

UNIVERSITE TOULOUSE III – PAUL SABATIER
FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2021

2021 TOU3 3025

THESE

POUR LE DIPLÔME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE
DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement
par

Roméo BERUT

Le 29 avril 2021

LA PRÉPARATION CANALAIRE MINIMALEMENT INVASIVE:
ETUDE IN VITRO DE TROIS LIMES DE MISE EN FORME
ENDODONTIQUE

Directeur de thèse : Docteur Jérôme Fisse

JURY

Président :

Professeur Franck DIEMER

1er Assesseur :

Docteur Marie GEORGELIN-GURGEL

2ème Assesseur :

Docteur Vincent BLASCO - BAQUE

3ème Assesseur :

Docteur Jérôme Fisse





Faculté de Chirurgie Dentaire

Ä 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

Ä PERSONNEL ENSEIGNANT

Ä HONORARIAT

DOYENS HONORAIRES M.

Jean LAGARRIGUE ^{ca} M.
Jean-Philippe LODTER ^{ca}
M. Gérard PALOUDIER M.
Michel SIXOU M. Henri
SOULET

Ä 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,

ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE

Maîtres de Conférences : M. Pascal BARON, Mme Christiane LODTER, M. Maxime ROTENBERG
Assistants : Mme Isabelle ARAGON, Mme Anaïs 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. Jean-Noël VERGNES
Assistant : M. Julien ROSENZWEIG
Adjoints d'Enseignement : M. Alain DURAND, Mlle. Sacha BARON, M. Romain LAGARD, Mme Géromine FOURNIER
M. Fabien BERLIOZ, M. Jean-Philippe GATIGNOL

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 BARRE ,
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
Adjoints 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. Matthieu MINTY, Mme Chiara CECCHIN-ALBERTONI
Adjoints 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, Mme Manon SAUCOURT
M. Ludovic PELLETIER, M. Nicolas ALAUX
Adjoints d'Enseignement : M. Eric BALGUERIE, M. Jean-Philippe MALLET, M. Rami 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 Cardine DE BATAILLE, Mme Margaux BROUTIN, Mme Coralie BATAILLE
Assistant Associé : M. Antoine GALIBOURG,
Adjoints d'Enseignement : M. Christophe GHRENASSIA, Mme Marie-Hélène LACOSTE-FERRE, 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, M. Victor EMONET-DENAND M. Thierry DENIS

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
Adjoints d'Enseignement : Mme Sylvie MAGNE, M. Thierry VERGÉ, Mme Josiane BOUSQUET, M. Damien OSTROWSKI

Mise à jour pour le 12 Février 2021

REMERCIEMENTS:

À **ma famille**, qui m'a soutenue tout au long de ma vie. Qui m'a permis d'en arriver ici et sans qui tout ceci n'aurait pas été possible.

À Maman, qui aura toujours été présente pour moi, qui aura toujours fait en sorte que je me sente bien, et qui m'aura permis d'être autonome dans la vie.

À Papa, merci de m'avoir transmis ta détermination dans la vie et tes hobby qui font maintenant partie de mon équilibre.

À Théo, le frère que plus d'une personne aurait rêvé d'avoir. Merci d'avoir cet humour et toutes ces idées, toutes ces envies qui m'inspirent dans mon quotidien.

À **Elo**, avec qui je partage ma vie et mon quotidien, merci de me supporter et me suivre dans mes projets et d'en envisager de nouveaux à nous deux. Je t'aime.

À **Valentine**, ma binôme qui m'aura poussé au travail et qui m'aura apporté la rigueur que j'ai aujourd'hui. Et effectivement, à ces London ravageurs quand on finissait un cas compliqué !

À **mes amis**, et pour tous les voir, il en faut des week-end..

À la cerise, ce petit groupe de génies avec qui je continue de passer tout ce temps.

Aux potes du lycée, si nous nous sommes pas perdus de vue depuis tout ce temps, c'est pas pour rien, toujours un plaisir de vous revoir et de se raconter nos vie qui évoluent !

À la bodega, qui j'aime le croire, regroupe un QI non négligeable mais malheureusement complètement négligé au cours de repas tous plus constructifs les uns que les autres. Sans ces amis-là je n'aurais peut être pas trouvé de directeur de thèse ?

Au Portet Gym Club, qui n'est aujourd'hui plus seulement un club de sport mais aussi un groupe d'amis, c'est toujours un plaisir de vous voir et de faire du sport avec vous !

À **la compagnie créole**, qui aura égayé mes journées tout au long de ce travail.

Inter, exter: 2 fois.

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 honneur de vous voir présider cette thèse.

Merci pour votre disponibilité lors de ce travail et pour l'enseignement que vous nous avez dispensé
durant ces années d'étude.

Considérez ce travail comme nos plus sincères remerciements.

A notre jury de thèse,

Madame le Docteur Marie GURGEL- GEORGELIN

- 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.

Nous vous remercions de nous honorer de votre présence à ce jury de thèse.

L'apprentissage clinique sous votre enseignement dans la bonne humeur nous aura grandement
appris.

Voyez dans ce travail notre plus profonde gratitude.

