés et obturés, alors le traitement endodontique peut être considéré comme médiocre et donc plus à risque d'une pathologie apicale.

2.2.3 La complexité du réseau canalaire

La complexité du réseau canalaire peut être aussi une source de l'échec du traitement. En effet, chaque racine possède un réseau qui lui est propre. Des canaux secondaires peuvent également encore un peu plus le complexifier. Ainsi, la désinfection de tous les canaux, principaux et secondaires, ainsi qu'une obturation hermétique peuvent être laborieuses au niveau de certaines dents. C'est pourquoi une analyse radiographique poussée est importante dans ces cas-là.

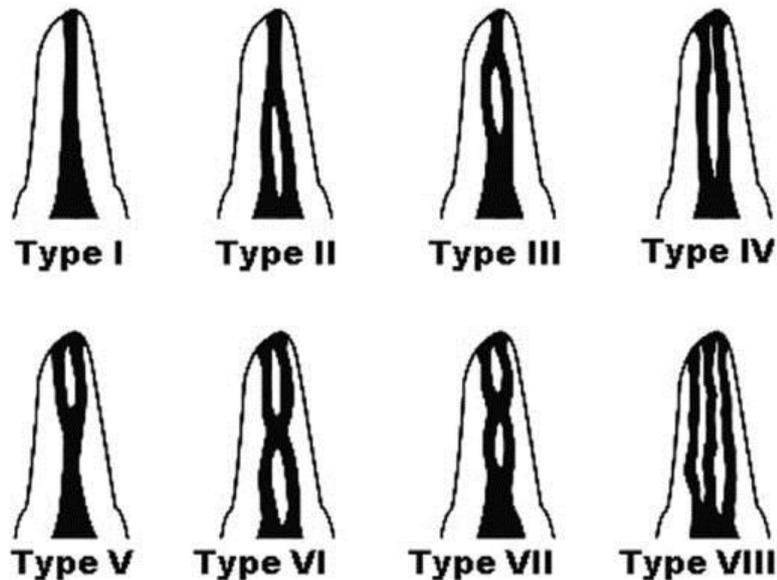


Figure 1 : Classification de Vertucci des principaux types de systèmes endo-canalaire

2.3 Les causes temporelles

Des études ont montré la dégradation de la gutta-percha et du ciment de scellement endodontique après 15 ans (25). Cette dégradation causée par le temps peut alors compromettre le traitement, jusqu'à la formation d'une lésion pouvant indiquer un retraitement.

De plus, la restauration coronaire joue également un rôle indiscutable. En effet, qu'elle soit prothétique ou restauratrice, des micro-fuites peuvent s'effectuer au bout de plusieurs années même si la couronne ou le composite sont considérés comme adaptés (15).

Selon Alharmoodi et al., 22,1% des échecs seraient causés par ces micro-fuites coronales (4).

Ainsi, le succès d'un traitement endodontique réside dans la bonne exécution de celui-ci, mais également dans une surveillance post-opératoire rigoureuse et sur le long terme.

2.4 Les causes idiopathiques

Une lésion péri-apicale apparaissant après un traitement endodontique peut être liée à une infection per-traitement endodontique. En effet, la migration des organismes bactériens de la lésion carieuse ou présents dans la pulpe camérale voire radulaire en direction du péri-apex semble être un contributeur non négligeable d'une parodontite apicale post-traitement. Ainsi, malgré une instrumentation et une désinfection canalaire adéquates, les organismes infectieux peuvent se loger dans des zones où les instruments et l'hypochlorite de sodium n'ont pas accès, comme au niveau de certains canaux accessoires, de certaines ramifications, des tubulis dentinaires, voire même créer un biofilm au niveau du ciment externe de l'apex ... et ainsi survivre à la mise en forme (1).

De plus, des études de la littérature démontrent que des micro-fuites surviennent du troisième jour au troisième mois en raison de l'absence du matériel de restauration (26, 27), ce qui peut être en corrélation avec un échec endodontique (24, 28, 29).

Comment retraiter ?

La recherche clinique dans le domaine endodontique de ces 25 dernières années a principalement permis le développement de nouveaux instruments et de nouvelles techniques, notamment pour le retraitement. De nos jours, ce dernier peut se faire grâce à de nombreux procédés très différents.

Ainsi, les techniques de désobturation de la gutta-percha retrouvées aujourd'hui sont (30 – 32) :

- L'instrumentation manuelle
- L'instrumentation rotative en Ni-Ti
- Les inserts ultra-sonores
- Les lasers

Des aides à la désobturation peuvent aussi être indispensables à la réussite du retraitement endodontique :

- Les solvants endodontiques
- Le CBCT
- Les aides optiques

1. Les instruments

1.1 L'instrumentation manuelle

Les limes manuelles en acier, principalement K et H, peuvent être utilisées pour désobturer la gutta percha des canaux radiculaires. L'alternance entre les limes K et H d'abord de gros diamètres de pointe, puis en crown-down (en décroissant) jusqu'à la lime 15 au fur et à mesure que l'on s'approche de la constriction apicale permet de retirer petit à petit le matériau d'obturation. En effet, grâce à leur rigidité et leur pointe active leur efficacité a été démontrée. De plus, en raison de l'angle positif de leurs arêtes de coupe, elles permettent une section de la gutta percha en un seul mouvement (30). Leur utilisation est toujours alternée avec une irrigation abondante à l'hypochlorite de sodium à 2,5%.

Son utilisation étant particulièrement chronophage, fastidieuse et considérée comme incompatible avec l'exercice en cabinet libéral (33 – 35), elle est donc, de nos jours, de plus en plus délaissée au profit d'une instrumentation rotative en Ni-Ti. Toutefois, cette technique possède l'avantage non négligeable de diminuer de manière considérable le risque de fracture instrumentale et donc de sécuriser la désobturation.

Pourtant, plusieurs études démontrent que son utilisation est indispensable pour parachever le traitement endodontique (35 – 38).

1.1.1 *Les limes K*

Elles s'utilisent en réalisant des mouvements de rotation de quart de tour horaire et de poussée en direction apicale. Ainsi, à chaque sortie de canal, la lime élimine du matériau d'obturation. Une irrigation canalaire à chacune de ses utilisations est alors nécessaire pour faire remonter les débris de l'ancienne obturation et désinfecter les canaux.

1.1.2 *Les limes H*

Leur arête de coupe active permet de faire remonter les débris de gutta-percha et de ciment endodontique. Elles s'utilisent sans mouvements de rotation mais corono-apicaux (d'insertion-retrait). Elles raclent alors les parois canalaire et permettent une élimination des enduits pariétaux de ciment (39).

1.1.3 La lime Rm®

La lime Rm® appartient au système de retraitement R-endo® (Micro-Mega® – Besançon – France). Elle est uniquement consacrée au retraitement endodontique. Elle possède une conicité de 4%, un diamètre de pointe de 25/100, et une longueur de 17 millimètres. Elle permet ainsi de fracturer la pellicule rigide de l'ancien matériau d'obturation et d'amorcer le retraitement en guidant les instruments au centre de la gutta percha (40, 41).



Figure 2 : Protocole d'utilisation de la lime Rm® du système R-endo® (Micro-Mega® - Besançon – France)

1.2 L'instrumentation rotative en Ni-Ti

L'utilisation d'une instrumentation rotative en Ni-Ti dédiée est moins longue tout en restant efficace (42, 43).

Ainsi, elle présente des intérêts lors du retraitement endodontique, comme son profil et son mouvement adaptés à l'évacuation des débris endo-canalaires et à la plastification de la gutta percha (33). En effet, cette dernière permet une diminution de la résistance de la gutta percha, ce qui favorise son élimination à toute instrumentation ultérieure, manuelle ou rotative, facilitant alors la pénétration des instruments et la désobturation (45). Leur utilisation s'effectue grâce à des mouvements corono-apicaux de faible amplitude, sans forcer et à des appuis pariétaux.

Néanmoins, il reste nécessaire d'observer de manière rigoureuse les instructions du constructeur et de jeter les instruments après 5 utilisations (30). En effet, une dé-spiralisation ou une hyper-spiralisation est un signe de fragilité de ces derniers et un risque de fracture intra-canalair. De plus, mal utilisées, ils favorisent la création d'un faux-canal (38, 46).

1.3 Les inserts ultra-sonores

Il n'est pas rare en endodontie qu'un obstacle, tel qu'un tenon canalaire, un « *screw-post* », de la résine ou du ciment de scellement obstrue le passage des instruments (53). L'utilisation des ultra-sons jusqu'au tiers coronaire permet, à travers la libération d'une haute énergie par les inserts, de les dépasser. Toutefois, il est recommandé de les utiliser sous contrôle visuel (36).



Figure 3 : Inserts ultrasoniques ET 40 de SATELEC® (Acteon Group® - Mérignac – France)

1.4 Les lasers

Les avantages des lasers dans la thérapeutique endodontique ont été montrés dans plusieurs études. Ainsi, ils permettent en plus d'une action bactéricide, l'élimination du matériau d'obturation (54, 55). De plus, ils peuvent être associés à une autre technique chimique ou mécanique.

L'effet chauffant du faisceau laser Nd:YAG est en grande partie responsable de l'élimination de la gutta-percha et du ciment, mais il potentialise également l'action des solvants puisque ces derniers sont plus efficaces à des températures élevées (56, 57). Pourtant, le rajout de solvant n'améliorerait aucunement l'élimination de l'obturation canalaire (58).

Toutefois, si l'os alvéolaire est soumis à une température de 48° Celsius pendant plus d'une minute, il risque alors de se nécroser en raison de sa vascularisation pauvre. Il est alors indispensable de réaliser la désobturation par étape, en laissant l'appareil refroidir à l'approche de ce seuil critique. Il faut alors réaliser environ trois cycles de chauffage - élimination de l'obturation - refroidissement pour atteindre la longueur de travail.

2. Les aides à la désobturation

2.1 Les solvants

Un solvant, de n'importe quel type soit-il, est utilisé en dentisterie pour dissoudre le matériau d'obturation. Il est indispensable de les utiliser en très faible quantité avec un champ opératoire, en effet, ils sont très volatils et toxiques, ce qui peut créer une irritation du parodonte (39, 48). C'est pourquoi, il faut être vigilant à l'approche de l'apex de ne pas les mettre en contact avec les tissus péri-apicaux.

Il a été montré que leur efficacité est fonction du temps où ils sont en contact avec le matériau d'obturation (49).

Plusieurs solvants peuvent alors être utilisés :

- Des solvants à base d'huiles essentielles pour éliminer la gutta percha
- Des solvants à base de tétra-chloroéthylène, de xylène ou d'acétate d'éthyle sont utilisés pour dissoudre les ciments endodontiques à base d'oxyde de zinc eugénol

Même si leur utilisation permet un gain de temps, elle augmente les résidus de l'ancienne obturation sur les parois canalaire, jusqu'à parfois créer une « boue de matériau ramolli » extrêmement difficile à éliminer (50). Ainsi, une étude a montré que l'utilisation manuelle seule permettait une meilleure désobturation canalaire qu'avec l'utilisation d'un solvant (51).

Leur utilisation n'est donc pas systématique.

2.2 Le CBCT

Le CBCT a été développé à la fin des années 1990 et surmonte les limites de la radiographie rétro-alvéolaire conventionnelle en permettant une analyse tridimensionnelle des structures, notamment sur les dents pluriradiculées (59, 60). En effet, une radiographie bidimensionnelle reste plus sujette aux variations intra-observateurs.

Il est intéressant pour toutes les étapes du retraitement endodontique :

- Lors du diagnostic de l'échec de la thérapeutique, le CBCT présente une précision optimale pour détecter une pathologie apicale. De plus, il a également été constaté que les radiographies bidimensionnelles sous-estimaient les lésions (61).
Les nouvelles recommandations de l'AAE et l'AAOMR définissent le CBCT comme la modalité de choix lors de l'évaluation d'une absence de cicatrisation d'une pathologie apicale après un traitement endodontique. Il permet alors de guider la thérapeutique à adopter : le retraitement orthograde, le retraitement rétrograde ou l'avulsion de la dent (61).

- En pré-opératoire, il permet une meilleure analyse des causes d'échec de l'ancien traitement, de la dent et des tissus environnants. Ainsi, il est plus aisé d'observer un dépassement de l'ancien matériau d'obturation, une perforation, une fracture instrumentale ou un canal non obturé (62, 63).
- En per-opératoire, il assure un examen en trois dimensions de l'efficacité du nettoyage canalaire. Les radiographies rétro-alvéolaires sont la compression d'une image tridimensionnelle en deux dimensions. Par conséquent elles sont insuffisantes dans l'évaluation et la localisation du matériau d'obturation résiduel (63, 64).
- En post-opératoire, elle permet de valider l'obturation tridimensionnelle des canaux nécessaire à la cicatrisation apicale et de permettre une surveillance de la cicatrisation de la lésion sur le long terme.

Toutefois, le CBCT peut présenter des artefacts métalliques causés par les restaurations, les amalgames, et dans une moindre mesure les implants et certains matériaux d'obturation canalaire ce qui peut altérer les images (65, 66).

De plus, la dose des rayonnements des images CBCT est nettement plus élevée qu'une radiographie conventionnelle qui se situe en dessous de 1,5 μ Sv (67, 68).

2.3 Les aides optiques

2.3.1 Les télélopes :

Les télélopes sont des loupes associées à un télescope. Le rôle de la loupe n'est pas de grossir par rapport à l'œil nu, mais de reproduire l'image d'un objet dans un plan éloigné qui correspond à celui de netteté du télescope, ainsi c'est ce dernier qui effectue le grossissement proprement dit.

Leur utilisation est facilitée si elles sont couplées à un système d'éclairage.

Il existe deux systèmes qui diffèrent par leur mode d'assemblage :

- Les lunettes de Galilée possèdent un grossissement n'allant que jusqu'à 3x ; De plus, elles ne sont utilisables en binoculaire que pour des faibles grossissements en raison d'une trop grande déformation de l'image.

- Les lunettes utilisant le système de Kepler possèdent un grossissement compris entre 3,2x et 5x à des distances de travail de 190 mm à 350 mm. En redressant l'image, les aberrations ne sont que très peu perçues par l'oeil, ce qui permet une utilisation en binoculaire.

Selon certains auteurs, elle permettent un bon compromis entre grossissement, profondeur et largeur de champs (69).



Figure 4 : Loupes binoculaires EyeMag® (Carl Zeiss® – Oberkochen – Allemagne)

2.3.2 Les stéréomicroscopes

Il existe plusieurs types de stéréomicroscopes mais seul le Galiléen est utilisé de nos jours en odontologie.

Introduits dans les années 1990, ils fournissent un éclairage et une visibilité améliorés des canaux sténosés, cachés, calcifiés ainsi que des fêlures et des fractures radiculaires.

De plus, ils permettent de réduire considérablement la prévalence de perforations biologiques ou iatrogènes, de fractures instrumentales et d'obstructions canalaires (15).

L'objectif du microscope forme une image agrandie, nommée « image intermédiaire », de l'objet observé grâce à une source lumineuse. L'oculaire exerce alors à cette image un grossissement supérieur. Une image très légèrement différente est ensuite transmise à chaque œil par le microscope, l'observation en binoculaire étant alors possible (70).

Contrairement aux téléloupes, grâce au diamètre augmenté de l'objectif, la profondeur de champ est adaptée à une distance de travail relativement longue. De plus, son grossissement global peut varier de 4x à 40x.

Ainsi, une étude considère que les téléloupes suffisent pour un endodontiste de moins de 40 ans, mais qu'un stéréomicroscope est vivement recommandé pour un praticien plus âgé (71).

Son aide est primordiale dans la réussite d'un retraitement endodontique. Baldassari-Cruz et al. ont alors montré que la détection des seconds canaux mésio-vestibulaires étaient de 51% à l'œil nu et de 82% avec un stéréomicroscope (72).

De plus, cette aide visuelle permet d'éliminer de manière plus aidée la dentine infectée tout en la différenciant de la dentine saine, ce qui permet de limiter la préparation canalaire, en adéquation avec le concept de préservation tissulaire prédominant de nos jours.



Figure 5 : Stéréomicroscope OPMI PRO-Ergo® (Carl Zeiss® – Oberkochen – Allemagne)

3. Le protocole opératoire

Le retraitement endodontique correspond à la reprise d'un ancien traitement radiculaire et coronaire. Il est donc logique de penser que celui-ci s'effectuera en deux temps :

- Un temps coronaire
- Un temps radiculaire

3.1 Le temps coronaire

L'objectif de cette première étape est de pouvoir accéder facilement aux entrées canalaires. Toutefois, la dent à retraiter possède généralement une ancienne restauration, qu'elle soit conservatrice ou prothétique. Toutefois, sa dépose n'est pas systématique, il reste nécessaire que la couronne de la dent soit compatible avec la pose d'un champ opératoire et indispensable à la réussite du retraitement. Ainsi, il existe deux possibilités :

- La dépose de l'ancienne restauration : ceci impose alors la mise en place d'une reconstitution pré-endodontique pour pouvoir mettre en place le clamp du champ opératoire.

- La conservation de l'ancienne restauration et la réalisation de l'aménagement de la voie d'accès au travers de celle-ci. Toutefois, le risque de présence de micro-infiltrations compromet l'asepsie nécessaire à la réussite d'un retraitement endodontique (14).

3.2 Le temps radiculaire

L'objectif du temps radiculaire est la désobturation de l'ancien traitement pour pouvoir accéder au tiers apical des canaux. Une fois le canal désinfecté, et séché, il pourra alors être réobturé de manière étanche.

3.2.1 *La désobturation :*

La désobturation de l'ancien traitement canalaire est la première étape à réaliser dans le temps radiculaire du retraitement endodontique. L'objectif est d'éliminer tout l'ancien matériau d'obturation.

Il est à noter que le mode d'obturation de l'ancien traitement influe sur la complexité à réaliser la désobturation. En effet, la condensation latérale à froid ou une technique monocône sont plus simples à déposer que les techniques de compactage à chaud comme la technique de Schilder ou celle de Mc Spadden.

L'utilisation de solvant reste toutefois déconseillée en raison de la formation d'un magma dentinaire et de matériau d'obturation difficile à éliminer (45).

Takahashi et al. ont démontré que les limes manuelles et les séquences rotatives en Ni-Ti possèdent une efficacité sensiblement semblable entre elles (34). Toutefois, le ramollissement de la gutta percha grâce à la vitesse de rotation et la présence de goujures des séquences en Ni-Ti permettent une remontée coronaire plus rapide du matériau d'obturation. Cette dernière sera donc moins chronophage, mais présente un risque supérieur de vissage et de fracture instrumentale.

L'élimination de la gutta percha et du ciment endodontique s'effectue alors de manière latérale en vérifiant grâce à des radios per-opératoires le respect de l'axe canalaire (48).

Il reste toutefois indispensable d'observer la présence de matériau sur les limes après chaque passage et non pas de dentine pour s'assurer que l'on ne crée pas le début d'une fausse route. De plus, toute dé-spiralisation ou sur-spiralisation de la lime entraîne une fragilité de l'instrument et donc une future fracture potentielle de celui-ci. Une fois analysé, leur nettoyage à l'aide d'une compresse leur permet de conserver une efficacité de coupe.

Ainsi, après le passage de tous les instruments utilisés jusqu'à la longueur de travail, on considère que le canal est désobturé. Cependant, quelle que soit la technique utilisée, il a été démontré que la suppression totale du matériau d'obturation du traitement précédent était quasiment impossible (30, 33, 37, 40, 73, 75, 78, 83 – 89).

3.2.2 L'irrigation

Une irrigation abondante après le passage de chaque instrument à l'hypochlorite de sodium à 2,5% est un facteur favorisant la réussite d'un retraitement endodontique par son effet antiseptique et lubrifiant des canaux. De plus, elle permet de faire remonter dans la chambre coronaire les débris du matériau d'obturation produits par l'instrumentation utilisée.