A notre jury de thèse,

Monsieur le docteur Vincent BLASCO-BAQUE

- Maître de Conférences des Universités et Praticien Hospitalier d'odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Docteur de l'Université Paul Sabatier,
- Diplôme Inter-Universitaire d'Endodontie de la Faculté de Chirurgie Dentaire de Toulouse,
- Diplôme Universitaire de Pédagogie en Santé de l'Université Paul Sabatier,
- Responsable Diplôme Universitaire de Médecine bucco-dentaire du Sport,
- Lauréat de l'Université Paul sabatier,
- HDR.

Votre présence au jury de cette thèse est un honneur pour nous.

Votre disponibilité en clinique et votre envie de nous enseigner nous aura permis de sortir de ces années d'études avec des bases solides.

Vous aurez également permis de nous élever vers les plus hauts niveaux avec l'ADREAM et nous vous en remercions.

Veillez trouver dans ce travail notre plus grande reconnaissance.

A notre jury de thèse,

Monsieur le docteur Jérôme FISSE

- Assistant hospitalo-universitaire d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- CES en Odontologie conservatrice Restauratrice et Endodontie,
- CES en Odontologie Prothétique mention prothèse conjointe,
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier,
- Attestation Universitaire d' imagerie 3 D et CONE Beam
- Attestation Universitaire de dentisterie esthétique et restauratrice (Paris 7)

C'est un honneur de vous voir participer à ce jury de thèse.

Votre enseignement clinique, théorique mais aussi lors de notre premier remplacement ont été essentiels à notre formation.

Votre soutien, tant pour la réalisation de ce travail, que lors de difficultés rencontrées en tant que jeune praticien aura été précieux et nous vous en remercions infiniment.

Vous trouverez dans cette thèse l'expression de nos plus sincères remerciements.

TABLE DES MATIÈRES:

INTRODUCTION	11
I. LES PRINCIPES DE L'ENDODONTIE MINIMALEMENT INVASIVE	12
A- Le matériel	13
<i>i. Les aides optiques</i>	13
a. Les loupes	13
b. Le microscope optique	16
<i>ii. Les inserts Ultrasonores</i>	18
B- Aménagement des Voix d'Accès	19
<i>i. Traditionnel</i>	20
<i>ii. Minimalement invasif</i>	21
a. Cavité d'accès conservatrice	21
b. Cavité d'accès ninja	22
c. Guide endodontique	23
C- Mise en forme minimalement invasive	25
<i>i. Ouverture de la trajectoire canalaire</i>	25
<i>ii. Préparation canalaire</i>	25
a. Diamètre de pointe	26
b. Conicité	26
II. COMPARAISON DE TROIS SEQUENCES :	28
TruNatomy®, One Curve 4%®, IsiSoft®	28
A- Matériel	29
<i>i. Lime TruNatomy®</i>	29
<i>ii. Lime One curve 4%®</i>	29
<i>iii. Limes IsiSoft®</i>	30
<i>iv. Contre-angle</i>	30
<i>v. Simulateurs</i>	30
B- Protocole	31
<i>i. Mesure des longueurs de travail (LT)</i>	31
<i>ii. Cathétérisme des simulateurs</i>	31
<i>iii. Mise en forme</i>	32
<i>iv. Superposition des photos</i>	33
<i>v. Mesures des mises en formes avec le logiciel FIJI®</i>	33
C- Résultats	35
<i>i. Description des résultats:</i>	35
a. IsiSafe®	35
b. TruNatomy®	36
c. One Curve 4%®	37
<i>ii. Analyse des résultats</i>	38
a. Analyse de la variance entre les différents paramètres	38
b. Analyse de la préparation canalaire en fonction de l'instrument	39
c. Analyse de la préparation canalaire en fonction du niveau du canal	39
d. Analyse du respect de la courbure en fonction de l'instrument	40
D- Discussion	40
E- Conclusion	41
CONCLUSION	42
TABLE DES ILLUSTRATIONS	43
BIBLIOGRPHIE	44

INTRODUCTION

Lors d'un traitement endodontique, l'objectif est de nettoyer l'intégralité du réseau canalaire. Cependant, les études ont montré que des débris et bactéries persistent après n'importe quel type de mise en forme (manuelle ou rotative). Ceci est lié à la complexité du réseau canalaire.

En effet, lors d'une mise en forme rotative en Nickel-Titane sur des molaires maxillaires, 35% des surfaces dentinaires ne sont pas affectées par l'instrumentation mécanisée (OA Peters & co).

Le but de la mise en forme du réseau canalaire est de permettre à la solution d'irrigation de progresser jusqu'à la longueur de travail afin de faire remonter les débris dentinaires et de décontaminer l'endodonte.

De plus, elle permet de réaliser une obturation tridimensionnelle étanche afin de réaliser une barrière entre le parodonte et le réseau endodontique (Schilder, 1967 et 1974)

Quelle est donc la mise en forme la moins délabrante, permettant à la solution d'irrigation de progresser dans l'intégralité du réseau canalaire ?

I. LES PRINCIPES DE L'ENDODONTIE MINIMALEMENT INVASIVE

Tout d'abord, pourquoi s'intéresse-t-on à l'endodontie minimalement invasive ? L'endodontie minimalement invasive entre dans l'aire de la Dentisterie conservatrice. En effet, l'art dentaire connaît un changement de paradigme visant à préserver le maximum de tissus dentaires lors de restaurations. La motivation de ce changement réside dans le fait que nos obturations ne sont pas permanentes: les échecs de nos traitements sont principalement dûs à des caries secondaires ou à des fractures de remplissage (Dan Ericson).

Au cours des années, nous nous sommes aperçus que de trop nombreuses fractures dentaires apparaissent suite aux traitements endodontiques. En effet, on cherche maintenant à préserver le plancher de la chambre pulpaire ainsi que le tiers coronaire de notre canal dentaire pour préserver la résistance de la dent.

Pour y parvenir, de nouveaux instruments sont à notre disposition.

A- Le matériel

i. Les aides optiques

Il existe différents types d'aides optiques: les loupes binoculaires (Galiléennes et Keplerienne) et le microscope optique.

a. Les loupes



Figure 1: Respectivement, Aides optiques Galiléennes et Képlériennes

Les loupes Galiléennes sont composées d'une lentille convergente (Objectif) et d'une lentille divergente (Oculaire) placée en avant du foyer de la lentille convergente. Nous obtenons donc une image dite virtuelle.

Le grossissement de ce type de lunettes dépend de la lentille divergente placée devant l'oeil. Cependant, un grossissement important n'est pas permis par ces lunettes car les rayons lumineux seraient trop divergents et donc non captés par l'oeil. Ce qui limite aussi le champ de vision au travers de la loupe.

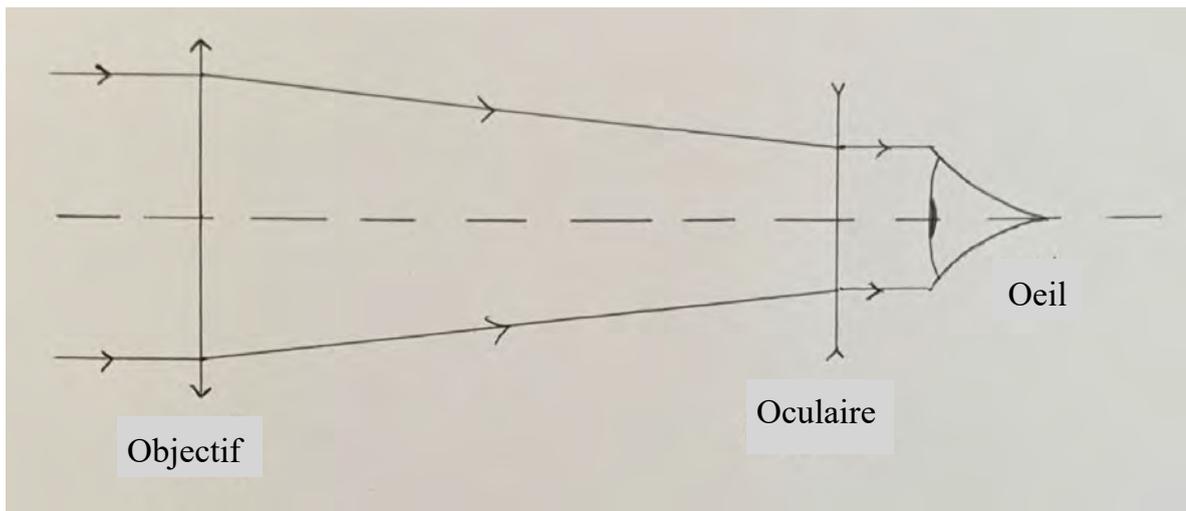


Figure 2: Schéma de principe de la lunette de Galilée

Les aides optiques Galiléenne proposent ainsi un grossissement allant de $\times 2,5$ à $\times 3,3$.

Les loupes Kepleriennes (ou lunette astronomique) quant à elles permettent un grossissement plus important que les loupes galiléennes. Ceci s'explique par un positionnement différent de la lentille oculaire.

Elle est toujours composée d'une première lentille convergente (Objectif) mais la seconde lentille (Oculaire) est convergente à son tour, en arrière du plan focal.

Ce type de loupe permet donc de visualiser l'image réelle donnée par la première lentille.

Les faisceaux lumineux captés par l'oeil sont donc convergents, ainsi, le grossissement et le champs ne seront pas limités.