Un activateur ultra-sonique peut être utilisé lors de la dernière irrigation. Il permet alors d'augmenter l'efficacité de la désinfection en permettant une pénétration et une action de l'irrigant dans les zones inaccessibles à l'instrumentation. L'insert ultra-sonore est alors placé dans le canal pendant plusieurs cycles de 10 secondes.



Figure 6 : L'activateur ultra sonique Endo Ultra® (Micro-Mega® – Besançon – France)

Une fois la dernière irrigation réalisée, le canal peut alors être irrigué avec un chélateur tel que l'EDTA qui élimine la smear-layer (boue dentinaire) restante pour favoriser l'étanchéité de l'obturation canalaire. Il peut lui aussi être activé et sera neutralisé soit par du sérum physiologique, soit par de l'hypochlorite de sodium en fonction du ciment utilisé pour l'obturation.

3.2.3 L'obturation canalaire

Après avoir séché le canal avec des cônes de papier, le canal peut alors être obturé avec des cônes de gutta percha et du ciment endodontique de manière tridimensionnelle pour lui offrir une étanchéité optimale. Plusieurs techniques d'obturation existent aujourd'hui. Elles peuvent être plus ou moins chronophages, mais celle qui paraît encore de nos jours la plus adaptée à la complexité du réseau canalaire et la plus durable dans le temps reste la technique de Schilder ou compaction de la gutta percha à chaud (39).

4. Les difficultés du retraitement endodontique

Le retraitement endodontique est considéré comme un acte délicat et complexe par la profession. En effet, les praticiens peuvent être confrontés à de nombreuses difficultés lors de la réalisation de celui-ci.

4.1 La fracture d'un instrument

La fracture d'un instrument n'est pas une chose rare lors d'un retraitement (15). Une difficulté supplémentaire réside alors dans le fait de devoir le retirer du canal. Pour cela, l'utilisation d'ultra-sons est indispensable.

4.2 La mise en forme des canaux non traités

Lors du traitement endodontique initial, des canaux peuvent ne pas avoir été obturés. Une minéralisation de ces derniers peut alors complexifier la vacuité foraminale nécessaire à l'obtention d'un traitement acceptable. Lors du cathétérisme ou de la mise en forme, un stripping puis une butée peuvent alors se créer par le redressement de l'instrument en direction du côté opposé à la courbure.

L'utilisation d'EDTA en gel (Glyde®) alternée avec une irrigation à l'hypochlorite de sodium à 2,5% permet dans ce cas une élimination active de la dentine et facilite le cathétérisme des instruments (74).

4.3 La présence de butée

Pour éviter la création d'un faux canal puis d'une perforation, la gestion de la butée doit se faire de manière immédiate. L'instrumentation rotative est dans ce cas proscrite. Il est alors recommandé d'utiliser des limes manuelles en acier de faible diamètre apical que l'on pré-courbe en direction de la courbure, telles que les limes K 8/100, ou des limes de plus gros diamètre ou de conicité mais plus courtes, telles que les limes C+® (Maillefer® – Ballaigues – Suisse).

Une fois l'axe canalaire retrouvé, des quarts de tour horaires et antihoraires doivent être effectués avec des mouvements d'avancées sans se retirer du canal.

Lorsque la lime se situe au-delà de la butée, des mouvements de va et vient sont alors réalisés jusqu'à l'absence de toute contrainte. L'instrument pourra alors être retiré et le canal irrigué.

Le diamètre des limes pourra alors être augmenté en vérifiant après chaque passage d'instrument la longueur de travail et la vacuité foraminale.

Un instrument en Ni-Ti en phase martensite (pré-courbable) pourra alors être engagé à son niveau et favoriser l'érosion voire l'élimination de la butée.

**Partie expérimentale : Etude en tomographie
volumique de la quantité de matériaux
résiduels après désobturation avec le système
Remover® (Micro-Méga® – Besançon – France)**

Introduction

Le retraitement endodontique est un acte quotidien dans la pratique d'un chirurgien-dentiste. En effet, la perte d'étanchéité de tout ancien traitement permet une infiltration bactérienne au niveau du péri-apex des racines. Il est donc essentiel de pouvoir retraiter efficacement tous les canaux radiculaires. Pour ce faire, de nombreux instruments manuels ou rotatifs sont disponibles sur le marché.

Les limes manuelles étant aujourd'hui trop chronophages, la tendance actuelle se dirige vers des instruments rotatifs. Ainsi, l'innovation et le perfectionnement des techniques sont, de nos jours, permanents. Depuis le début des années 2000, des limes spécifiques de retraitement endodontique en Ni-Ti ont été développées. Le R-Endo® (Micro-Méga® – Besançon – France) fut la première séquence proposée, suivie rapidement par le Protaper Universal Retreatment® (Dentsply-Sirona® – Ballaigues – Suisse). Ces deux séquences en trois instruments (en phase austénite) utilisées en crown down furent suivies par de nombreuses compagnies (FRG avec le D-Race, VDW avec le M2R, Komet avec l'EndoRestart, ...). Les fabricants ont ensuite cherché à réduire les séquences jusqu'à un seul instrument, améliorer les géométries, leur solidité (avec des traitements de surface ou thermiques) et leur comportement mécanique. Le dernier instrument proposé sur le marché a bénéficié de toutes ces avancées technologiques.

C'est pourquoi nous avons testé ce nouvel instrument de retraitement endodontique en rotation continue : le Remover® (Micro-Méga® – Besançon – France). Nous avons ainsi cherché à déterminer son potentiel de désobturation.

De plus, le One Flare® (Micro-Méga® – Besançon – France) étant de nos jours uniquement un instrument utilisé pour l'évasement des entrées canalaires, nous avons voulu montrer son efficacité en tant qu'opener dans une séquence de retraitement endodontique.

Matériel et méthode

1. Présentation du matériel

1.1 Les simulateurs NaoDent®

40 simulateurs NaoDent® (Right Nao® – Nantes – France) de première prémolaire maxillaire, pour cette étude, ont été mis à notre disposition. Ils possèdent deux racines, une vestibulaire et une palatine. Ces racines ne contenant qu'un seul canal, nous avons donc 80 canaux à étudier.

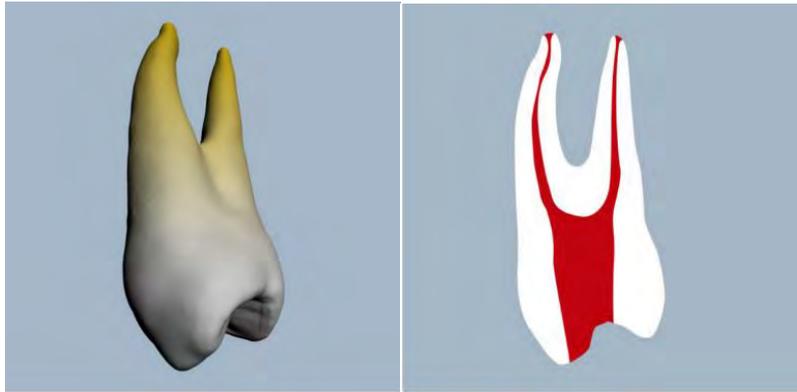


Figure 7 : Les simulateurs NaoDent® (Right Nao® – Nantes – France)

Ceux-ci, fabriqués par imprimante 3D, présentent une précision canalaire de 8/100^{ème} de millimètre au niveau de l'apex et une résistance à la chaleur à plus de 160° Celsius intéressante pour une obturation verticale à chaud.

Densité à 20° Celsius (solide) (en g/cm ³)	1,16
Force de traction (en MPa)	35 - 45
Module de traction (en MPa)	1500 - 2000
Elongation à la rupture	20 - 30 %
Force de flexion (en MPa)	50 - 60
Module de flexion (en MPa)	1700 - 2200
Force d'impact (Résistance au choc d'Izod) (en J/m)	20 - 25
Dureté Shore A	N/A
Dureté Shore D	77
Absorption hydrique (24h)	0,50%
Distortion thermique (HDT) à 0,45 MPa	51° Celsius
Distortion thermique (HDT) à 1,82 MPa	45° Celsius

Tableau 1 : Caractéristiques de la résine du simulateur NaoDent® (Right Nao® – Nantes – France)

1.2 La lime Remove®

1.2.1 Présentation de l'instrument

Le Remove® (Micro-Méga® – Besançon – France) est une lime unique en Ni-Ti traité thermiquement spécialement dédiée au retraitement endodontique. Elle s'utilise en rotation continue à des vitesses allant de 400 tours/minute à 800 tours/minute, pouvant être montée sur moteur avec (de 2 à 3 N.cm) ou sans contrôle de couple.

Elle possède une section en triple hélice, une conicité de 7% ainsi qu'une pointe passive de diamètre de 30/100. Deux longueurs, de 19 mm et de 23 mm, existent aujourd'hui sur le marché.

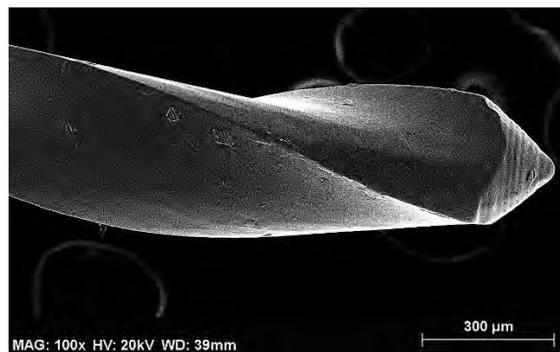


Figure 8 : Pointe passive de la lime Remove® (Micro-Méga® – Besançon – France) observée au microscope électronique à balayage (x100)

1.2.2 Protocole d'utilisation

Après l'aménagement de la voie d'accès et une bonne visibilité des canaux, un opener doit être utilisé sur 3 mm pour supprimer le triangle de Schilder et réaliser une empreinte dans la gutta-percha, qui sert de guide lors de l'engagement du Remove®.

Puis, avec une très faible pression apicale, celui-ci peut être introduit dans l'empreinte de l'opener avec une série de 2 à 3 mouvements de va et vient corono-apicaux jusqu'à atteindre LT – 2 mm. Ces séries de mouvements sont renouvelées, après une irrigation à l'hypochlorite de sodium, éliminant les débris après chaque passage instrumental. Le choix de la longueur de la lime est donc fonction de la longueur de travail estimée.

Les deux derniers millimètres pourront ensuite être désobturés avec le dernier instrument de mise en forme de traitement initial habituellement utilisé par le praticien.

1.3 Le One Flare®

1.3.1 Présentation de l'instrument

Le One Flare® (Micro-Méga® – Besançon – France) est un opener en Ni-Ti en traitement thermique utilisé pour évaser les entrées canalaire lors d'un traitement endodontique. Il s'utilise en rotation continue.

Son diamètre de pointe est de 25/100, sa conicité de 9% et sa longueur de 17 mm.

1.3.2 Protocole d'utilisation

Le One Flare® s'utilise sur les 4 premiers millimètres coronaires. Il permet d'évaser les entrées canalaire et ainsi de faciliter le cathétérisme de la lime initiale en éliminant les contraintes du tiers coronaire. Ainsi, le risque de fracture instrumentale de la séquence de mise en forme est diminué grâce à l'accès en ligne droite du tiers moyen.

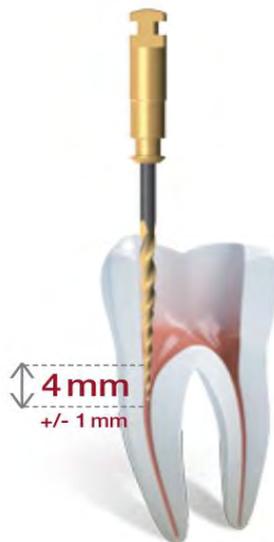


Figure 9 : Protocole opératoire One Flare® (Micro-Méga® – Besançon – France)

2. Détermination de la longueur de travail (LT)

A l'aide d'une lime K 15/100 (Micro-Méga® – Besançon – France), il convient de pénétrer dans le canal jusqu'à la vacuité foraminale. Le stop de la lime endodontique est alors placé au niveau d'un repère coronaire (cuspidés vestibulaire et palatine) et la longueur exacte du canal est mesurée grâce à une jauge. Il convient d'enlever 0,5 mm à cette longueur pour connaître la longueur de travail. L'avantage d'utiliser un simulateur est que cette longueur est toujours la même.

Canal	Vestibulaire	Palatin
Longueur du canal	21,5 mm	19,5 mm
Longueur de travail	21 mm	19 mm

Tableau 2 : Détermination des longueurs de travail

3. Mise en forme initiale

Après le passage préalable d'une lime Helifile 15 jusqu'à la longueur de travail, la séquence 2Shape (Micro-Méga® – Besançon – France) a été utilisée.

Cette séquence est constituée de deux instruments :

- Le TS1 : instrument d'une conicité de 4% et d'un diamètre de pointe de 25/100
- Le TS2 : instrument d'une conicité de 6% et d'un diamètre de pointe de 25/100

Le même protocole a été utilisé pour les 80 canaux des simulateurs :

→ L'instrument TS1 monté sur le moteur Dual Move® (Micro-Méga® – Besançon – France) est introduit dans le canal en rotation continue à 400 Tr/min dans un mouvement de descente progressif jusqu'à l'encontre d'une résistance. Un appui pariétal au contact de la résistance est alors effectué pour libérer la contrainte. L'instrument est alors retiré en appui pariétal pour être nettoyé et le canal est irrigué à l'eau de manière abondante.

L'instrument est alors réintroduit dans le canal jusqu'à progresser au niveau de la longueur de travail déterminée auparavant.

→ La même cinétique avec le TS2 a été observée.

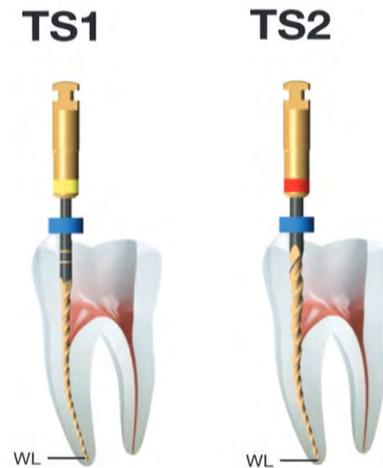


Figure 10 : Protocole opératoire de la séquence 2Shape® (Micro-Méga® – Besançon – France)

4. Obturation canalaire

La technique d'obturation choisie est celle de la compaction verticale à chaud (technique de Schilder).

Le même protocole a été utilisé pour les 80 canaux des simulateurs :

→ Des cônes de gutta percha de 25/100 avec une conicité de 6% (Micro-Méga® – Besançon – France) ont été enduits de ciment endodontique MM – Seal® (Micro-Méga® – Besançon – France) et introduits dans le canal jusqu'à la longueur de travail.



Figure 11 : Ciment endodontique MM – Seal® (Micro-Méga® – Besançon – France)

- Ces cônes de gutta percha ont alors été sectionnés aux entrées canalaires grâce au thermo-fouloir Fast Pack® (Eighteeth® – Jiangsu – Chine) à 200° celsius. Après avoir délicatement foulé la gutta percha au niveau des entrées canalaires à l'aide d'un fouloir de Machtou, l'appareil est introduit jusqu'à 5 mm dans le canal à 200° celsius de telle sorte qu'une fois réchauffée la gutta percha soit ramollie par la chaleur et devienne plastique. Le thermo-fouloir refroidi à 0°, une pression apicale est appliquée qui génère une pression hydraulique poussant la gutta percha et le ciment endodontique contre les parois du canal a été appliquée.



Figure 12 : Fast Pack® (Eighteeth® – Jiangsu – Chine)

- Dans l'espace laissé par le thermo-fouloir après son retrait, le manque de gutta percha sur les 5 premiers millimètres est comblé par de la gutta percha injectée grâce au Cordless Gutta Obturator® (META BIOMED CO®, LTD. – Cheongju-si – Corée).



Figure 13 : Cordless Gutta Obturator® (META BIOMED CO®, LTD. – Cheongju-si – Corée)

- La gutta percha des entrées canalaires est enfin délicatement foulée au fouloir de Machtou.

5. Désobturation

Les simulateurs ont été répartis en huit groupes distincts :

- Groupe 1a
- Groupe 1b
- Groupe 2a
- Groupe 2b
- Groupe 3a
- Groupe 3b
- Groupe 4a
- Groupe 4b

Le but est de pouvoir comparer les échantillons.

Groupes	1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a	4b
Longueur Remover	L23	L23	L23	L23	L19	L19	L19	L19
Vitesse	400	400	800	800	400	400	800	800
Opener	One Flare	HyFlex CM						

Tableau 3 : Détermination des différents groupes

Le protocole est toujours le même pour chaque canal d'un même groupe.

- Le One Flare® pour les groupes 1a, 2a, 3a et 4a initia la désobturation à 400 Tr/min (groupes 1a et 2a) ou à 800 Tr/min (groupes 3a et 4a) sur les 4 mm initiaux de gutta percha.

La lime HyFlex™ CM (Coltene® – Alstätten – Suisse), quant à elle, l'initia dans les groupes 1b, 2b, 3b et 4b.



Figure 14 : Lime HyFlex™ CM (Coltene® – Alstätten – Suisse)

- L'instrument Removeur monté sur le moteur E-Connect S® (Eighteeth® – Jiangsu Province – Chine) est utilisé à 400 Tr/min ou 800 Tr/min selon le groupe. Il fut introduit en rotation dans le canal avec des mouvements corono-apicaux de faible amplitude ainsi que des appuis pariétaux jusqu'à LT – 3 mm. Une irrigation abondante est réalisée entre le passage des limes.



Figure 15 : Lime Removeer® (Micro-Méga® – Besançon – France) de 19 mm

- Le TS2 de la séquence 2Shape® (Micro-Méga® – Besançon – France) a par la suite terminé la désobturation jusqu'à la longueur de travail à 400 Tr/min.
- Les ultra-sons de l'Endo Ultra® (Micro-Méga® – Besançon – France) ont enfin été appliqués pendant trois fois trente secondes jusqu'à LT – 3 mm pour faire remonter les débris canalaires. Le canal a été alors abondamment irrigué à chaque fois.

6. Les instruments

Toutes les limes Removeur et toutes les limes de la séquence 2Shape® (Micro-Méga® – Besançon – France) n'ont été utilisées que dans la désobturation de trois canaux.

Les One Flare® (Micro-Méga® – Besançon – France) et les limes HyFlex™ CM (Coltène® – Alstätten – Suisse) ont, quant à eux, été changés tous les cinq canaux.

Après leurs trois utilisations, les instruments Removeur ont été analysés à l'œil nu, puis sous binoculaire S9 E Set CO® (Leica Microsystems® – Wetzlar – Allemagne) au grossissement x6,4 et x16, pour vérifier tout dévissage ou toute fracture de lime.

7. Acquisition 3D par CBCT

7.1 Création d'un support CBCT

Un support en silicone putty a été réalisé pour permettre l'acquisition en trois dimensions de tout un groupe en un seul CBCT (Figure 16).

Pour ce faire, après avoir malaxé du silicone putty Kite Surf® (Acteon® – Mérignac – France), les simulateurs d'un groupe y ont été intégrés selon un ordre précis avec un axe constant et une profondeur égale.

De plus, ce dernier sert également de guide radiologique, puisqu'un cône de gutta percha incorporé dans le support permet l'identification radiologique de chaque canal d'un même groupe.



Figure 16 : Groupe de simulateurs dans leur support de silicone pour CBCT

7.2 Détermination des constantes du CBCT

Un fichier patient nommé "Remover" a été créé.