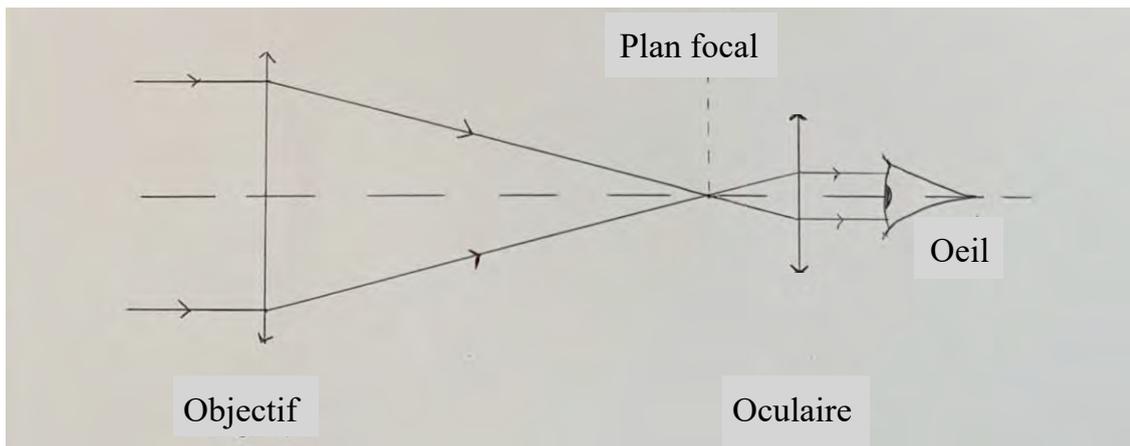


Figure 3: Schéma de principe de la lunette de Kepler

Cependant l'image obtenue est renversée (selon les directions haut-bas et droite-gauche) puisque les rayons lumineux se croisent au niveau du plan focal. Un système de prismes est donc nécessaire afin de redresser l'image.

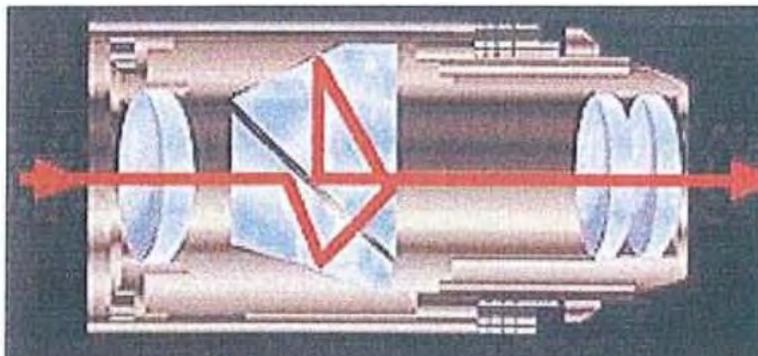


Figure 4: Principe de Kepler (doc. Int. Identix®, 2004)

Les aides optiques de Kepler, proposent dans notre pratique des grossissement allant de x3,8 à x6, en raison de la taille de la loupe qui ne peut pas être trop importante.

À ces deux types de loupes, est souvent ajouté un éclairage directement fixé sur la monture des lunettes binoculaires. L'éclairage ajouté étant co-axial, il évite les zones d'ombres que nous avons l'habitude d'avoir avec les Scialytiques.



Figure 5: Éclairage

b. Le microscope optique

Le principe de fonctionnement du microscope optique est semblable à la lunette de Kepler. En effet, le système est là aussi constitué de deux lentilles convergentes. La grande différence se situe dans le fait que le microscope optique est un système focal. C'est à dire que l'on pourra réaliser une mise au point de l'appareil.

Dans ce système, la lentille Objectif et la lentille Oculaire seront toujours placées à la même distance l'une de l'autre, dans un même tube. La mise au point se fera en approchant ou en reculant le tube de l'objet à observer de façon à placer l'image (A^1B^1) de la lentille Objectif dans le plan focal objet de la lentille Oculaire. Ainsi, on obtient une image à l'infini ce qui permet au praticien de ne pas avoir à accommoder pour percevoir une image nette.

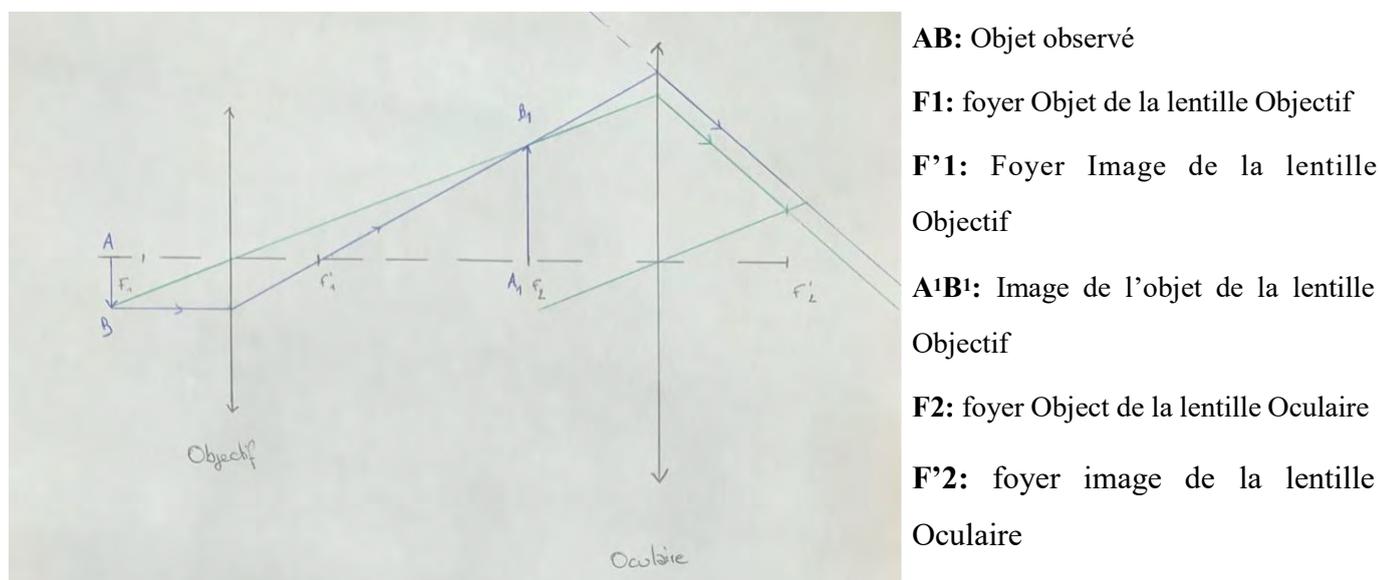


Figure 6: Schéma de principe de fonctionnement du microscope optique

Si la mise au point du microscope est nécessaire, c'est parce qu'il permet de choisir le grossissement en fonction des cas. En effet, il est possible de changer les lentilles, donc le point focal objet de cette lentille se déplacera en fonction de la convergence de celle-ci.

C'est à ce moment là que la mise au point sera importante afin de déplacer le tube (lentille Objectif et lentille Oculaire) par rapport à l'objet et ainsi replacer l'image A^1B^1 sur le point focal objet de la lentille Oculaire.

Le microscope apporte un grand bénéfice dans l'ergonomie du praticien. En effet celui-ci s'utilise dos droit avec un regard loin devant ce qui évite même d'avoir à pencher la tête. Tout ceci permet au praticien d'éviter une fatigue musculaire et visuelle lors de séances qui sont souvent longues.

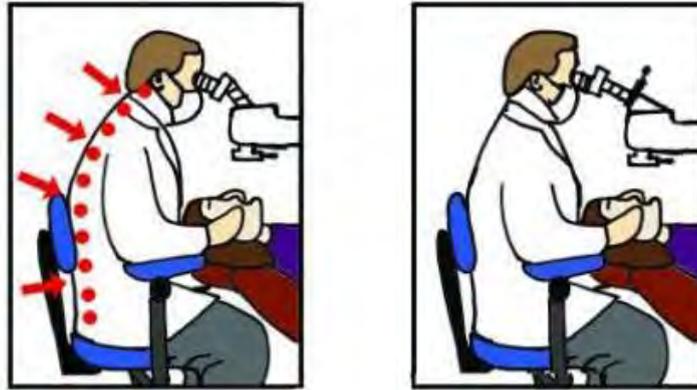


Figure 7: position du praticien (SEILER)

Il existe donc différents types d'aides optiques ayant des caractéristiques différentes. Ce sera alors au chirurgien dentiste de choisir celles qui correspondent au mieux à sa pratique.

Pour de l'omnipratique poussée en endodontie, il semblerait que les loupes de Kepler avec une source de lumière coaxiale permettent de remplacer partiellement le microscope optique. En effet celles-ci permettent de distinguer les structures limites se situant à l'intérieur de la partie coronaire du canal dentaire chez les praticiens de moins de 40 ans. À l'inverse, les loupes de Galilée avec un grossissement $\times 2,5$ sont largement insuffisantes pour une pratique en endodontie (même avec une source de lumière coaxiale).

Le microscope optique, quant à lui, reste l'outil de choix en endodontie, quel que soit l'âge du praticien afin d'observer au mieux les canaux radiculaires (Philippe Perin & col).

Ces aides optiques nous permettent donc de mieux voir lors de nos traitements endodontiques. Cependant elles ne sont pas suffisantes car nos instruments traditionnels sont volumineux (tête de turbine ou de contre angle) et se placent sur notre champ de vision. Il a donc fallu développer des inserts à ultrasons plus fins et plus précis afin de bénéficier pleinement de cette nouvelle vision apportée par les aides optiques.

ii. Les inserts Ultrasonores

Différents types d'inserts sont à notre disposition.

Lors d'aménagement des voix d'accès traditionnelles, nous utilisons une fraise Endo Z, possédant une pointe inactive afin de préparer notre chambre pulpaire sans perforer le plancher dentaire de la dent.

Sur ce même principe, des inserts ultrasonores comme le CAP1 (Canal Accès Prep) permettent de réaliser le même travail en gardant une bonne vision sur notre préparation.

D'autres inserts, comme le CAP2, permettent de rechercher précisément le canal MV2 présent sur les molaires maxillaires, les canaux minéralisés ou encore d'éliminer les éperons dentinaires, grâce à leur pointe active cette fois-ci.

Lors de nos traitement endodontiques, nous sommes souvent confrontés à des minéralisations de la chambre pulpaire (pulpolythes) dûs aux différentes agressions que la dent a pu subir au cours de sa vie. C'est dans ce type de cas que les inserts type CAP3 auront leur intérêt afin d'éliminer ces pulpolythes.



Figure 8: Canal Accès Prep 1, 2, 3 du système Actéon, Mairignac, France

Ces trois instruments sont des inserts à Micro-lames. Mais il existe aussi des inserts en acier diamanté comme l'insert ET18B ou encore l'insert boule ETBD pour la recherche de canaux calcifiés.



Figure 9: ET18B et ETBD, du système Actéon, Merignac, France

Mise en application de ces instruments, en comparant les préparations dentaires traditionnelles, et celles dites minimalement invasives.