Pour une précision optimale, plusieurs acquisitions d'un même groupe ont été réalisées en variant à chaque fois un paramètre d'exposition :

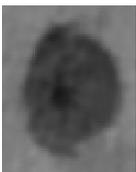
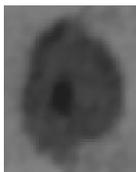
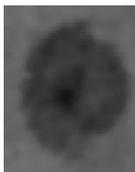
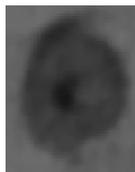
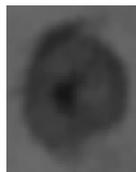
Acquisitions	1	2	3	4	5	6
Tensions	60 kV	70 kV	91 kV	91 kV	100 kV	120 kV
Intensités	2 mA	2 mA	2 mA	4 mA	4 mA	8 mA
Temps d'exposition	19 sec	19 sec	19 sec	19 sec	19 sec	19 sec
Doses	161 mGy.cm ²	249 mGy.cm ²	117 mGy.cm ²	235 mGy.cm ²	324 mGy.cm ²	1135 mGy.cm ²
Dimensions des voxels	75 x 75 x 75 μ	75 x 75 x 75 μ	75 x 75 x 75 μ			
Coupes orthogonales d'un même canal						

Tableau 4 : Différents paramétrages du CBCT

Le contraste entre la résine du simulateur, le canal et le silicone du support ainsi que la précision des coupes ont alors été comparés.

Ainsi, après avoir testé plusieurs clichés avec différents paramétrages sur le logiciel d'analyse Ctan®, ceux de l'acquisition 2 (70 kV, 2 mA, 19 sec, 249 mGy.cm²) nous ont paru les plus adaptés à l'analyse informatique.

7.3 Acquisition 3D

Les clichés sont réalisés à partir du CBCT CS 9600 (Carestream Dental® – Atlanta – Georgie – USA) aux paramétrages choisis précédemment.

Quatre clichés, soit un par groupe, ont été faits.

Les acquisitions obtenues en format « DICOM » sont par la suite converties en format « TIFF » grâce au logiciel DICOM Converter®. Ainsi, au travers de cette conversion, les voxels sont devenus des pixels.

8. Évaluations et mesures

Nous avons cherché à déterminer, à partir des coupes orthogonales des CBCT réalisées, la quantité de matériau d'obturation résiduel, que ce soit de la gutta percha ou du ciment d'obturation endodontique, et de vide au niveau des canaux.

Toutefois, il est extrêmement difficile de discriminer radiologiquement le vide et le matériau résiduel. Ainsi, une aide informatique s'impose.

Le logiciel Ctan® (Bruker® – Anvers – France) permet la dichotomie des pixels noirs, qui correspondent au vide, et des pixels gris qui équivalent au matériau d'obturation résiduel dans chaque canal.

De plus, il permet de connaître la mesure des diamètres (en pixels) des canaux après leur désobturation.

8.1 Choix des coupes

Lors de l'acquisition d'un CBCT, selon nos réglages, il existe 800 coupes orthogonales contigües de 75 µm d'épaisseur.

Trois coupes pour chaque CBCT ont été retenues pour être analysées sur Ctan® :

- LT – 2 mm : au niveau du tiers apical des canaux
- LT – 4,5 mm : au niveau du tiers médian des canaux
- LT – 7 mm : au niveau du tiers coronaire des canaux

C1 étant la coupe correspondant à la coupe orthogonale à la longueur de travail :

Mesure souhaitées	LT - 2 mm	LT - 4,5 mm	LT - 7 mm
<i>Numéros des coupes</i>	C1 + 27 coupes	C1 + 60 coupes	C1 + 90 coupes
<i>Mesures exactes</i>	LT - 2,025 mm	LT - 4,5 mm	LT - 7,05 mm

Tableau 5 : Numéros des coupes pour obtenir les coupes souhaitées

8.2 Analyse sur Ctan®

Les fichiers au format « TIFF » des coupes choisies ci-dessus sont ouverts un par un sur ce logiciel. Il est alors nécessaire de zoomer au maximum sur le canal que l'on veut analyser.

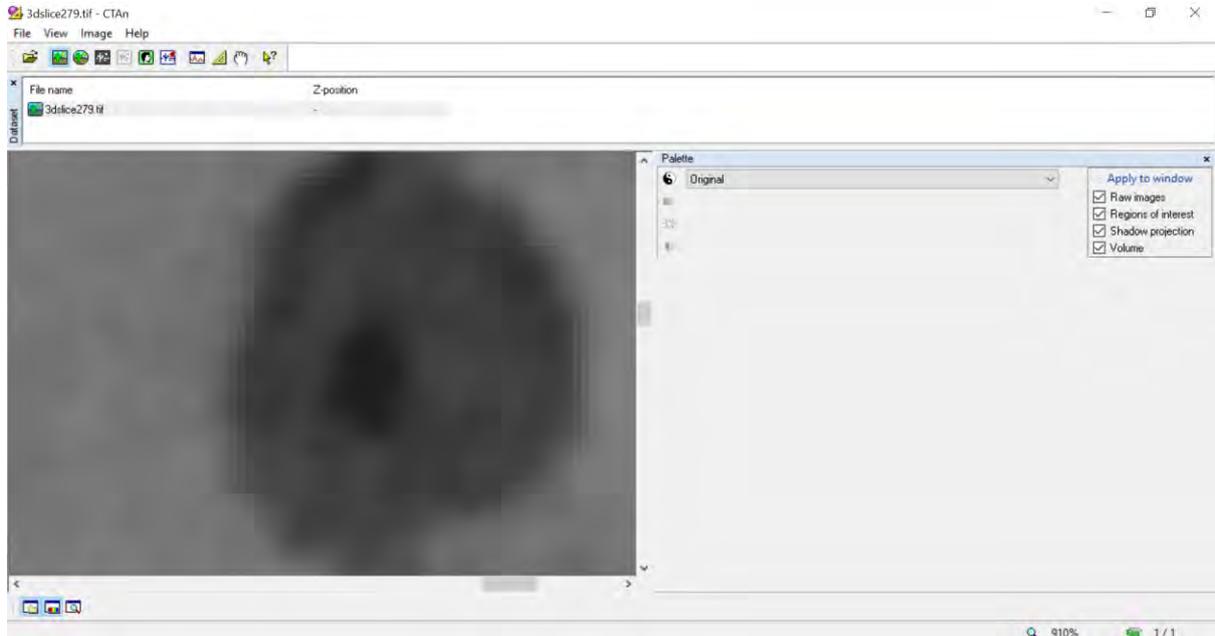


Figure 17 : Ouverture d'un fichier au format « TIFF » avec Ctan®

Chose faite, il faut déterminer la région d'intérêt ou « *region of interest* » (ROI) qui correspond au canal, soit au vide et au matériau résiduel s'il existe.

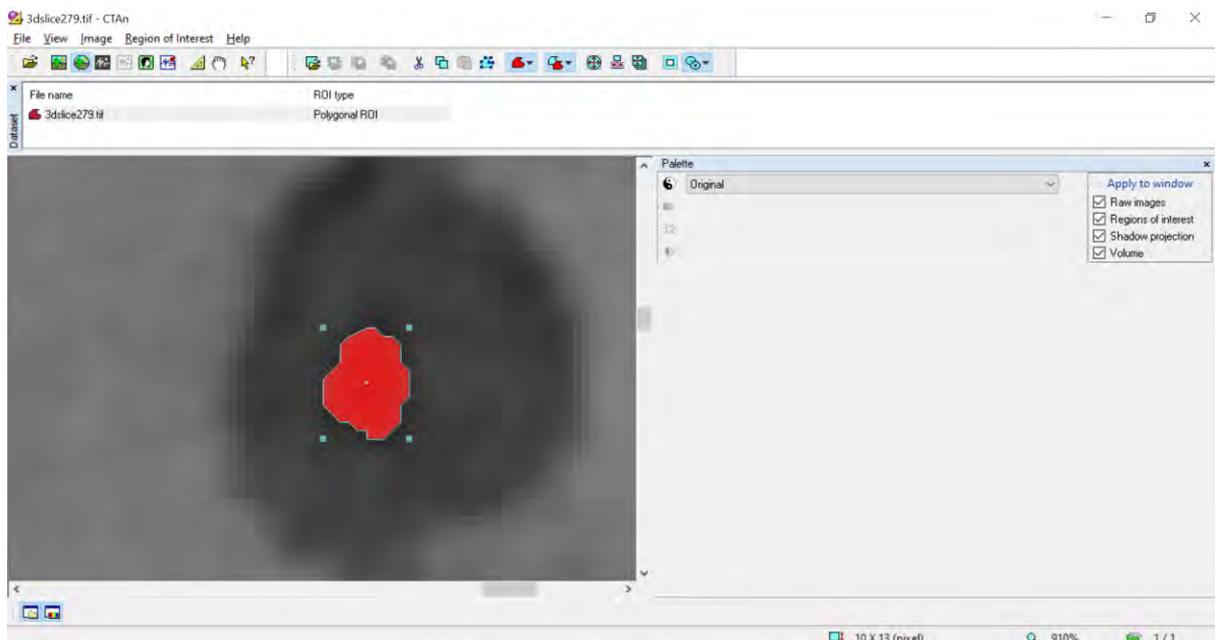


Figure 18 : Tracé de la région d'intérêt sur Ctan®

Le logiciel permet par la suite une binarisation des pixels grâce au mode “ binary selection preview ”. Ainsi, tous les pixels en blanc correspondent au volume canalaire total.

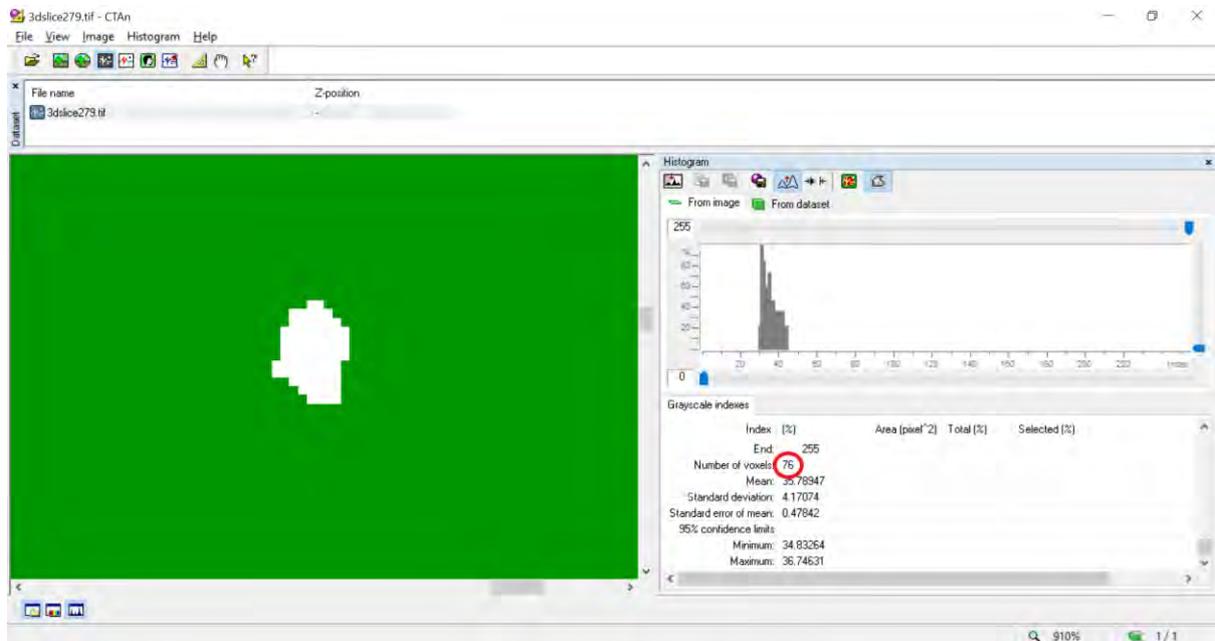


Figure 19 : Binarisation des pixels avec un filtre 0 sur Ctan®

Une fois le nombre de pixels du volume total du canal noté dans un tableau Excel® (Microsoft® - Redmond – USA), un seuil défini par Ctan® de manière à maximiser la variance inter-classe et à minimiser la variance intra-classe est appliqué. Il permet ainsi de mettre en valeur les pixels représentant les matériaux résiduels.

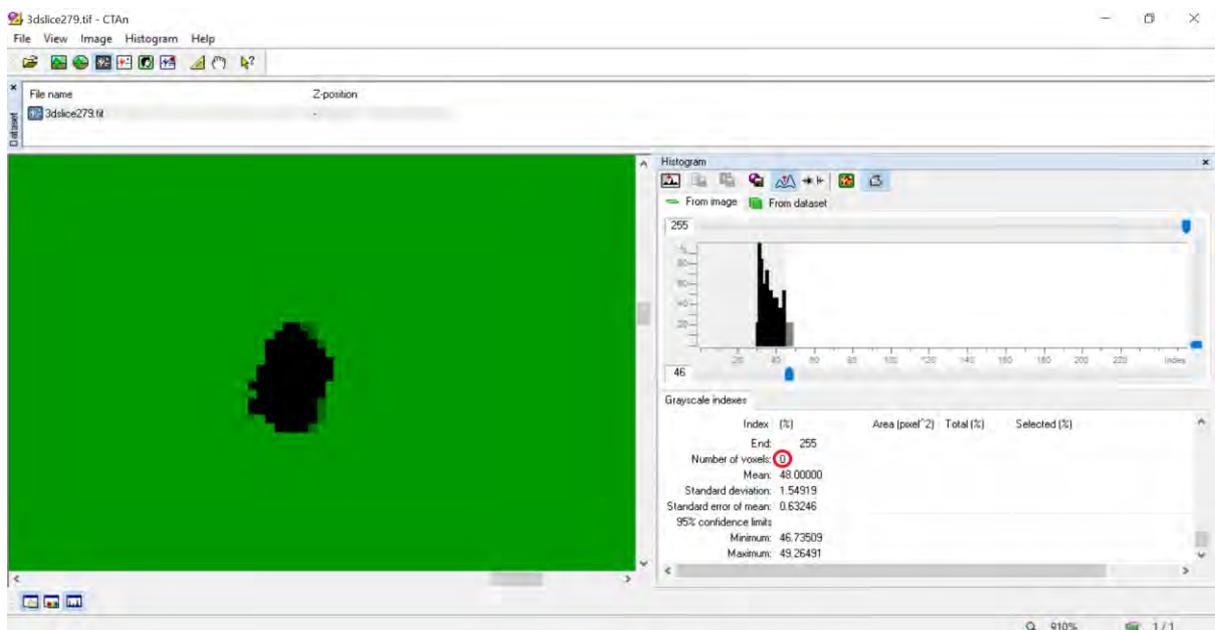


Figure 20 : Binarisation des pixels sans matériaux résiduel

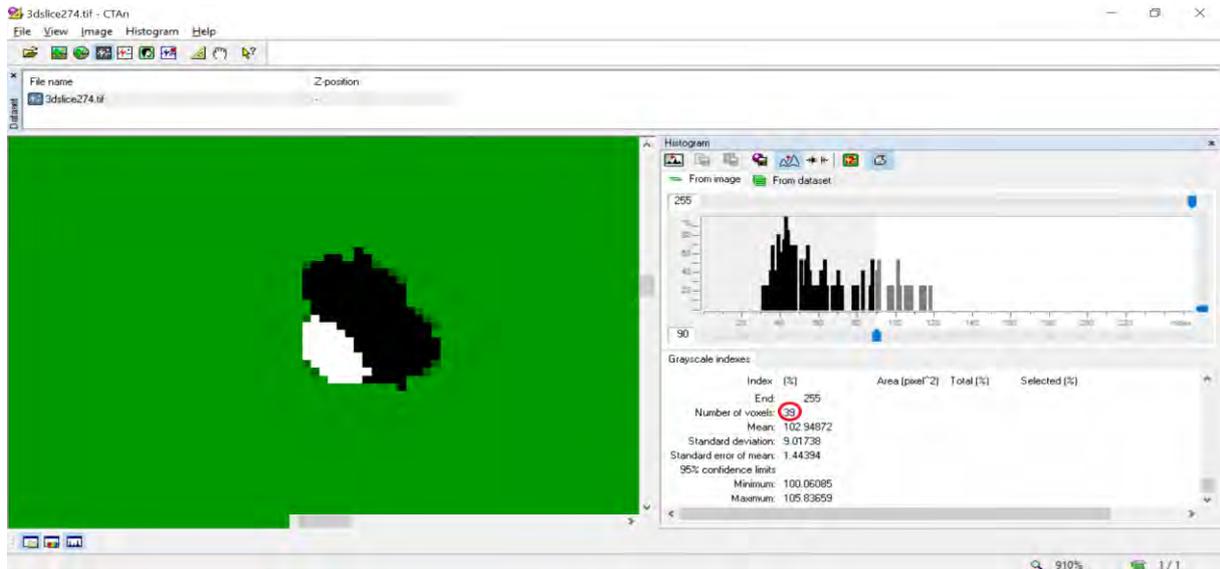


Figure 21 : Binarisation des pixels avec matériaux résiduels

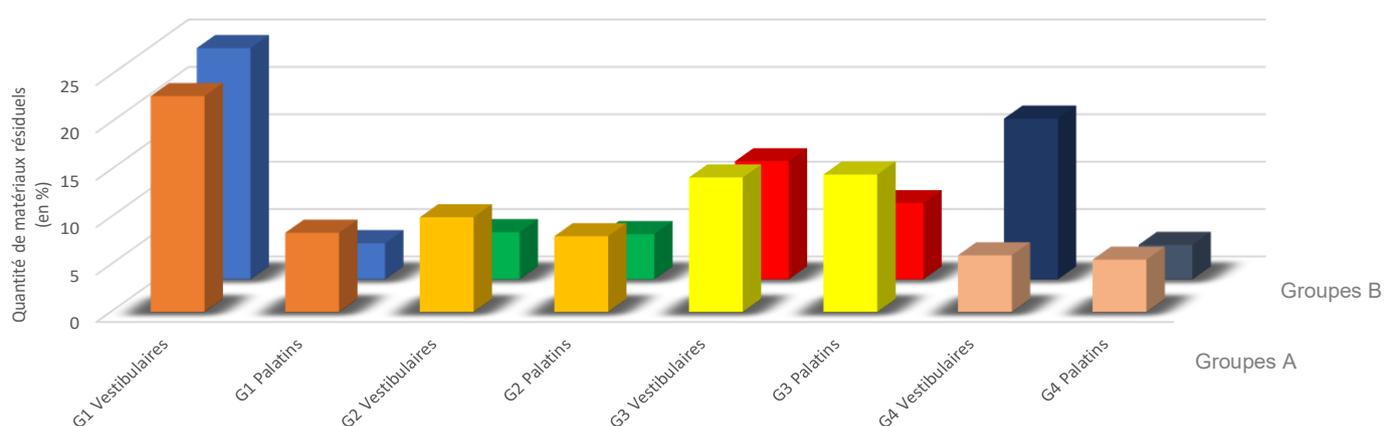
Le pourcentage du nombre de pixels des matériaux résiduels par rapport au nombre de pixels total du canal est ensuite calculé.

Résultats :

Les résultats de l'analyse du matériau résiduel sont par la suite soumis à une analyse descriptive et une analyse statistique à travers l'analyse de variance (ANOVA) et le test à posteriori (PLSD) de FISCHER.