B- Aménagement des Voix d'Accès

Grâce au grossissement des aides optiques, nous pouvons travailler avec une voix d'accès plus petite. On distingue maintenant les cavités d'accès traditionnelles (TEC), des cavités d'accès conservatrices (CEC) ou encore « ninja » (NEC).

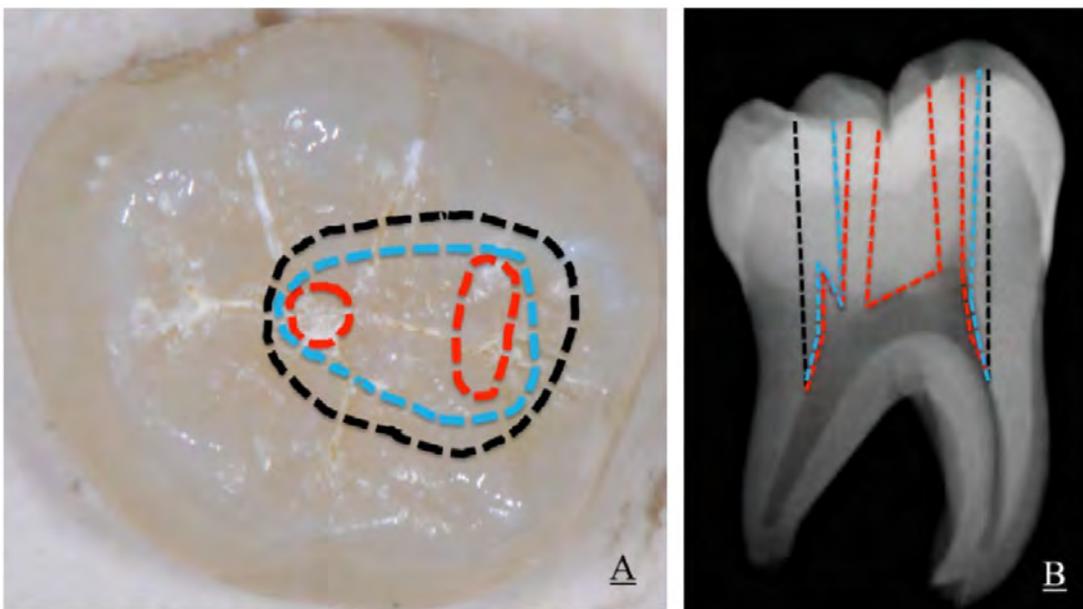


Figure 10: Tracés de types d'ouverture de chambre d'une première molaire mandibulaire (A) en vue occlusale et (B) radiographie rétroalvéolaire réalisés à l'université de Nantes. Respectivement : voie d'accès endodontique par TEC (en pointillés noirs), CEC (en pointillés bleus), NEC (en pointillés rouges).

i. Traditionnel

L'aménagement des voies d'accès dit « traditionnel » est réalisé de manière à respecter cinq objectifs (Simon S & col):

- Suppression du plafond pulpaire. En effet, si des débris organiques persistent sur le plafond pulpaire, ils pourraient compromettre le traitement endodontique et ainsi mener à une contamination du traitement en cours. Ces zones de contre-dépouille sont repérés à l'aide d'une sonde 17.
- Visualisation des entrées canalaires, sans délabrer le plancher pulpaire. Pour ce faire, le praticien devra connaître l'anatomie endodontique de la dent traitée et lire précautionneusement le plancher pulpaire. Ceci pourra être réalisé à l'aide d'une sonde DG16.
- Permettre un accès direct des instruments au tiers apical. La cavité d'accès doit être réalisée en dépouille jusqu'au canal afin d'éviter une courbure instrumentale marquée à l'entrée du canal. Ceci permet de faciliter le passage des instruments manuels ou rotatifs et diminue le risque de fractures instrumentales.
- Constituer un réservoir pour les solutions d'irrigation. Ceci permet d'apporter de l'hypochlorite de sodium lors de chaque passage instrumental dans les canaux radiculaires.
- Permettre la pose d'une obturation temporaire. Il est important de garantir l'étanchéité du canal en inter-séance afin d'éviter une recontamination bactérienne.



Figure 11: Aménagement des voies d'accès Traditionnel

ii. Minimalement invasif

Certains principes d'aménagement ont été revus avec l'arrivée de nouveaux instruments afin de préserver le maximum de tissus dentaires sains.

En effet, la résistance dentaire est réduite proportionnellement à la perte de tissu coronaire, en raison soit de lésions carieuses / non carieuses préexistantes, soit de l'aménagement des voies d'accès, en plus des procédures de restauration (Bogdan Dimitriu & col).

De plus, les dents préparées avec une cavité d'accès TEC ont montré une résistance à la rupture inférieure à celles préparées avec CEC ou NEC (Plotino G & col).

a. Cavité d'accès conservatrice

Ce type de cavité d'accès suit les principes des voies d'accès traditionnelles mais diffère sur un point: la cavité est en contre-dépouille. Ceci implique que les instruments subiront donc plus de contraintes lors de passages successifs dans les canaux radiculaires.

L'étude de Mario Alovisi & col montre que les TEC présentent une meilleure préservation de l'anatomie du canal radiculaire d'origine avec moins de transport apical que les CEC, probablement en raison de l'absence d'interférences coronaires et, par conséquent, de moins de mouvements d'insertion et de retrait nécessaires pour compléter l'instrumentation.