1. Résultats entre les groupes selon la région canalaire

1.1 Résultats descriptifs



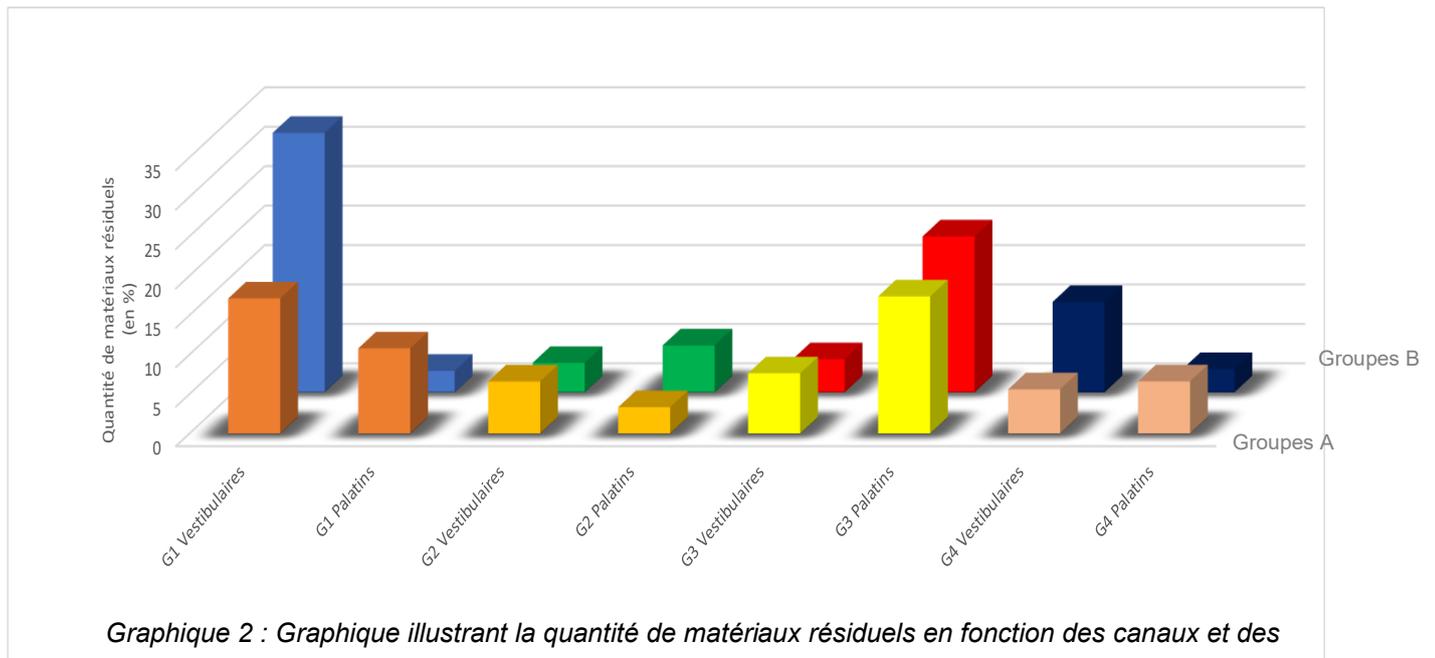
Graphique 1 : Graphique illustrant la quantité de matériaux résiduels en fonction des canaux et des groupes à LT – 2 mm

	Moyenne	Err. Std.
G1a, Vestibulaire	22,789	4,737
G1a, Palatin	8,367	2,902
G1b, Vestibulaire	24,4	4,64
G1b, Palatin	3,813	2,114
G2a, Vestibulaire	10,003	4,123
G2a, Palatin	8,003	3,375
G2b, Vestibulaire	4,99	0,41
G2b, Palatin	4,77	4,251
G3a, Vestibulaire	14,2	4,016
G3a, Palatin	14,513	3,21
G3b, Vestibulaire	12,455	10,765
G3b, Palatin	8,037	5,025
G4a, Vestibulaire	5,994	1,718
G4a, Palatin	5,524	2,653
G4b, Vestibulaire	16,96	8,04
G4b, Palatin	3,637	1,964

Tableau 6 : Tableau illustrant la moyenne de quantité de matériaux résiduels (en %) en fonction des canaux et des groupes à LT – 2 mm

Nous pouvons donc constater que les taux de désobturation des groupes G2a, G2b et G4a sont supérieurs à ceux des groupes G1a, G1b, G3a, G3b et G4b. Nous observons également des taux supérieurs au niveau des canaux palatins.

1.1.2 LT – 4,5 mm

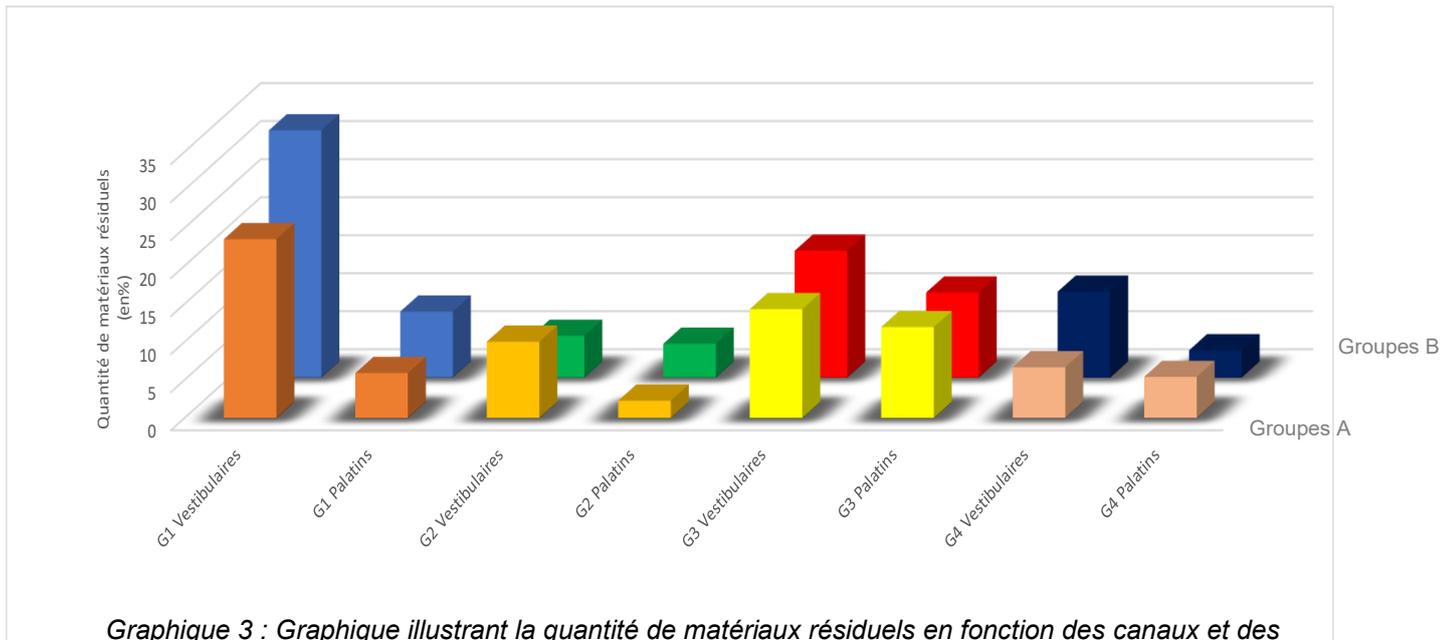


	Moyenne	Err. Std.
G1a, Vestibulaire	17,149	4,668
G1a, Palatin	10,816	3,294
G1b, Vestibulaire	32,89	3,46
G1b, Palatin	2,723	0,726
G2a, Vestibulaire	6,62	2,139
G2a, Palatin	3,359	0,897
G2b, Vestibulaire	3,73	1,17
G2b, Palatin	5,94	2,911
G3a, Vestibulaire	7,654	3,384
G3a, Palatin	17,409	5,075
G3b, Vestibulaire	4,185	0,795
G3b, Palatin	19,767	5,818
G4a, Vestibulaire	5,624	2,173
G4a, Palatin	6,637	3,5
G4b, Vestibulaire	11,455	8,355
G4b, Palatin	2,947	0,589

Tableau 7 : Tableau illustrant la moyenne de quantité de matériaux résiduels en fonction des canaux et des groupes à LT – 4,5 mm

Ainsi, nous obtenons un taux de désobturation supérieur pour les groupes G2a, G2b, G4a et G4b par rapport aux groupes G1a, G1b, G3a, G3b. La moyenne de la quantité de matériaux résiduels est aussi inférieure pour les canaux palatins.

1.1.3 LT – 7 mm



Graphique 3 : Graphique illustrant la quantité de matériaux résiduels en fonction des canaux et des groupes à LT – 7 mm

	Moyenne	Err. Std.
G1a, Vestibulaire	23,526	4,349
G1a, Palatin	5,919	3,473
G1b, Vestibulaire	32,51	2,18
G1b, Palatin	8,677	3,723
G2a, Vestibulaire	10,049	2,593
G2a, Palatin	2,289	1,007
G2b, Vestibulaire	5,505	1,335
G2b, Palatin	4,447	2,527
G3a, Vestibulaire	14,327	4,389
G3a, Palatin	11,96	4,144
G3b, Vestibulaire	16,68	15,45
G3b, Palatin	11,187	9,038
G4a, Vestibulaire	6,686	2,584
G4a, Palatin	5,414	3,083
G4b, Vestibulaire	11,295	8,645
G4b, Palatin	3,59	2,978

Tableau 8 : Tableau illustrant la moyenne de quantité de matériaux résiduels en fonction des canaux et des groupes à LT – 7 mm

Le taux de désobturation est supérieur pour les groupes G2a, G2b, G4a, G4b par rapport aux groupes G1a, G1b, G3a et G3b. Nous observons une moyenne de quantité de matériaux résiduels toujours supérieure pour les canaux vestibulaires.

1.2 Analyse statistique

1.2.1 LT – 2 mm

	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de p	Puissance
Groupe	1180,613	168,659	0,0769	0,719
Canal	689,912	689,912	0,0064	0,806
Groupe*Canal	944,946	134,992	0,1648	0,599

Tableau 9 : Résultats du test de variance ANOVA entre les groupes et la quantité de matériaux résiduels à LT – 2 mm

Des différences statistiquement significatives sont ainsi observées et peuvent être précisées par le test à postériori de Fisher.

	Valeur de p	Significativité
G1a vs G1b	0,4074	Non
G1a vs G2b	0,044	Oui
G1a vs G2b	0,023	Oui
G1a vs G3b	0,6163	Non
G1a vs G3b	0,1981	Non
G1a vs G4a	0,0036	Oui
G1a vs G4b	0,1452	Non
G1b vs G2a	0,5379	Non
G1b vs G2b	0,2267	Non
G1b vs G3a	0,6344	Non
G1b vs G3b	0,7045	Non
G1b vs G4a	0,1968	Non
G1b vs G4b	0,6026	Non
G2a vs G2b	0,3845	Non
G2a vs G3a	0,1257	Non
G2a vs G3b	0,8791	Non
G2a vs G4a	0,3363	Non
G2a vs G4b	0,9829	Non
G2b vs G3a	0,0529	Non
G2b vs G3b	0,4042	Non
G2b vs G4a	0,8495	Non
G2b vs G4b	0,4881	Non
G3a vs G3b	0,3485	Non
G3a vs G4a	0,0142	Oui
G3a vs G4b	0,2675	Non
G3b vs G4a	0,4053	Non
G3b vs G4b	0,8873	Non
G4a vs G4b	0,5094	Non

Tableau 10 : Résultats du Test PLSD de Fisher du pourcentage de matériaux résiduels à LT – 2 mm

Nous pouvons donc remarquer que la différence est significative entre les groupes G1a et G2a, G1a et G2b, G1a et G4a, G3a et G4b à LT – 2 mm.

1.2.2 LT – 4,5 mm

	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de p	Puissance
Groupe	1398,983	199,855	0,0194	0,864
Canal	88,193	88,193	0,2869	0,175
Groupe*Canal	2002,973	286,139	0,0019	0,97

Tableau 11 : Résultats du test de variance ANOVA entre les groupes et la quantité de matériaux résiduels à LT – 4,5 mm

Des différences statistiquement significatives sont ainsi observées et peuvent être précisées par le test à postériori de Fisher.

	Valeur de p	Significativité
G1a vs G1b	0,8953	Non
G1a vs G2b	0,0059	Oui
G1a vs G2b	0,0472	Oui
G1a vs G3b	0,5359	Non
G1a vs G3b	0,8844	Non
G1a vs G4a	0,0137	Oui
G1a vs G4b	0,0872	Non
G1b vs G2a	0,0357	Oui
G1b vs G2b	0,0832	Non
G1b vs G3a	0,5692	Non
G1b vs G3b	0,8211	Non
G1b vs G4a	0,0587	Non
G1b vs G4b	0,1319	Non
G2a vs G2b	0,9926	Non
G2a vs G3a	0,0295	Oui
G2a vs G3b	0,0663	Non
G2a vs G4a	0,7555	Non
G2a vs G4b	0,7825	Non
G2b vs G3a	0,1183	Non
G2b vs G3b	0,1302	Non
G2b vs G4a	0,8185	Non
G2b vs G4b	0,8158	Non
G3a vs G3b	0,7697	Non
G3a vs G4a	0,0602	Non
G3a vs G4b	0,1994	Non
G3b vs G4a	0,1045	Non
G3b vs G4b	0,1986	Non
G4a vs G4b	0,9554	Non

Tableau 12 : Résultats du Test PLSD de Fisher du pourcentage de matériaux résiduels à LT – 4,5 mm

Soit, nous observons une différence significative entre les groupes G1a et G2a, G1a et G2b, G1a et G4a, G1b et G2a, G2a et G3a à LT – 4,5 mm.

1.2.3 LT – 7 mm

	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de p	Puissance
Groupe	1683,091	240,442	0,019	0,866
Canal	1022,087	1022,087	0,0014	0,927
Groupe*Canal	997,809	142,544	0,1649	0,599

Tableau 13 : Résultats du test de variance ANOVA entre les groupes et la quantité de matériaux résiduels à LT – 7 mm

Des différences statistiquement significatives sont ainsi observées et peuvent être précisées par le test à postériori de Fisher.

	Valeur de p	Significativité
G1a vs G1b	0,5593	Non
G1a vs G2b	0,0135	Oui
G1a vs G2a	0,0386	Oui
G1a vs G3b	0,5526	Non
G1a vs G3a	0,6982	Non
G1a vs G4a	0,0105	Oui
G1a vs G4b	0,0853	Non
G1b vs G2a	0,0201	Oui
G1b vs G2b	0,0311	Oui
G1b vs G3a	0,3167	Non
G1b vs G3b	0,4283	Non
G1b vs G4a	0,017	Oui
G1b vs G4b	0,0611	Non
G2a vs G2b	0,7537	Non
G2a vs G3a	0,0562	Non
G2a vs G3b	0,1641	Non
G2a vs G4a	0,924	Non
G2a vs G4b	0,9607	Non
G2b vs G3a	0,0959	Non
G2b vs G3b	0,1644	Non
G2b vs G4a	0,8054	Non
G2b vs G4b	0,7669	Non
G3a vs G3b	0,9741	Non
G3a vs G4a	0,0455	Oui
G3a vs G4b	0,1898	Non
G3b vs G4a	0,1451	Non
G3b vs G4b	0,2717	Non
G4a vs G4b	0,9071	Non

Tableau 14 : Résultats du Test PLSD de Fisher du pourcentage de matériaux résiduels à LT – 7 mm

Nous pouvons constater une différence significative entre les groupes G1a et G2a, G1a et G2b, G1a et G4a, G1b et G2a, G1b et G2b, G1b et G4a, G3a et G4a à LT – 7 mm.

2. Résultats descriptifs des perforations selon les groupes

Groupes	Nombre de perforations
G1a	4
G1b	1
G2a	2
G2b	0
G3a	3
G3b	0
G4a	2
G4b	1

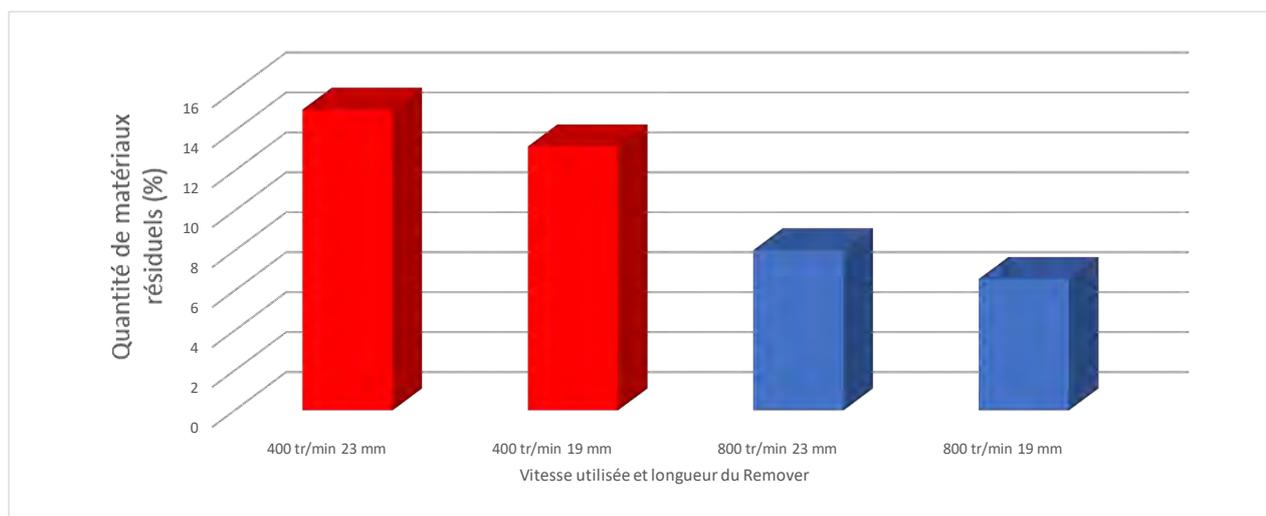
Tableau 15 : Résultats du nombre de perforations en fonction des groupes

Soit, 15% des canaux désobturés présentent une perforation.

3. Résultats entre la vitesse imposée au Remove® et la quantité de matériaux résiduels d'obturation

3.1 Résultats descriptifs

3.1.1 LT – 2 mm



Graphique 4 : Moyenne de quantité de matériaux résiduels en fonction de la vitesse imposée au Remove® à LT – 2 mm

Vitesse et L Remove	Moyenne	Err. Std.
400 tr/min 23 mm	15,056	2,822
400 tr/min 19 mm	13,211	2,189
800 tr/min 23 mm	8,017	2,065
800 tr/min 19 mm	6,572	1,509

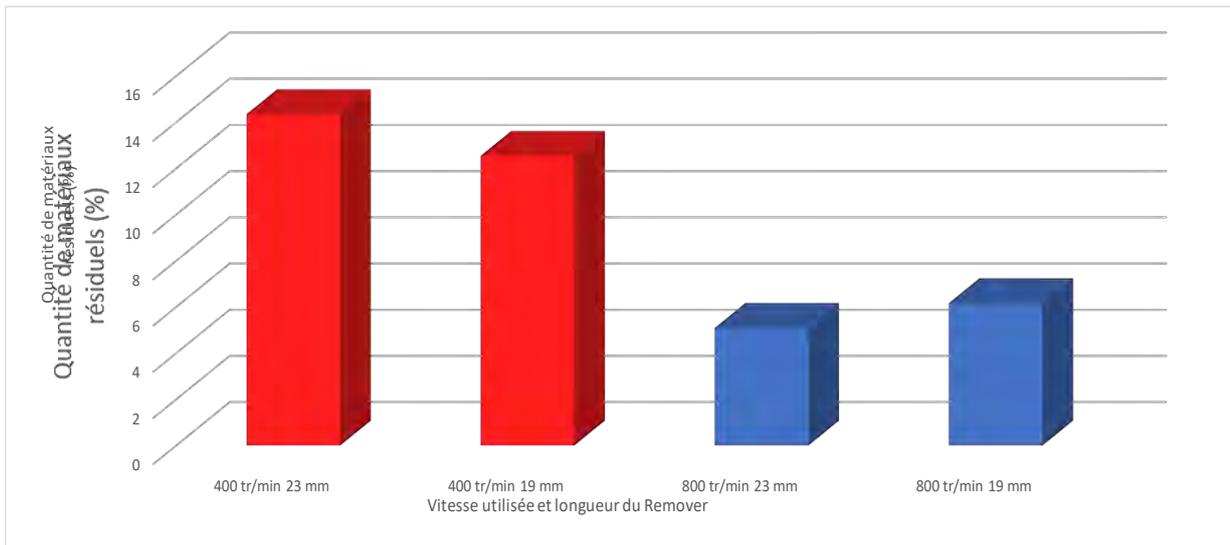
Tableau 16 : Résultats des moyennes de quantité de matériaux résiduels (en %) en fonction de la vitesse imposée au Remove® à LT – 2 mm

Le taux de désobturation est donc supérieur pour les groupes où le Remove® est utilisé à 800 Tr/min, soit les groupes G2a, G2b, G4a et G4b à LT – 2 mm.

De plus, on observe un taux de désobturation supérieur pour le Remove® de 19 mm par rapport à celui de 23 mm, soit pour les groupes G3a, G3b, G4a et Gb à LT – 2 mm.

L'analyse statistique sera détaillée de la page 55 à la page 57.

3.1.2 LT – 4,5 mm



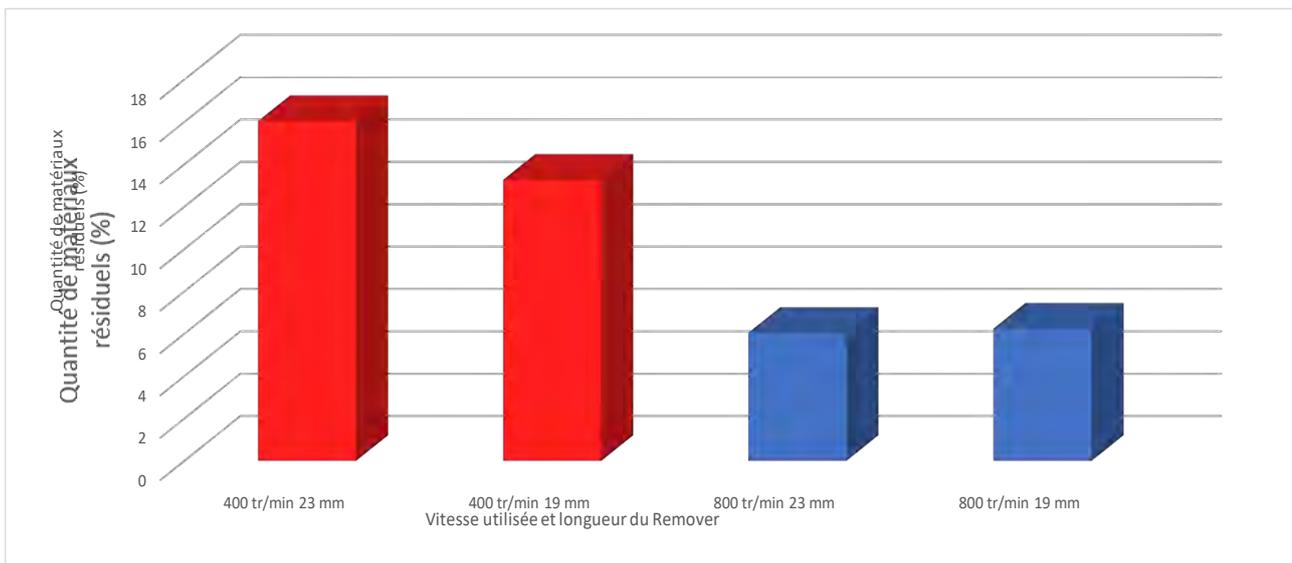
Graphique 5 : Moyenne de quantité de matériaux résiduels en fonction de la vitesse imposée au Remover® à LT – 4,5 mm

Vitesse et L Remover	Moyenne	Err. Std.
400 tr/min 23 mm	14,343	2,785
400 tr/min 19 mm	12,538	2,606
800 tr/min 23 mm	5,087	1,012
800 tr/min 19 mm	6,16	1,631

Tableau 17 : Résultats des moyennes de quantité de matériaux résiduels en fonction de la vitesse imposée au Remover® à LT – 4,5 mm

Le taux de désobturation reste supérieur pour les groupes où le Remover® est utilisé à 800 Tr/min et à L19 mm à LT – 4,5 mm.

3.1.3 LT – 7 mm



Graphique 6 : Moyenne de quantité de matériaux résiduels en fonction de la vitesse imposée au Remover® à LT – 7 mm

Vitesse et L Remover	Moyenne	Err. Std.
400 tr/min 23 mm	16,035	3,047
400 tr/min 19 mm	13,263	2,726
800 tr/min 23 mm	6,038	1,354
800 tr/min 19 mm	6,237	1,666

Tableau 18 : Résultats des moyennes de quantité de matériaux résiduels en fonction de la vitesse imposée au Remover® à LT – 7 mm

Ce taux de désobturation est toujours supérieur pour les groupes à 800 Tr/min et à L19 mm à LT – 7 mm.

3.2 Analyse statistique

3.2.1 LT – 2 mm

	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de p	Puissance
Vitesse	935,37	935,37	0,0026	0,885
Longueur du Remover	54,104	54,104	0,4562	0,111
Vitesse*L Remover	0,806	0,806	0,9274	0,051

Tableau 19 : Résultats du test de variance ANOVA entre la vitesse imposée au Remover et la quantité de matériaux résiduels à LT – 2 mm

3.2.2 LT – 4,5 mm

	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de p	Puissance
Vitesse	1221,953	1221,953	0,0005	0,967
Longueur du Remover	2,679	2,679	0,8643	0,053
Vitesse*L Remover	41,386	41,386	0,5025	0,099

Tableau 20 : Résultats du test de variance ANOVA entre la vitesse imposée au Remover et la quantité de matériaux résiduels à LT – 4,5 mm

3.2.3 LT – 7 mm

	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de p	Puissance
Vitesse	1448,742	1448,742	0,0004	0,969
Longueur du Remover	33,076	33,076	0,5792	0,084
Vitesse*L Remover	44,134	44,134	0,5219	0,095

Tableau 21 : Résultats du test de variance ANOVA entre la vitesse imposée au Remover et la quantité de matériaux résiduels à LT – 7 mm

4. Analyse statistique entre la quantité de matériaux résiduels dans les canaux vestibulaires et les canaux palatins du simulateur NaoDent® selon la région canalaire

4.1 LT – 2 mm

	Valeur de p	Significativité
Vestibulaire vs Palatin	0,0086	Oui

Tableau 22 : Résultats du Test PLSD de Fisher à LT – 2 mm

Ainsi, il existe une différence significative entre le pourcentage de quantité de matériaux résiduels des canaux vestibulaires et palatins à LT – 2 mm.

4.2 LT – 4,5 mm

	Valeur de p	Significativité
Vestibulaire vs Palatin	0,6178	Non

Tableau 23 : Résultats du Test PLSD de Fisher à LT – 4,5 mm

Il n'y a aucune différence significative entre le pourcentage de quantité de matériaux résiduels des canaux vestibulaires et palatins à LT – 4,5 mm.

4.3 LT – 7 mm

	Valeur de p	Significativité
Vestibulaire vs Palatin	0,0007	Oui

Tableau 24 : Résultats du Test PLSD de Fisher à LT – 7 mm

Nous observons, cette fois, une différence significative entre le pourcentage de quantité de matériaux résiduels des canaux vestibulaires et palatins à LT – 7 mm.

5. Résultats statistiques entre l'efficacité du One Flare® et de la lime HyFlex™ CM

	Valeur de p	Significativité
G1a vs G1b	0,4074	Non
G2a vs G2b	0,3845	Non
G3a vs G3b	0,3485	Non
G4a vs G4b	0,5094	Non

Tableau 25 : Résultats du test PLSD de FISHER entre les groupes utilisant le One Flare® et ceux utilisant la lime Hyflex CM®

Nous ne trouvons aucune différence significative entre les groupes G1a et G1b, G2a et G2b, G3a et G3b, G4a et G4b.

6. Résultats descriptifs des dévillages et des fractures de la lime Remove® selon les groupes

Nous n'avons observé aucune lime dévillée ni fracturée après leurs trois utilisations.

Discussion

1. Matériel et méthode

1.1 Le choix de la longueur de travail

Les longueurs des canaux des simulateurs NaoDent® ont été mesurées avec une lime manuelle endodontique et une jauge. La longueur du canal vestibulaire étant de 21,5 mm et le palatin de 19,5 mm, les longueurs de travail ont donc été fixées à 21 mm pour le canal vestibulaire et 19 mm pour le canal palatin pour respecter la constriction apicale.

Toutefois, des imprécisions ont pu, peut-être, être mesurées en raison de la graduation visuelle tous les millimètres de la jauge.

De plus, même si elles ont été vérifiées fréquemment, nous sommes partis du principe que tous les simulateurs sont identiques en raison de leur fabrication assistée par ordinateur et que donc tous les canaux de chaque simulateur possèdent les mêmes longueurs de travail.

1.2 La mise en forme

La mise en forme initiale des canaux des simulateurs a été réalisée grâce à la séquence 2Shape® d'un diamètre de pointe de 25/100, soit en rotation continue comme le préconisent de nombreux auteurs (34, 75 – 78). L'élargissement de la région apicale a été conduit vers un plus petit diamètre pour être corrélé avec la nécessité de retraitement. En effet, une sous-préparation apicale peut être un facteur d'indication de retraitement (79).

1.3 L'obturation

L'obturation verticale à chaud est considérée encore aujourd'hui par les endodontistes comme l'obturation la plus étanche et la plus complète, malgré son ancienneté (76). Toutefois, elle n'est pas simple à mettre en œuvre mais au contraire plutôt technique. L'opérateur a donc du préalablement se former, mais en raison de la courbe d'apprentissage liée à la technique et pour éviter que l'obturation des premiers groupes présente une qualité moindre que celle des derniers, les simulateurs ont donc été randomisés dans les groupes après leur obturation.

1.4 L'absence de solvant

Aucun solvant préalable à la désobturation n'a été utilisé. En effet, ces derniers peuvent être utilisés lorsque les matériaux d'obturations sont trop denses (79 – 81). Toutefois, ils provoquent également une masse visqueuse sur les parois canalaire difficile à retirer (34, 47, 82).

Ainsi, l'utilisation d'une séquence de retraitement en rotation continue a un effet mécanique, mais aussi thermique qui ramollit la Gutta Percha. Ceci favorise la désobturation des canaux (50, 80).

1.5 La désobturation

La désobturation a été réalisée grâce à la lime Remover® à deux vitesses différentes : 400 et 800 Tr/min. Toutefois, une courbe d'apprentissage de l'appareil a été observée. En effet, les premiers canaux désobturés possèdent un taux de matériaux résiduels supérieur, notamment au niveau des canaux vestibulaires où il existe une courbure apicale de la racine.

1.6 Evaluation et mesures

Toutes les coupes du CBCT n'ont pas été analysées, en effet uniquement les coupes transversales et les coupes supérieures à 2 mm de la longueur de travail (LT – 2 mm) ont été étudiées.

De plus, seulement trois coupes par canaux ont été examinées :

- LT – 2 mm
- LT – 4,5 mm
- LT – 7 mm

Une analyse sur les coupes tous les 75 µm pourrait alors être intéressante. Pour cela, une procédure automatisée de mesure pourrait être utilisée.

Des voxels de taille inférieure à ceux acquis par le CBCT CS 9600 (Carestream Dental® – Atlanta – Georgie – USA) de 75 µm x 75 µm x 75 µm pourraient également favoriser une étude de meilleure précision. Des appareils de type Micro-CT pourraient alors être utilisés.

La détermination de la « *Region of interest* » (ROI) sur le logiciel Ctan® (Bruker® – Anvers – France) est un tracé manuel du canal et des matériaux d'obturation résiduels s'ils existent. Ainsi, une subjectivité dans sa délimitation peut être effective.

2. Discussion des résultats

2.1 Résidus d'obturation

Les résultats montrent que la majorité des canaux possèdent encore des résidus du matériau d'obturation après la désobturation, ce qui est en corrélation avec les dernières études réalisées (30, 33, 37, 40, 73, 75, 78, 83 – 89).

2.2 Le groupe témoin

Les résultats de la lime Remover® n'ont été comparés à aucun autre système de retraitement disponible sur le marché tels que le Protaper Universal Retreatment® (Maillefer® – Ballaigues – Suisse), le D-Race® (FKG® – La Chaux de fonds – Suisse), le R-Endo® (Micro-Méga® – Besançon – France), ...

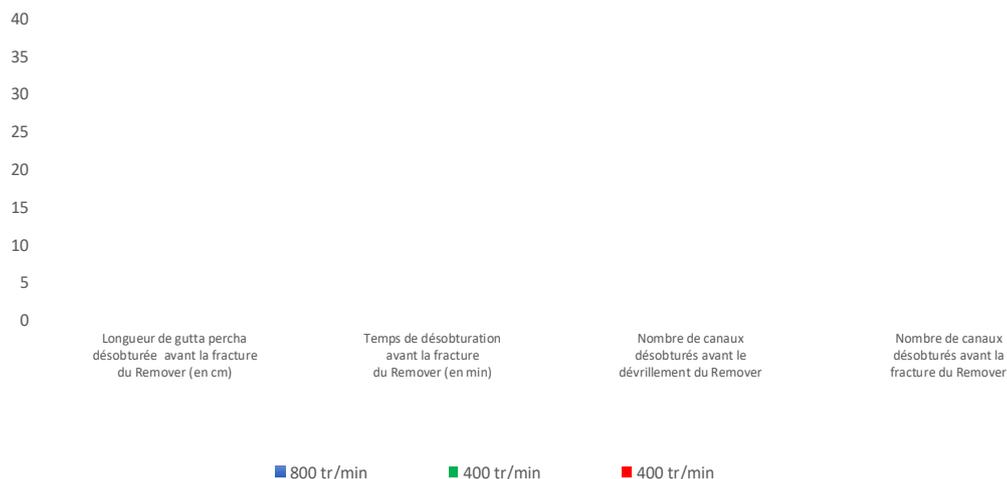
2.3 Le dévrièvement

Nous n'avons recensé aucun Remover® dévrié, ni fracturé ; Toutefois, ces limes ont été changées toutes les 3 utilisations. Nous avons donc voulu connaître la résistance de celles-ci.

Pour ce faire, un « *Idiot Test* » a été réalisé.

Le Remover® a été utilisé, sans opener préalable, jusqu'à son dévrièvement, puis sa fracture. L'intérêt est de connaître sa résistance et de pouvoir la comparer selon les vitesses imposées. Une lime a ainsi été testée par deux opérateurs différents jusqu'à sa fracture à 800 Tr/min, et deux à 400 Tr/min, sans irrigation.

Pour ce faire, les longueurs de travail de chaque canal désobturé ont été cumulées jusqu'à la fracture de l'instrument pour déterminer la longueur de gutta percha et de ciment endodontique désobturée. De plus, le temps d'utilisation dans chaque canal a également été additionné.



Graphique 7 : Résultats entre les trois groupes de « l'Idiot Test »

Vitesse (en Tr/min)	Longueur de gutta percha désobturée avant la fracture du Remover (en cm)	Temps de désobturation avant la fracture du Remover (en min)	Nombre de canaux désobturés avant le dévissage du Remover	Nombre de canaux désobturés avant la fracture du Remover
800 tr/min	36,3	26,48	19	19
400 tr/min	20,5	15,83	11	11
400 tr/min	22,2	17,9	8	12

Tableau 26 : Résultats entre les trois groupes de « l'Idiot Test »

Ainsi, nous pouvons observer que le Remover® possède une meilleure résistance au dévissage à 800 tr/min. Toutefois, une fois dévissée, la lime se fracture rapidement, voire immédiatement. En effet, on observe qu'à 400 tr/min 5 canaux longs d'une moyenne de 16,4 mm ont pu être désobturés avant la fracture de l'instrument déjà dévissé.

2.5 Les perforations

Les résultats montrent que le système Remover® est performant principalement au niveau des deux premiers tiers coronaires. En effet, un peu plus de matériau d'obturation a été recensé au niveau du tiers apical. Ce résultat est en corrélation avec de nombreuses études (37, 79, 80).

Toutefois, 15% de perforations ont été aussi relevées. Ces dernières ont une incidence sur ces résultats puisqu'elles se situent pour la plupart au niveau de la courbure de la racine vestibulaire du simulateur Naodent® (Right Nao® – Nantes – France), soit juste en amont du

tiers apical. On observe ainsi plus de résidus de matériau d'obturation au tiers apical au niveau des racines vestibulaires qu'au niveau des racines palatines.

Face à ce pourcentage non négligeable de perforations, nous nous sommes donc interrogés sur la composition de la résine des simulateurs. En effet, celles-ci pourraient s'expliquer, en partie du moins, par une dureté et une résistance insuffisante de la résine du simulateur Naodent®. Ainsi, une spectrométrie infrarouge a été réalisée.

Un échantillon témoin contenant de la résine du simulateur et de la gutta percha et un échantillon constitué uniquement de la résine du simulateur ont été préparés. Les méthodes de préparation et d'analyse ont été par la suite identiques.

2.5.1 La préparation des pastilles

Un échantillon du simulateur a été broyé dans un mortier. Puis, 0,001 gramme de la poudre obtenue fut mélangé avec 0,35 gramme de bromure de potassium (KBr) stocké dans un incubateur à 50° Celsius.



Figure 22 : Mortier contenant le mélange d'échantillon broyé avec de la poudre de bromure de potassium

Le mélange a ainsi été placé dans un pilon métallique qu'on a écrasé par une presse sous une pression de 5 bar.



Figure 23 : Le pilon métallique dans la presse

2.5.2 Le spectromètre infrarouge

La pastille obtenue a alors été analysée par le spectromètre infrarouge Spectrum One® (Perkin Elmer Corporation® – Norwalk – Connecticut) au laboratoire CIRIMAT (Institut Carnot) dirigé par le Professeur Christophe LAURENT.



Figure 24 : Le spectromètre infrarouge Spectrum One® (Perkin Elmer Corporation® – Norwalk – Connecticut)

2.5.3 Les courbes d'absorbance

Ainsi, les courbes de l'absorbance de la résine du simulateur sont alors obtenues par ordinateur. Elles sont par la suite exploitées grâce au logiciel OMNIC® (ThermoFisher® – Waltham – Massachusetts).