Lors de cette étude, le ProGlyder (Dentsply, Ballaigue, Suisse) a été utilisé dans le protocole mais aucune lime de pré-élargissement n'a été utilisée.

Il sera donc important d'utiliser des limes d'ouverture canalaire de conicité importante afin d'éliminer les contraintes que pourraient subir les limes de mise en forme et ainsi éviter de déformer nos canaux radiculaires.



Figure 12: Lime SX, Dentsply, Ballaigue, Suisse

Lors de l'application d'une contrainte sur une dent, la répartition de cette contrainte est mieux distribuée sur des cavités d'accès minimalement invasives que sur des cavités d'accès traditionnelles. Les zones présentant les concentrations de stress les plus élevées ont de plus grands risques de se fracturer (Keyong Yuan & col).

En effet, les cavités d'accès conservatrices permettent de conserver la dentine coronaire. Ceci permet une résistance accrue à la fracture des molaires mandibulaires et des prémolaires. Cependant, l'objectif premier de notre traitement reste la désinfection du réseau canalaire, il ne faut donc pas négliger un bon nettoyage en favorisant uniquement la résistance mécanique de la dent. Or, les cavités d'accès conservatrices ont été associées au risque de non instrumentalisation de certains pans canaux dans le cas de canaux distaux des molaires mandibulaires (Rajesh Krishan & col).

De plus, l'étude de Pelin Tüfenkçi & col, qui évalue la quantité d'extrusion de débris radiculaires apicaux, montre une augmentation significative des débris apicaux dans le cas d'une cavité d'accès conservatrice par rapport à une cavité d'accès traditionnelle.

Or, les débris radiculaires peuvent créer une inflammation péri-apicale, pouvant causer un échec du traitement.

Il faut cependant noter que cette différence est significative uniquement lors de mise en forme canalaire à l'aide du système Reciproc (VDW, 81709 München, Allemagne) mais pas avec un système de rotation continue.

b. Cavité d'accès ninja

Les cavités d'accès « ninja » sont aussi appelées « ultra-conservatrices ». Elles se présentent avec deux cavités d'accès distinctes de façon à tomber directement sur les canaux dentaires. Ce type de cavités d'accès s'éloigne des objectifs des cavités d'accès traditionnelles en laissant volontairement une partie du plafond pulpaire afin de préserver au maximum la résistance de la dent.

La résistance à la fracture des dents traitées endodontiquement sous contrainte thermique (thermocompaction) est augmentée lors de cavités d'accès dites Ninja en comparaison avec les cavités d'accès traditionnelles (Eshagh Ali Saberi & col).

Cependant, ceci rend plus difficile la désinfection de la chambre pulpaire.

Actuellement, le sujet des cavités d'accès conservatrices ou traditionnelles fait débat. Certaines études défendent un gain de résistance de la dent, évitant ainsi des fractures dentaires, mais d'autres études critiquent ce type de cavités car la désinfection du réseau canalaire n'est plus aussi efficace et à cause des déviations canales que peuvent créer les instruments de mise en forme.

c. Guide endodontique

En plus des aides optiques et des inserts ultrasonores, certains praticiens utilisent des guides personnalisés, usinés en 3D, afin d'arriver dans le canal dentaire en préservant le maximum de tissu dentaire.

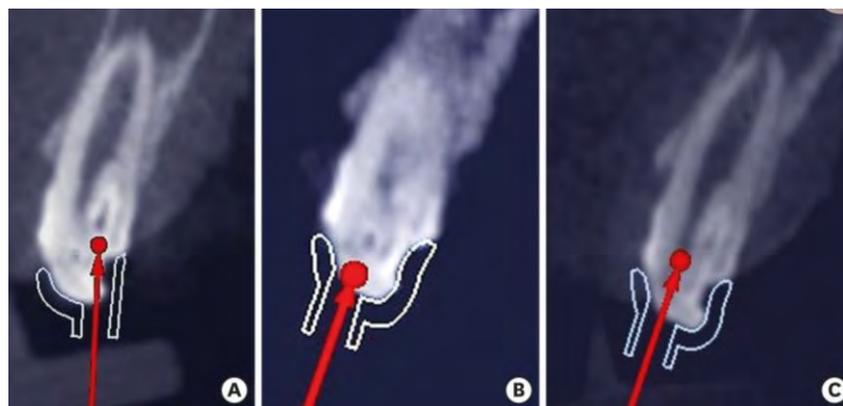


Figure 12: (A) Chemin de la fraise vers les dens invaginatus profondément assis (DI). (B) Chemin de la fraise vers le DI superficiel. (C) Chemin de la fraise vers le canal radiculaire principal.

Ces guides sont fabriqués à partir d'une radio 3D, pour permettre de donner dans les 3 sens de l'espace, l'axe dans lequel la trépanation doit être réalisée.

Suite à l'analyse radiologique simulant l'axe de trépanation, il est possible d'imprimer un guide opératoire à l'aide d'une imprimante 3D.