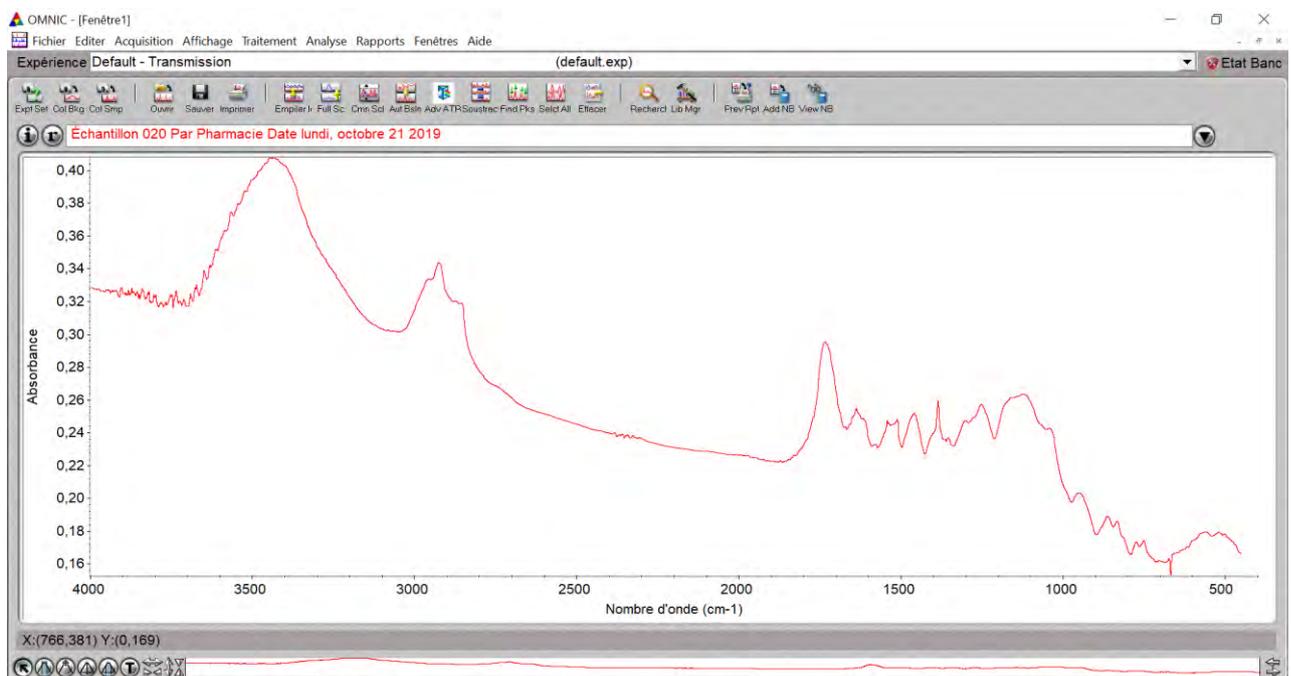


Figure 25 : Courbe de l'absorbance témoin de la résine du simulateur avec de la Gutta Percha

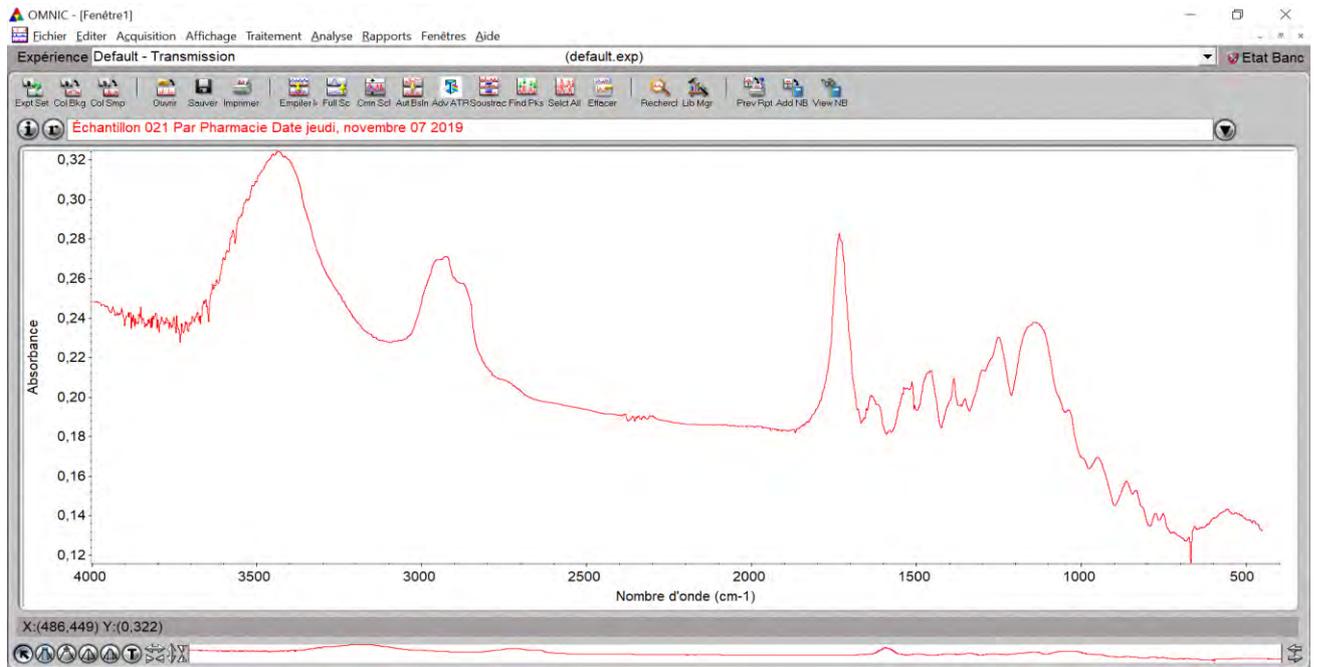


Figure 26 : Courbe de l'absorbance de la résine du simulateur

2.5.4 Comparaison des courbes

L'allure des courbes d'absorbance et leur longueur d'ondes ainsi obtenues sont comparées à celles des spectrométries infrarouges d'autres résines disponibles sur SpectraBase® (BioRad® – Hercules – Californie) pour alors déterminer la composition de la résine.

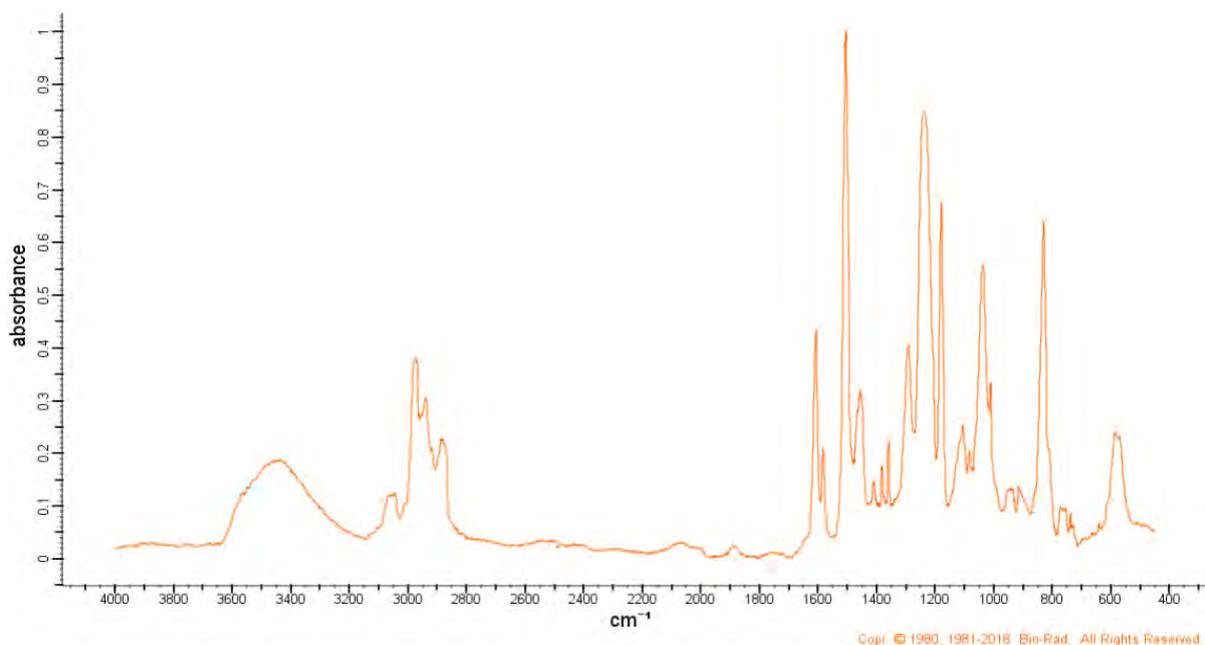


Figure 27 : Spectrométrie infrarouge de la résine époxy

Les spectres des résines et des charges minérales disponibles sur SpectraBase® (BioRad® – Hercules – Californie) qui entrent essentiellement dans la constitution de résines utilisées dans les biomatériaux dentaires ont alors tous été analysés.

Matériaux comparés	Présence de pics significatifs
<i>Eau</i>	Oui
<i>Gutta Percha</i>	Oui
<i>Résine Epoxy</i>	Oui
<i>PMMA</i>	Oui
<i>Dioxyde de silicium</i>	Non
<i>Phosphate de calcium</i>	Non
<i>Talc</i>	Non
<i>Carbonate de calcium</i>	Non

Tableau 27 : Tableau illustrant la présence de pics significatifs des matériaux comparés dans le spectre infrarouge de la pastille témoin

Matériaux comparés	Présence de pics significatifs
<i>Eau</i>	Oui
<i>Gutta Percha</i>	Non
<i>Résine Epoxy</i>	Oui
<i>PMMA</i>	Oui
<i>Dioxyde de silicium</i>	Non
<i>Phosphate de calcium</i>	Non
<i>Talc</i>	Non
<i>Carbonate de calcium</i>	Non

Tableau 28 : Tableau illustrant la présence de pics significatifs des matériaux comparés dans le spectre infrarouge de la pastille étudiée

Ainsi, nous pouvons constater que les simulateurs Naodent® (Right Nao® – Nantes – France) sont essentiellement constitués de différentes résines, mais ne contiennent aucune ou très peu de charges minérales. Ceci peut donc, en partie, expliquer le pourcentage de perforations présentes dans les résultats de l'étude.

Toutefois, il est à noter que toutes les charges minérales ne sont pas disponibles sur SpectraBase® (BioRad® – Hercules – Californie), soit toutes n'ont pas pu être comparées à la courbe de la spectrométrie IR. De plus, la comparaison entre les courbes d'absorbance étant visuelle, celle-ci a donc pu être subjective en raison de la superposition de pics de différents matériaux. Tous les résultats obtenus ont été confirmés verbalement par le directeur de Right Nao®.

Conclusion

Le retraitement endodontique est un acte considéré comme complexe. En effet, l'analyse pré-opératoire pour comprendre l'échec du traitement initial, les difficultés per-opératoire et le suivi post-opératoire demandent une grande rigueur.

De plus, les systèmes de retraitement étant nombreux, et généralement constitués de plusieurs instruments, le protocole opératoire peut devenir parfois délicat.

Toutefois, les recherches cliniques essayent de simplifier au maximum l'instrumentation tout en restant aussi efficace, pour arriver au long terme à de meilleurs résultats obtenus de manière plus aisée.

Le cas du Remover® nous a donc paru intéressant à analyser puisqu'il n'est constitué que d'un opener et d'une lime unique en Ni-Ti.

Notre étude se focalise donc sur l'efficacité propre de désobturation du One Flare®, ainsi que du Remover® à deux vitesses différentes (400 Tr/min et 800 Tr/min).

Il nous apparaît alors que le One Flare® possède les qualités pour être utilisé en opener lors d'un retraitement.

De plus, le Remover® dispose de propriétés intéressantes, notamment à 800 Tr/min où le taux de désobturation est en moyenne de 93,65%.

Ainsi, cet instrument nous apparaît approprié à l'acte de retraitement, même si des résidus du matériau d'obturation existent toujours dans les canaux radiculaires, ce qui est en corrélation avec la littérature actuelle.

De plus, au cours de cette étude, le simulateurs NaoDent® nous apparaît adapté à une mise en forme initiale, mais inadéquat pour un retraitement endodontique en raison du manque de charges minérales de sa résine.

Il serait intéressant d'analyser en tomographie volumique la capacité de désobturation du Remover® sur dents extraites pour éliminer tout biais causé par les simulateurs.

On pourrait alors, de surcroît, comparer celle-ci à d'autres séquences de retraitement endodontique déjà existantes sur le marché.

Le Président du jury et le directeur de thèse :

Professeur Franck DIEMER



Annexes

Groupes	Simulateurs	Canaux	Dévrillage	Perforations
G1a	S1.1	Vestibulaire	0	1
		Palatin		0
	S1.2	Vestibulaire	0	0
		Palatin		0
	S1.3	Vestibulaire	0	0
		Palatin		0
	S1.4	Vestibulaire	0	0
		Palatin		0
S1.5	Vestibulaire	0	1	
	Palatin		0	
S1.6	Vestibulaire	0	1	
	Palatin		0	
S1.7	Vestibulaire	0	0	
	Palatin		0	
S1.8	Vestibulaire	0	1	
	Palatin		0	
G1b	S1.9	Vestibulaire	0	1
		Palatin		0
S1.10	Vestibulaire	0	0	
	Palatin		0	
G2a	S2.1	Vestibulaire	0	0
		Palatin		0
	S2.2	Vestibulaire	0	0
		Palatin		0
	S2.3	Vestibulaire	0	0
		Palatin		0
	S2.4	Vestibulaire	0	1
		Palatin		0
S2.5	Vestibulaire	0	0	
	Palatin		0	
S2.6	Vestibulaire	0	1	
	Palatin		0	
S2.7	Vestibulaire	0	0	
	Palatin		0	
S2.8	Vestibulaire	0	0	
	Palatin		0	
G2b	S2.9	Vestibulaire	0	0
		Palatin		0
S2.10	Vestibulaire	0	0	
	Palatin		0	

Groupes	Simulateurs	Canaux	Dévrillage	Perforations
G3a	S3.1	Vestibulaire	0	0
		Palatin		0
	S3.2	Vestibulaire	0	0
		Palatin		0
	S3.3	Vestibulaire	0	1
		Palatin		0
	S3.4	Vestibulaire	0	0
		Palatin		1
S3.5	Vestibulaire	0	0	
	Palatin		1	
S3.6	Vestibulaire	0	0	
	Palatin		0	
S3.7	Vestibulaire	0	0	
	Palatin		0	
S3.8	Vestibulaire	0	0	
	Palatin		0	
G3b	S3.9	Vestibulaire	0	0
		Palatin		0
S3.10	Vestibulaire	0	0	
	Palatin		0	
G4a	S4.1	Vestibulaire	0	0
		Palatin		0
	S4.2	Vestibulaire	0	0
		Palatin		0
	S4.3	Vestibulaire	0	0
		Palatin		0
	S4.4	Vestibulaire	0	1
		Palatin		1
S4.5	Vestibulaire	0	0	
	Palatin		0	
S4.6	Vestibulaire	0	0	
	Palatin		0	
S4.7	Vestibulaire	0	0	
	Palatin		0	
S4.8	Vestibulaire	0	0	
	Palatin		0	
G4b	S4.9	Vestibulaire	0	0
		Palatin		0
S4.10	Vestibulaire	0	1	
	Palatin		0	

Groupes	Simulateurs	Canaux	Nombre de pixels canaux sur CTan® à LT - 2 mm			Nombre de pixels canaux sur CTan® à LT - 4,5 mm			Nombre de pixels canaux sur CTan® à LT - 7 mm		
			Total	De matériaux d'obturation	%	Total	De matériaux d'obturation	%	Total	De matériaux d'obturation	%
G1a	S1.1	Vestibulaire	390	79	20,26	394	122	30,96	136	82	35,14
		Palatin	335	71	21,19	355	96	27,04	255	66	25,88
	S1.2	Vestibulaire	256	8	3,12	191	2	1,05	170	1	0,59
		Palatin	260	10	3,85	110	6	5,45	138	2	1,45
	S1.3	Vestibulaire	57	1	1,75	106	21	19,81	268	64	23,88
		Palatin	45	1	2,22	125	11	5,6	163	13	7,97
	S1.4	Vestibulaire	159	58	36,48	182	15	8,24	208	54	25,96
		Palatin	59	4	6,78	203	24	11,8	146	5	3,42
	S1.5	Vestibulaire	334	102	30,54	364	124	34,07	381	98	25,72
		Palatin	133	6	4,51	174	12	6,89	148	3	2,03
	S1.6	Vestibulaire	296	98	33,11	118	11	9,32	262	26	9,92
		Palatin	290	50	17,24	304	52	17,1	148	1	0,68
	S1.7	Vestibulaire	272	76	27,94	128	5	3,9	289	93	32,18
		Palatin	112	3	2,68	109	2	1,83	157	0	0
S1.8	Vestibulaire	316	92	29,11	209	61	29,87	224	78	34,82	
	Palatin	41	0	0	179	3	1,68	182	22	12,09	
G1b	S1.9	Vestibulaire	334	97	29,04	384	113	29,43	389	118	30,33
		Palatin	193	14	7,3	169	4	2,37	189	24	12,7
	S1.10	Vestibulaire	167	33	19,76	160	58	36,35	271	94	34,69
		Palatin	145	6	4,14	97	4	4,12	161	2	1,24
G2a	S2.1	Vestibulaire	102	5	4,9	86	3	3,49	165	0	0
		Palatin	31	0	0	88	0	0	255	17	6,67
	S2.2	Vestibulaire	47	0	0	151	14	9,27	265	39	14,72
		Palatin	138	34	24,64	177	10	5,65	153	5	3,27
	S2.3	Vestibulaire	55	1	1,82	327	15	4,59	75	2	2,67
		Palatin	108	6	5,57	133	9	6,77	73	0	0
	S2.4	Vestibulaire	54	0	0	79	0	0	255	43	16,86
		Palatin	62	1	1,61	80	3	3,75	191	9	4,71
	S2.5	Vestibulaire	52	2	3,45	89	2	2,25	182	21	11,54
		Palatin	66	2	3,03	76	5	5,58	72	3	4,17
	S2.6	Vestibulaire	253	69	27,27	298	57	19,13	242	28	11,57
		Palatin	55	3	5,45	74	2	2,7	63	0	0
	S2.7	Vestibulaire	153	24	15,69	92	4	4,35	265	53	20
		Palatin	159	25	15,72	94	1	1,06	146	2	1,37
S2.8	Vestibulaire	238	64	26,89	162	16	9,88	99	3	3,03	
	Palatin	166	26	13,25	185	21	11,35	85	0	0	
G2b	S2.9	Vestibulaire	148	8	5,4	78	2	2,56	190	13	6,84
		Palatin	94	1	1,06	98	5	5,1	320	28	8,75
	S2.10	Vestibulaire	131	6	4,58	102	5	4,9	96	4	4,17
		Palatin	102	0	0	73	1	1,37	109	5	4,59

Groupes	Simulateurs	Canaux	Nombre de pixels canalaires sur CTan® à LT - 2 mm			Nombre de pixels canalaires sur CTan® à LT - 4,5 mm			Nombre de pixels canalaires sur CTan® à LT - 7 mm		
			Total	De matériaux d'obturation	%	Total	De matériaux d'obturation	%	Total	De matériaux d'obturation	%
G3a	S3.1	Vestibulaire	113	3	2,65	82	2	2,44	136	9	6,62
		Palatin	91	5	5,49	95	0	0	153	4	2,61
	S3.2	Vestibulaire	82	8	9,76	80	2	2,5	195	26	13,33
		Palatin	172	27	15,7	51	1	1,96	163	3	1,84
	S3.3	Vestibulaire	300	107	35,67	345	101	29,27	191	56	29,32
		Palatin	102	13	12,26	132	14	10,61	113	19	16,81
	S3.4	Vestibulaire	207	43	20,77	188	28	11,7	265	72	27,17
		Palatin	155	13	8,39	240	49	20,42	202	48	23,76
	S3.5	Vestibulaire	153	24	15,69	121	9	7,44	156	0	0
		Palatin	124	27	21,77	178	55	30,9	189	51	26,98
	S3.6	Vestibulaire	126	10	7,94	167	15	8,98	313	91	29,07
		Palatin	139	12	8,63	145	36	24,83	145	17	11,72
	S3.7	Vestibulaire	89	1	1,12	105	2	1,9	166	12	7,29
		Palatin	201	59	29,35	169	56	33,14	178	0	0
S3.8	Vestibulaire	59	1	1,69	118	4	3,39	163	2	1,23	
	Palatin	162	88	17,28	224	56	25	270	79	29,26	
S3.9	Vestibulaire	130	26	20	50	0	0	110	2	1,82	
	Palatin	55	0	0	130	34	26,15	161	3	1,86	
S3.10	Vestibulaire	155	36	23,22	241	12	4,98	221	71	32,14	
	Palatin	161	11	6,83	135	11	8,15	164	4	2,44	
G4a	S4.1	Vestibulaire	69	0	0	216	22	10,18	264	28	10,61
		Palatin	67	2	2,98	262	28	10,69	294	37	12,58
	S4.2	Vestibulaire	64	2	3,12	148	4	2,7	169	4	2,37
		Palatin	81	5	6,17	126	3	2,38	156	2	1,28
	S4.3	Vestibulaire	184	16	8,7	128	2	1,56	153	7	4,57
		Palatin	73	2	2,74	131	0	0	149	2	1,34
	S4.4	Vestibulaire	192	18	9,37	364	68	18,68	389	88	22,62
		Palatin	196	41	20,92	235	61	25,96	267	56	20,97
	S4.5	Vestibulaire	87	2	2,3	139	7	5,04	161	11	6,83
		Palatin	66	0	0	133	6	4,51	173	3	1,73
	S4.6	Vestibulaire	83	8	9,64	122	2	1,64	159	1	0,63
		Palatin	72	2	2,78	137	4	2,94	188	0	0
	S4.7	Vestibulaire	70	1	1,43	212	11	5,19	220	19	0,05
		Palatin	65	2	3,08	134	0	0	191	0	0
S4.8	Vestibulaire	112	15	13,39	124	0	0	155	9	5,81	
	Palatin	89	6	6,74	119	3	2,52	158	2	1,27	
S4.9	Vestibulaire	157	14	8,92	129	4	3,1	151	4	2,65	
	Palatin	71	0	0	136	3	1,22	163	0	0	
S4.10	Vestibulaire	184	46	25	313	62	19,81	366	73	19,94	
	Palatin	72	3	4,17	146	6	4,11	179	17	9,5	

Instruments	Vitesses	Canaux désobturés	Longueur de gutta percha désobturée avant la fracture du Remover® (en mm)	Temps de désobturation avant la fracture du Remover® (en sec)	Dévrillement du Remover®	Fracture du Remover®
R1	400 Tr/min	1	20	120	Non	Non
		2	20	82	Non	Non
		3	20	128	Non	Non
		4	21	109	Non	Non
		5	21	109	Non	Non
		6	20	76	Non	Non
		7	18	31	Non	Non
		8	13	117	Non	Non
		9	19	31	Non	Non
		10	20	82	Non	Non
		11	13	65	Oui	Oui
R2	800 Tr/min	1	19	111	Non	Non
		2	19	57	Non	Non
		3	19	49	Non	Non
		4	19	84	Non	Non
		5	21	30	Non	Non
		6	21	63	Non	Non
		7	20	33	Non	Non
		8	19,5	102	Non	Non
		9	19,5	198	Non	Non
		10	20	77	Non	Non
		11	19	142	Non	Non
		12	15	98	Non	Non
		13	15	31	Non	Non
		14	17	66	Non	Non
		15	17	130	Non	Non
		16	21	130	Non	Non
		17	21	81	Non	Non
		18	21	60	Non	Non
		19	20	47	Oui	Oui
R3	400 Tr/min	1	21	98	Non	Non
		2	21	50	Non	Non
		3	20	90	Non	Non
		4	21	78	Non	Non
		5	16	98	Non	Non
		6	21	90	Non	Non
		7	20	63	Non	Non
		8	17	80	Oui	Non
		9	18	66	Oui	Non
		10	19	100	Oui	Non
		11	15	96	Oui	Non
		12	13	165	Oui	Oui

SPECTROMETRIE INFRAROUGE

- Avant de monter dans la salle d'analyse, penser à prendre
 - Les échantillons
 - Un mortier propre
 - Le KBr

- Allumer l'ordinateur
- Ouvrir le logiciel Spectrum
- Cliquer sur « oui/ok » puis sur « connexion »
- Vérifier que la chambre de l'appareil est vide
- Cliquer sur « Background » pour faire le blanc
- Si une fenêtre apparaît avec un message d'erreur, la fermer ce n'est pas grave

- Nettoyer tout le matériel (spatule, mortier, table, presse, porte pastille (qui est rangé dans une boîte blanche), etc.)
- Enfoncer le porte pastille rouge dans le noir jusqu'à entendre un « clac »
- Insérer une pastille métallique dans le puit
- Peser une coupelle en plastique propre et tarer
- Y déposer notre échantillon (environ 0,001g)
- Broyer l'échantillon dans le mortier
- Sortir le KBr (soit du pot apporté, soit d'un stock qu'on aurait laissé à l'incubateur à côté de la table de manip)
- En peser environ 0,35g
- Le mélanger à l'échantillon dans le mortier et tout écraser.
- Mettre la poudre obtenue dans le puit du porte pastille
- Ajouter par-dessus la deuxième pastille métallique
- Par-dessus, insérer le pilon métallique en prenant soin de positionner la partie biseautée vers le bas, au contact de la pastille métallique.
- Placer le tout sous la presse et tourner la manivelle supérieure pour presser une première fois. Bien serrer.
- Tourner ensuite la petite manivelle noire sur la droite et bien serrer là encore.
- Activer le long manche plusieurs fois (ça peut être long) jusqu'à faire monter la pression. Quand le maximum est atteint, le manche ne s'active plus et se déplace dans le vide.
- Desserrer la manivelle noire sur la droite puis celle du dessus.
- Sortir le porte-pastille
- Retirer le pilon métallique
- Dévisser la partie rouge et la partie noire pour les séparer
- Retourner la partie rouge, la positionner sous la presse
- Positionner le pilon métallique sur la pastille métallique, puis l'anneau rouillé autour et le couvercle bleu par-dessus
- Presser avec la manivelle supérieure pour que le pilon métallique repousse les pastilles.
- Quand la pastille métallique inférieure se décroche, le processus peut être poursuivi à la main pour extraire la pastille d'échantillon et la seconde pastille métallique.
 - Eviter autant que possible le contact de l'échantillon avec les mains
- Positionner la pastille dans le porte-échantillon et la bloquer avec la petite rondelle métallique par-dessus
- Placer le tout dans la chambre de l'appareil et refermer le capot.
- Cliquer sur « Analyse »
- Une fois l'analyse terminée et le graphe affiché, cliquer sur « Absorbance »
- Cliquer sur « Fichier » → « Enregistrer sous » et sélectionner le répertoire de destination
- Cliquer sur « Exporter » et sélectionner le répertoire de destination (possibilité de changer le nom du fichier). Exporter une fois en ASC et une fois en CSV.
- Les résultats sont visualisables sur le logiciel Omnic.

Remarque : il n'est pas nécessaire de faire le blanc avant chaque analyse, juste au début de la première.

Remover: The ultimate solution for removing gutta-percha

Prof. Walid Nehme, Drs Jean-Philippe Mallet, Bérenger Soulagas, Mathilde Michel & Franck Diemer, Lebanon & France

Introduction

Endodontic retreatment is generally considered the first-choice option when failure of an initial treatment occurs. The presence of bacteria and their by-products embedded in the failing obturation material and in canal intricacies is often linked to the loss of integrity of the hermetic seal of the initial filling, leading to the spread of post-treatment disease. It is therefore of utmost importance to remove all the root canal filling material effectively prior to negotiating the canals to their full extent.

Several techniques and instruments have been proposed to remove gutta-percha, including hand files or mechanical instruments or a combination of both. Nowadays, manual files are generally regarded as time-consuming and the current trend is towards more efficient tools, such as rotary instruments. Since the beginning of the 2000s, specific endodontic files have been designed to improve the removal of gutta-percha. R-ENDO (COLTENE MicroMega) was

the first sequence available, followed rapidly by ProTaper Universal Retreatment (Dentsply Sirona). These two sequences have three files and are used with the crown-down technique. Later, many systems were developed by several companies, such as D-Race from FKG Dentaire, Mtwo R from VDW and Endo ReStart from Komet, and these presented different profiles, cross sections and recommended techniques.

Moreover, several developments have marked the last two decades and changed the way we practise endodontics, among them the single-file concept and the heat treatment process. The response to the increasing demand by dental clinicians for a simplified process led to new shaping systems with a single file. The aim was to replace multiple-file systems in the initial canal treatment, but it was later recommended for retreatment too.

The advent of new manufacturing processes, such as surface finishing or heat treatment, aiming to upgrade the

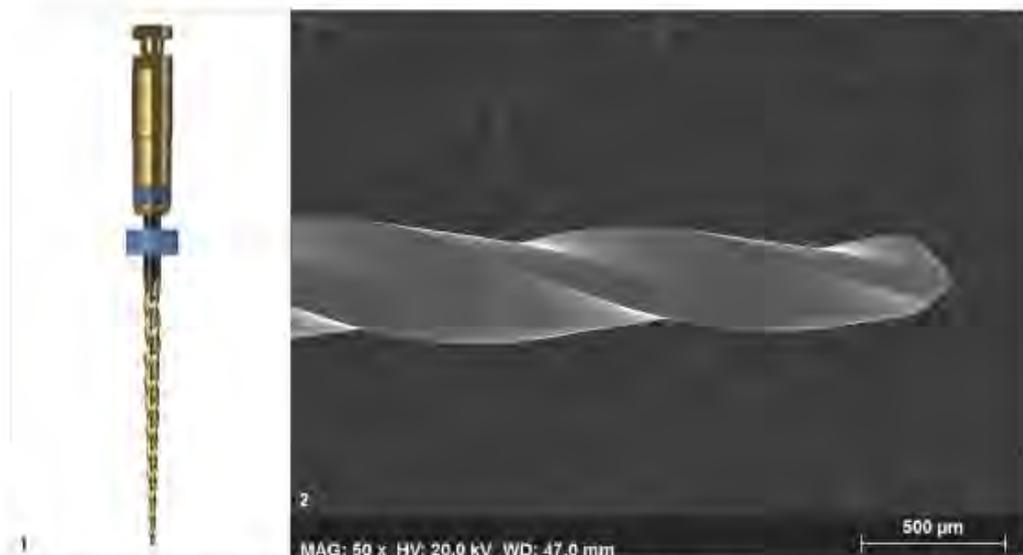


Fig. 1: Remover for the HyFlex and MicroMega file systems. (Image: © Coltène/Whaledent) Fig. 2: Scanning electron microscope image of the tip of the Remover. (Image: © Franck Diemer)



Figs. 3a–h: Retreatment of a tooth #46 pre-op radiograph (a); the Remover is positioned at the entrance to the mesiolingual canal (b) and is progressively advancing into the gutta-percha (c); pathway created by the Remover after its first central advance into the gutta-percha (d); mesial canals after shaping and mechanical irrigation (2Shape TS2 and F35 finishing files, COLTENE MicroMega) (e); pre-op radiograph to check the master cones (f); post-op radiograph centred (g); post-op radiograph offset (h). (Images 3–4: © Jean-Philippe Mallet)

mechanical performance of nickel–titanium (NITI) files led to new file systems that are more flexible and more resistant to cyclic fatigue. The Remover (COLTENE) has benefited from all these technological advances and concepts for removal of obturation material.

Removal of different sealers

A retreatment file is supposed to go through the deficient obturation material and remove it from the canal. This material generally includes a core material (gutta-percha) sealed to the canal walls with a fine film of endodontic sealer. Different types of sealers have been used

over the years. Historically, zinc oxide eugenol sealers were the first, but many others have been proposed to improve different properties of the sealer. These include resin-based sealers to improve the hermetic seal and adhesion to the canal walls; silicone-based sealers, which are well tolerated by tissue and have low water resorption; epoxy resin-based sealers for the possibility of adhesion to dentine and lower rates of water solubility; sealers based on mineral trioxide aggregate which have a predilection towards mineralisation; calcium silicate sealers, commonly referred to as “bioceramics” owing their excellent biological properties; and calcium phosphate and calcium-enriched mixture sealers with



Fig. 4: Photograph of the shavings created by the Remover.

the potential to promote bone regeneration and induce cementogenesis.

The purpose of such an instrument would therefore be to remove the initial obturation material, paving the way for access to the non-instrumented area with conventional NiTi instruments and thus proper reshaping of the canal space. The Remover has benefitted from state-of-the-art technology in material processing and long experience in file design and has been developed by COLTENE in response to the dental community's increasing demand for a means of safe, simple and swift removal of gutta-percha in retreatment procedures.

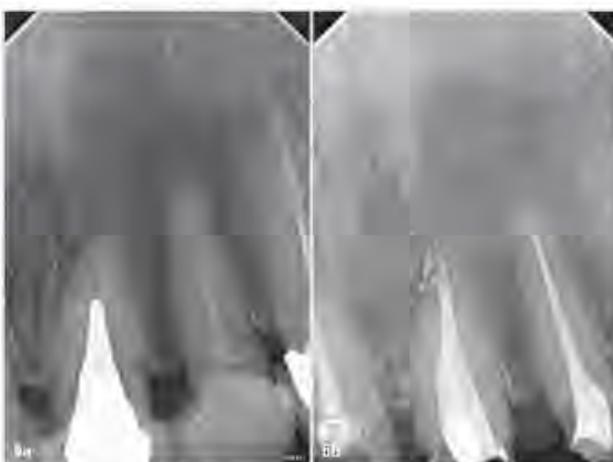
This unique instrument (Fig. 1) boasts numerous specifications and technical characteristics, including:

- a non-cutting tip of 30/100mm, allowing safe use in curved canals (Fig. 2);
- a variable triple-helix cross section, symmetrical in the first 3mm then asymmetrical towards the shaft;
- a 7% taper limited to the first 10mm and followed by a 0% taper towards the shaft in order to preserve periradicular dentine; and
- a proprietary thermomechanical process called C-wire, entailing electropolishing and heat treatment and increasing flexibility and cyclic fatigue resistance.

Preparation—technique for use

Once the access cavity has been reopened canal entrances located and gutta-percha confirmed to be the canal filling material, an orifice modifier (HyFlex EDM, COLTENE; or One Flare, COLTENE MicroMega) can be introduced into the gutta-percha for 2–3mm on continuous rotation at a speed of 400–800rpm. This instrument is used to create a pilot hole, guide the engagement of the Remover inside the gutta-percha and achieve a straighter access. The Remover should be used in continuous rotation at 400–800rpm and 3.0–3.5Ncm with very light apical guidance. The 19mm Remover is introduced into the opening created by the opener and moved in an apical direction over a distance of 2–3mm until slight resistance to inward movement is felt, and then it should be pulled out while leaning on selective canal walls to dislodge all the gutta-percha. In general, all the filling material can be removed with a series of three to four in and out motions in a downwards apical direction (Figs. 3a–h). The removed material usually comes out in small shavings (Fig. 4), but also as a mass of gutta-percha. The removal of the filling material must be followed by copious irrigation in order to wash away all the debris and sealer residue. Once all the filling material has been removed, scouting and glide path creation can be carried out using manual or NiTi files. Standard reshaping instruments such as 2Shape, One Curve (COLTENE MicroMega), or HyFlex CM or EDM (COLTENE) can now be used to clean and shape the non-filled canal space and to ensure the smooth transition between previously filled and unfilled portions. Clinicians must keep in mind that a continuously tapered preparation is essential for 3D obturation.

When clinical and radiographic diagnoses indicate retreatment of a case showing obturation material reaching the apical area, the clinician is advised to limit the use of the Remover to 2mm short of the estimated working length. The objective is to prevent potential overextension of filling material into the periapical area. The filling material in the last 2mm can be carefully and securely removed with manual files. Once all previous material has been removed, the cleaning and shaping can be undertaken using standard NiTi shaping instruments (Figs. 5a & b).



Figs. 5a & b: Teeth #21 and #22 requiring retreatment: pre-op radiograph (a); post-op radiograph (b). (Images 5–6: © Walid Nehme)



Figs. 6a & b: Pre-op radiograph of a maxillary first molar presenting with periapical periodontitis with a forgotten canal in the mesiovestibular root (a). Post-op radiograph after filling removal with the Remover, cleaning and shaping with the 2Shape and apical finishing with the F40 (0.40 tip and 4% taper) in palatal and disto-buccal canals (b).

Flexible retreatment

The Remover is available in two lengths: 19 and 23 mm. A large number of cases can be addressed with 19 mm files. If the 19 mm Remover does not reach the full extent of the filling material, the 23 mm file can be used to make up for the missing millimetres.

This new instrument, specifically designed for endodontic retreatments, embodies the current concepts in endodontics and uses the most recent advances in technology (asymmetry, electropolishing and heat treatment). The diameter of the wire of the Remover is only 1 mm, which makes it smaller than that of the majority of reshaping or retreatment instruments. Moreover, it allows for minimally invasive removal of filling material while ensuring increased blade flexibility.

It is a single-use instrument; however, removing the filling material from two teeth in the same patient is possible. In this case, the instrument should be carefully inspected after use and discarded when unwinding occurs.

Conclusion

This instrument allows the removal of gutta-percha canal filling swiftly, thoroughly and safely, transforming this difficult procedure into a more predictable and easier task. Finishing the preparation size and taper varies according to the anatomy of each clinical case. Clinicians should keep in mind that the size and taper of the selected final shaping file should allow a total elimination of the filling material and the cleaning and shaping of the apical third. This step should obviously be accompanied by abundant irrigation and activation of the irrigants using specifically designed ultrasonic generators and tips such as EndoUltra (COLTENE MicroMega). Thorough cleaning and shaping complete the retreatment procedure, facilitate the 3D obturation and promote a successful root canal therapy outcome.

about



Prof. Walid Nehme is a clinical professor in the department of endodontics of Saint Joseph University of Beirut in Lebanon, where he received his DDS in 1988 and MSc in 1994.

His academic activities lie in undergraduate and postgraduate education in endodontics and focus on clinical training and practice and

supervision of research projects. He runs postgraduate endodontic courses and hands-on courses in the Middle East, Africa, Europe and Canada. Prof. Nehme works in a referral-based practice limited to endodontics in Beirut and Abu Dhabi in the UAE. He is an analyst and opinion leader for clinical trials for endodontic manufacturers and has contributed to the development of new files and devices in endodontics. He has published scientific and clinical articles in peer-reviewed journals nationally and internationally on such subjects as root canal anatomy, instrumentation techniques, NiTi files, irrigation procedures, obturation and retreatment. He is a fellow of the International College of Dentists, an international member of the American Association of Endodontists, a council member of the Asian Pacific Endodontic Confederation, a founder member and a past president of the Arab Endodontic Society, and a past president of the Lebanese Society of Endodontology.

contact

Prof. Walid Nehme

Space 2 Center
New Jdeiden Street
Beirut
Lebanon
walidnehmeendo@gmail.com

Bibliographie

1. Bergenholtz, G. « Assessment of Treatment Failure in Endodontic Therapy ». *Journal of Oral Rehabilitation* 43, n° 10 (octobre 2016): 753-58.
2. Strindberg LZ. « The dependence of the results of pulp therapy on certain factors. An analytic study based on radio-graphic and clinical follow-up examinations ». *Doctoral Thesis, Mauritzons Boktryckeri, Stockholm, Sweden* (1956)
3. Kerekes K, Tronstad L. « Long-term results of endodontic treatment performed with a standardized technique ». *J Endod* 5 (1979): 83–90.
4. Reem A, Al-Salehi S. « Assessment of the Quality of Endodontic Retreatment and Changes in Periapical Status on a Postgraduate Endodontic Clinic ». *Journal of Dentistry* 92 (janvier 2020): 103-261.
5. Covello F, Franco V, Schiavetti R, Clementini M, Mannocci A, Ottria L, Costacurta M. « Prevalence of apical periodontitis and quality of endodontic treatment in an Italian adult population ». *Oral & Implantology* 3(4) (2010): 9-14
6. Al-Omari MA, Hazaa A, Haddad F. « Frequency and distribution of root filled teeth and apical periodontitis in a Jordanian subpopulation ». *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology & Endodontics* 111(1) (2011): 59-65.
7. Yilmaz F, Sonmez G, Kamburoğlu K, Koc C, Ocak M, Celik HH. « Accuracy of CBCT images in the volumetric assessment of residual root canal filling material: Effect of voxel size ». *Nigerian journal of clinical practice* 22 (1 août 2019): 1091-1098.
8. Barrieshi-Nusair KM, Al-Omari MA, Al-Hiyasat AS. « Radiographic technical quality of root canal treatment performed by dental students at the Dental Teaching Center in Jordan ». *Journal of Dentistry* 32(4) (2004) 301-7.
9. Friedman S, Mor C. « The success of endodontic therapy—healing and functionality ». *J Calif Dent Assoc* 32 (2004): 493–503.
10. Bender IB, Seltzer S, Soltanoff W. « Endodontic success—reappraisal of criteria ». *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 22 (1966): 790–802.
11. SBU. « Methods of diagnosis and treatment in endodontics. Stockholm: Swedish Council on Health Technology Assessment (SBU) » *SBU report no 203* (13 août 2010).
12. Möller ÄJ, Fabricius L, Dahlén G, Sundqvist G, Happonen RP. « Apical periodontitis development and bacterial response to endodontic treatment. Experimental root canal infections in monkeys with selected bacterial strains » *Eur J Oral Sci* 112 (2004): 207–215.
13. Bicego-Pereira EC, Barbosa-Ribeiro M, de-Jesus-Soares A, Zaia AA, Ferraz CCR, Almeida JFA, Marciano MA, Feres M, Gomes BPFA. « Evaluation of the Presence of Microorganisms from Root Canal of Teeth Submitted to Retreatment Due to Prosthetic Reasons and without Evidence of Apical Periodontitis ». *Clinical Oral Investigations* (20 janvier 2020).

14. Shetty K, Habib VA, Shetty SV, Khed JN, Prabhu VD (2015) « An assessment of coronal leakage of permanent filling materials in endodontically treated teeth: an in vitro study » *J Pharm Bioallied Sci* 7(Suppl 2): 607–S611.
15. Yamaguchi M, Noiri T, Itoh Y, Komichi S, Yagi K, Uemura R, Naruse H. « Factors That Cause Endodontic Failures in General Practices In Japan ». *BMC Oral Health* 1(18), (Décembre 2018): 70.
16. Möller ÄJ, Fabricius L, Dahlén G, Sundqvist G, Happonen RP. « Apical periodontitis development and bacterial response to endodontic treatment. Experimental root canal infections in monkeys with selected bacterial strains ». *Eur J Oral Sci* 112 (2004): 207–215.
17. Fabricius L, Dahlén G, Sundqvist G, Happonen RP, Möller ÄJ. « Influence of residual bacteria on periapical tissue healing after chemomechanical treatment and root filling of experimentally infected monkey teeth ». *Eur J Oral Sci* 114 (2006): 278–285.
18. Karabucak B, Gatan AJ, Hsiao C, Iqbal MK. « A Comparison of Apical Transportation and Length Control between EndoSequence and Guidance Rotary Instruments ». *Journal of Endodontics* 1(36), (Janvier 2010): 123-125.
19. Hülsmann M, Peters OA, Dummer PMH. « Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means ». *Endodontic Topics* 10 (2005): 30-76.
20. Medioni E, Vene G. « Anatomie endodontique fondamentale et clinique ». *Encyclopédie Médico Chirurgicale, Paris Stomat Odont* 23-050A05 (1994) :10.
21. American Association of Endodontists. *Quality guidelines for endodontic treatment* (2012).
22. Pinheiro ET, Gomes BPFA, Ferraz CCR, Sousa ELR, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. « Microorganisms from canals of root-filled teeth with periapical lesions ». *J Endod* 36 (2003): 1–11
23. Holland R, Gomes-Filho JE, Cintra LTA, Queiroz IOA, Estrela C. « Factors affecting the periapical healing process of endodontically treated teeth ». *J Appl Oral Sci* 25(5) (2017): 465–476.
24. Ray HA, Trope M « Periapical status of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and the coronal restoration ». *J Endod* 28(1) (2007): 12–18
25. Maniglia-Ferreira C, Valverde GB, Silva JB Jr, de Paula RC, Feitosa JP, de Souza-Filho FJ. « Clinical relevance of trans 1,4-polyisoprene aging degradation on the longevity of root canal treatment ». *Braz Dent* 18(2) (2007): 97–101
26. Magura ME, Kafrawy AH, Brown CE Jr, Newton CW. « Human saliva coronal microleakage in obturated root canals: an in vitro study ». *J Endod* 17(7) (1991): 324–331.
27. Al-Maswary AA, Alhadainy HA, Al-Maweri SA. « Coronal microleakage of the resilon and gutta-percha obturation materials with epiphany SE sealer: an in-vitro study ». *J Clin Diagn Res* 10(5) (2016): 39–42.

28. Delboni MG, Gomes BP, Francisco PA, Teixeira FB, Drake D. « Diversity of enterococcus faecalis genotypes from multipleoral sites associated with endodontic failure using repetitive sequence-based polymerase chain reaction and arbitrarily primed polymerase chain reaction ». *J Endod* 43(3) (2017): 377–382.
29. Pedro FM, Marques A, Pereira TM, Bandeca MC, Lima S, Kuga MC, Tonetto MR, Semenoff-Segundo A, Borges AH. « Status of endodontic treatment and the correlations to the quality of root canal filling and coronal restoration ». *J Contemp Dent Pract* 17(10) (2016): 830–836
30. Raj PKT, Mudrakola D, Baby D, Govindankutty R, Davis D, SasikumarcTP, Ealla KKR. « Evaluation of Effectiveness of Two Different Endodontic Retreatment Systems in Removal of Gutta-percha: An in vitro Study ». *The Journal of Contemporary Dental Practice* 19 (1 juin 2018): 726-731.
31. Ruddle CJ, Cohen S, Burns RC. « Nonsurgical retreatment ». Editors Pathways of the pulp. 8th ed. St. Louis (MO) CV Mosby (2002): 875-930.
32. Viducić D, Jukić S, Karlović Z, Bozić Z, Miletić I, Anić I. « Removal of gutta-percha from root canals using an Nd:YAG laser ». *J Endod* 36(10) (Octobre 2003): 670-673.
33. Hulsmann M, Bluhm V. « Efficacy, cleaning ability and safety of different rotary NiTi instruments in root canal retreatment ». *J Endod* 37(7) (Juillet 2004): 468-476.
34. Takahashi CM, Cunha RS, de Martin AS, Fontana CE, Silveira CF, da Silveira Bueno CE. « In vitro evaluation of the effectiveness of ProTaper universal rotary retreatment system for gutta-percha removal with or without a solvent ». *J Endod* 35(11) (Novembre 2009): 1580-1583.
35. Giuliani V, Cocchetti R, Pagavino G. « Efficacy of ProTaper universal retreatment files in removing filling materials during root canal retreatment ». *J Endod* 34(11) (Novembre 2008): 1381-1384.
36. Reddy JMVR, Latha P, Gowda B, Manvikar V, Vijayalaxmi DB, Ponangi KC. « Smear layer and debris removal using manual Ni-Ti files compared with rotary Protaper Ni-Ti files - An In-Vitro SEM study ». *Oral Health JIOH* 6(1) (Février 2014): 89–94.
37. Azar MR, Safi L, Nikaein A. « Comparison of the cleaning capacity of Mtwo and Pro Taper rotary systems and manual instruments in primary teeth ». *Dent Res J* 9(2) (Mars 2012): 146–51.
38. Ochoa-Romero T, Mendez-Gonzalez V, Flores-Reyes H, Pozos-Guillen AJ. « Comparison between rotary and manual techniques on duration of instrumentation and obturation times in primary teeth ». *J Clin Pediatr Dent* 35(4) (2011): 359–63.
39. Simon S, Machtou P, Pertot WJ. *Endodontie*, Editors CDP, Paris, (2012).
40. Fariniuk LF, Westphalen VPD, Silva-Neto UX da, Carneiro E, Baratto Filho F, Fidel SR. « Efficacy of five rotary systems versus manual instrumentation during endodontic retreatment ». *Braz Dent J* 22(4) (2011): 294–8.
41. Machtou P. « Le retraitement non chirurgical ». *Guide clinique : Endodontie*, Editors CDP, Paris, (1993): 215 – 237.

42. Somma F, Cammarota G, Plotino G, Grande NM, Pameijer CH. « The effectiveness of manual and mechanical instrumentation for the retreatment of three different root canal filling materials ». *J Endod* 34(4) (Avril 2008): 466-469.
43. Rodig T, Hausdörfer T, Konietschke F, Dullin C, Hahn W, Hulsmann M. « Efficacy of D-RaCe and ProTaper Universal Retreatment NiTi instruments and hand files in removing gutta-percha from curved root canals a micro-computed tomography study ». *J Endod* 45(6) (Juin 2012): 580-589.
44. Kumar MS, Sajjan GS, Satish K, Varma KM. « A comparative evaluation of efficacy of protaper universal rotary retreatment system for gutta-percha removal with or without a solvent ». *Contemp Clin Dent* 3(Suppl 2) (Septembre 2012): 160-163.
45. Bramante CM, Betti LV. « Efficacy of Quantec rotary instruments for gutta-percha removal ». *J Endod* 33(5) (Septembre 2000): 463-467.
46. Topçuoğlu HS, Düzgün S, Kesim B, Tuncay O. « Incidence of apical crack initiation and propagation during the removal of root canal filling material with ProTaper and Mtwo rotary nickel-titanium retreatment instruments and hand files ». *J Endod* 40(7) (Juillet 2014):1009–1012.
47. Maillefer®, *Le Guide Clinique*, (2008).
48. Simon S. *Retraitement*. Editors CDP, Paris, (2009).
49. Besnault C, Pradelle N, Delzangles B. « Le retraitement endodontique ». *Information Dentaire* 29 (1999): 2095 – 2102.
50. Cavenago BC, Ordinola-Zapata R, Duarte MH, Del Carpio-Perochena AE, Villas-Bôas MH, Marciano MA. « Efficacy of xylene and passive ultrasonic irrigation on remaining root filling material during retreatment of anatomically complex teeth ». *J Endod* 47(11) (Novembre 2014): 1078–83.
51. Imura N, Kato AS, Hata GI, Uemura M, Toda T, Weine F. « A comparison of the relative efficacies of four hand and rotary instrumentation techniques during endodontic retreatment ». *J Endod* 33(4) (Juillet 2000): 361-366.
52. Zanesco C, Prestes RG, Dotto RF, Geremia M, Fontanela VRC, Barletta FB. « Effectiveness of ProTaper Universal® and D-RaCe® retreatment files in the removal of root canal filling material: an *in vitro* study using digital subtraction radiography ». *Stomatos* 20(39) (Juillet-Décembre 2014): 42-50.
53. Madarati AA, Qualtrough AJE, Watts DC. « Efficiency of a newly designed ultrasonic unit and tips in reducing temperature rise on root surface during the removal of fractured files ». *J Endod* 35(6) (Juin 2009): 896–899.
54. Harashima T, Takeda FH, Zhang C, Kimura Y, Matsumoto K. « Effect of argon laser irradiation on instrumented root canal walls ». *Endodontics and DentalTraumatology* 14 (1998): 26-30.
55. Levy G. « Cleaning and shaping of root canal with a Nd:YAG laser beam: a comparative study ». *Journal of Endodontics* 18 (1992): 123-127

56. Wourms DJ, Campbell AD, Hicks ML, Pelleu GB. « Alternative solvents to chloroform for gutta-percha removal ». *Journal of Endodontics* 16 (1990): 224-226
57. Kaplowitz GJ. « Effect of temperature on rectified turpentine oil as a gutta-percha solvent ». *Journal of Endodontics* 20 (1994): 173
58. Viducic D, Jukic S, Karlovic Z, Bozic Z, Miletic I, Anic I. « Removal of Gutta-Percha from Root Canals Using an Nd:YAG Laser ». *International Endodontic Journal* 36, n° 10 (octobre 2003): 670-673
59. Eckerborn M, Magnusson T. « Evaluation of technical quality of endodontic treatment: reliability of intraoral radiographs ». *Dent Traumatol* 13 (1997): 259-264.
60. Abella F, Patel S, Duran-Sindreu F, Mercadé M, Bueno R, Roig M. « Evaluating the periapical status of teeth with irreversible pulpitis by using cone-beam computed tomography scanning and periapical radiographs ». *J Endod* 38 (2012):1588-1591.
61. Weiger R, Hitzler S, Hermle G, Lost C. « Periapical status, quality of root canal fillings and estimated endodontic treatment needs in an urban German population ». *Endodontics & Dental Traumatology* 13(2) (1997): 69-74.
62. American Association of Endodontists. « AAE and AAOMR joint position statement: Use of cone beam computed tomography in endodontics-2015/2016 ».
63. Ball RL, Barbizam JV, Cohenca N. « Intraoperative endodontic applications of cone beam computed tomography ». *J Endod* 39 (2013): 548-557.
64. Kamburoğlu K, Yeta EN, Yılmaz F. « An *ex vivo* comparison of diagnostic accuracy of cone-beam computed tomography and periapical radiography in the detection of furcal perforations ». *J Endod* 41 (2015): 696-702.
65. Kamburoğlu K, Kolsuz E, Murat S, Eren H, Yüksel S, Paksoy CS. « Assessment of buccal marginal alveolar peri-implant and periodontal defects using a cone beam CT system with and without the application of metal artefact reduction mode ». *Dentomaxillofac Radiol* 42 (2013): 130-176.
66. Schulze R, Heil U, Gross D, Bruellmann DD, Dranischnikow E, Schwanecke U. « Artefacts in CBCT: A review ». *Dentomaxillofac Radiol* 40 (2011): 265-273.
67. Pauwels R, Beinsberger J, Collaert B, Theodorakou C, Rogers J, Walker A, Cockmartin L, Bosmans H, Jacobs R, Bogaerts R, Horner K. « Effective dose range for dental cone beam computed tomography scanners ». *Eur J Radiol* 81(2) (2012): 267-271.
68. Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, White SC. « Patient risk related to common dental radiographic examinations: the impact of 2007 International Commission on Radiological Protection recommendations regarding dose calculation ». *Am Dent Assoc* 139(9) (2008): 1237-1243.
69. Mallet JP, Roussel T. « Microdentisterie et omnipratique ». *Informations Dentaires* 21 (2001): 1555-1561.

70. Kim S, Baek S. « The microscope and endodontics ». *Dent Clin North Am* 48(1) (Janvier 2004): 11–18.
71. Perrin P, Neuhaus KW, Lussi A. « The impact of loupes and microscopes on vision in endodontics ». *J Endod* 47(5) (1 Mai 2014): 425–429.
72. Baldassari-Cruz LA, Lilly JP, Rivera EM. « The influence of dental operating microscope in locating the mesiolingual canal orifice ». *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 93 (2002): 190–194.
73. Hammad M, Qualtrough A, Silikas N. « Three-dimensional evaluation of effectiveness of hand and rotary instrumentation for retreatment of canals filled with different materials ». *J Endod* 34 (2008): 1370-1373.
74. Machado-Silveiro LF, González-López S, González-Rodríguez MP. « Decalcification of root canal dentine by citric acid, EDTA and sodium citrate ». *J Endod* 37(6) (2004): 365–369.
75. Marques da Silva B, Baratto-Filho F, Leonardi DP, Henrique Borges A, Volpato L, Branco Barletta F. « Effectiveness of ProTaper, D-RaCe, and Mtwo retreatment files with and without supplementary instruments in the removal of root canal filling material ». *J Endod* 45(10) (Octobre 2012): 927–932.
76. Rödiger T, Hausdörfer T, Konietzschke F, Dullin C, Hahn W, Hülsmann M. « Efficacy of D-RaCe and ProTaper Universal Retreatment NiTi instruments and hand files in removing gutta-percha from curved root canals - a micro-computed tomography study ». *J Endod* 45(6) (Juin 2012): 580–589.
77. Ersev H, Yilmaz B, Dinçol ME, Dağlaroğlu R. « The efficacy of ProTaper Universal rotary retreatment instrumentation to remove single gutta-percha cones cemented with several endodontic sealers ». *J Endod* 45(8) (Août 2012): 756–762.
78. Zuolo AS, Mello JE, Cunha RS, Zuolo ML, Bueno CES. « Efficacy of reciprocating and rotary techniques for removing filling material during root canal retreatment ». *J Endod* 46(10) (Octobre 2013): 947–953.
79. Gergi R, Sabbagh C. « Effectiveness of two nickel-titanium rotary instruments and a hand file for removing gutta-percha in severely curved root canals during retreatment: an ex vivo study ». *J Endod* 40(7) (Juillet 2007): 532–537.
80. Sae-Lim V, Rajamanickam I, Lim BK, Lee HL. « Effectiveness of ProFile.04 taper rotary instruments in endodontic retreatment ». *J Endod* 26(2) (Février 2000): 100–104.
81. Ma J, Al-Ashaw AJ, Shen Y, Gao Y, Yang Y, Zhang C. « Efficacy of ProTaper Universal Rotary Retreatment system for gutta-percha removal from oval root canals: a micro-computed tomography study ». *J Endod* 38(11) (Novembre 2012): 1516–1520.
82. Cohen A. « Solvants et désobturation canalaire : élimination des pâtes et de la gutta-percha ». *Réalités Cliniques* 7(3) (1996): 305–313.

83. Rios M de A, Villela AM, Cunha RS, Velasco RC, De Martin AS, Kato AS. « Efficacy of 2 reciprocating systems compared with a rotary retreatment system for gutta-percha removal ». *J Endod* 40(4) (Avril 2014): 543–546.
84. Marfisi K, Mercade M, Plotino G, Duran-Sindreu F, Bueno R, Roig M. « Efficacy of three different rotary files to remove gutta-percha and Resilon from root canals ». *J Endod* 43(11) (Novembre 2010): 1022–1028.
85. Abramovitz I, Relles-Bonar S, Baransi B, Kfir A. « The effectiveness of a self-adjusting file to remove residual gutta-percha after retreatment with rotary files ». *J Endod* 45(4) (Avril 2012): 386–392.
86. Topçuoğlu HS, Demirbuga S, Tuncay Ö, Pala K, Arslan H, Karataş E. « The effects of Mtwo, R-Endo, and D-RaCe retreatment instruments on the incidence of dentinal defects during the removal of root canal filling material ». *J Endod* 40(2) (Février 2014): 266–270.
87. Bramante CM, Fidelis NS, Assumpção TS, Bernardineli N, Garcia RB, Bramante AS. « Heat release, time required, and cleaning ability of MTwo R and ProTaper universal retreatment systems in the removal of filling material ». *J Endod* 36(11) (Novembre 2010): 1870–1873.
88. Kfir A, Tsesis I, Yakirevich E, Matalon S, Abramovitz I. « The efficacy of five techniques for removing root-filling material: microscopic versus radiographic evaluation ». *J Endod* 45(1) (Janvier 2012): 35-41.
89. Horvath SD, Altenburger MJ, Naumann M, Wolkewitz M, Schirrmeister JF. « Cleanliness of dentinal tubules following gutta-percha removal with and without solvents: a scanning electron microscopic study ». *J Endod* 42(11) (Novembre 2009): 1032-1038.

LE RETRAITEMENT ENDODONTIQUE : ETUDE DE L'EFFICACITE DU REMOVER® SUR UNE OBTURATION VERTICALE A CHAUD

RESUME EN FRANÇAIS :

Le retraitement endodontique orthograde est la première thérapeutique envisagée lors de l'échec du traitement endodontique initial. Les avancées scientifiques et la simplification du plateau technique ont rendu ce traitement accessible à tous les chirurgiens-dentistes. C'est pourquoi, nous avons voulu étudier l'efficacité de désobturation de la lime Remover® en rotation continue sur des simulateurs obturés en technique verticale à chaud, associée à un opener et à un finisher pour parfaire le retraitement.

TITLE : ENDODONTIC RETREATMENT : EFFECTIVENESS STUDY OF THE REMOVER® ON A WARM VERTICAL COMPACTION

SUMMARY :

Endodontic retreatment is the first treatment considered when the initial endodontic treatment fails. Scientific advances and the simplification of the technical platform have made this treatment accessible to all dental surgeons. Therefore, we wanted to study the unfilling effectiveness of the Remover® file in continuous rotation on simulators compacted with the warm vertical technique, associated with an opener and a finisher to complete the retreatment.

DISCIPLINE ADMINISTRATIVE : Odontologie Conservatrice, endodontie (58.01)

MOTS-CLES : retraitement, désobturation, efficacité de nettoyage canalair, Remover®, CBCT, CTan®

INTITULE ET ADRESSE DE L'U.F.R. :

Université Toulouse III – Paul Sabatier – Faculté de Chirurgie-Dentaire

3, Chemin des Maraîchers, 31062 TOULOUSE Cedex

DIRECTEUR DE THESE : Professeur Franck DIEMER