Guide imprimé en 3D

Cette technique peut être un outil précieux pour la négociation de canaux minéralisés, de canaux secondaires et du canal radiculaire principal, réduisant le temps au fauteuil et, plus important encore, le risque de dommages iatrogènes à la structure dentaire (Afzal Ali and Hakan Arslan).

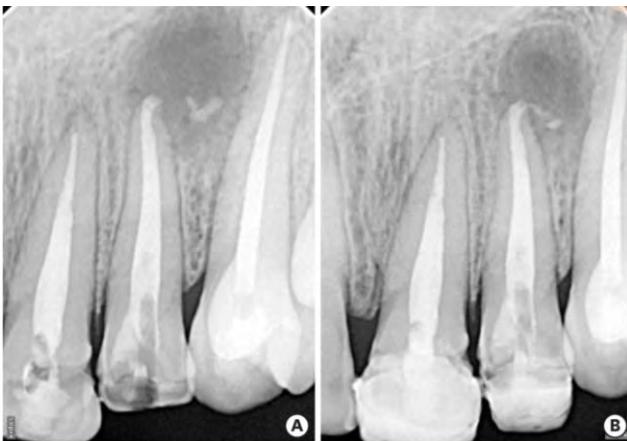


Figure 13: (A) Radiographie postopératoire immédiate de la dent # 22. (B) Radiographie prise lors de la visite de suivi (1 an plus tard) ont montré une régression de la lésion périapicale par rapport à la dent # 22.

Les cavités d'accès minimalistes s'inscrivent bien dans la dentisterie moderne: minimalement invasive. Cependant, la préservation du tissu dentaire coronaire fait débat en endodontie car celle-ci ne doit pas compromettre la mise en forme et la désinfection du réseau canalaire.

C'est pour cela que l'on se dirige maintenant vers une mise en forme minimalement invasive.

C- Mise en forme minimalement invasive

i. Ouverture de la trajectoire canalaire

Lors de la mise en forme canalaire, il est fréquent de créer une butée ou un bouchon de débris canalaires avec nos instruments. D'autre part, de nombreuses fractures instrumentales apparaissent lorsque les contraintes appliquées sont trop importantes.

C'est pour ces raisons que de nouveaux instruments rotatifs en Nickel-Titane sont proposés par deux nombreux fabricants.

En effet, l'alliage Nickel-Titane confère aux limes de la flexibilité permettant d'éviter la création de butées.

Ces limes sont utilisées en rotation continue afin de faire remonter les débris canalaires et ainsi éviter la création de bouchons apicaux.

Conçus avec une conicité de 2%, ces instruments permettent d'éviter de trop grosses contraintes sur les limes de préparation canalaire qui se retrouvent fréquemment fracturées au niveau de leur pointe.



Figure 14: Instrument de pré-élargissement PathFiles®, Diamètre 13 (Violet), 16 (Blanc), 19 (Jaune) et conicité 2%, Dentsply, Baillagues, Suisse

ii. Préparation canalaire

Pour faire face au risque de fracture des instruments de rotation continue, les fabricants proposent de nouvelles limes à usage unique ou encore des limes traitées thermiquement.

En effet, la résistance à la fatigue cyclique des instruments en Nickel-titane est augmentée grâce au traitement thermique de ceux-ci (Kyu-Sang Shim & col).

Le principe de mise en forme endodontique minimalement invasive fait suite à celui de voie d'accès minimalement invasive: le but étant toujours de conserver au mieux le tissu dentaire sain lors de nos thérapeutiques.

a. Diamètre de pointe

Une mise en forme avec un diamètre de pointe 20/100 (que la conicité soit de 4 ou 6%) est trop faible pour éliminer correctement la smear layer et permettre à l'irrigation de faire remonter suffisamment de débris (Plotino G & Col).

Lors d'un traitement initial, il faudra donc mettre en forme avec un diamètre de pointe 25/100 de manière à préserver le maximum de tissu dentaire et ainsi conférer à la dent la plus grande solidité possible à la fin de notre traitement (Plotino G & col).

b. Conicité

En ce qui concerne la résistance de la dent une fois la mise en forme réalisée, l'étude du Dr Sabeti M montre qu'une mise en forme de conicité 8% augmente significativement le risque de fracture de la dent. Même si une mise en forme 6% présente un risque de fracture dentaire plus élevé, aucune différence significative par rapport à une mise en forme de 4% n'a été mise en évidence.

Il apparaît que la zone de transition couronne-racine est le pilier de résistance de la dent et qu'il faut donc la préserver lors de nos préparations.

La meilleure approche actuelle pour préserver la résistance de la dent traitée endodontiquement semble être de minimiser le sacrifice des tissus, en particulier dans la région cervicale afin qu'un effet fêrulle puisse être créé (Didier Dietschi & col).

Une conicité moins importante permet de préserver plus de tissus dentaire lors de la préparation canalaire. C'est pour cela que de nouvelles limes de conicité 4% sont apparues sur le marché.

Concernant les instruments de mise en forme minimalement invasive, peu d'études sont parues du fait de leur sortie récente. Il sera intéressant de voir si ces limes permettent d'améliorer notre pratique quotidienne dans les années à venir.

L'objectif est de proposer des limes le moins délabrantes possible, tout en assurant le nettoyage du réseau canalaire.

Pour assurer à la solution d'irrigation d'atteindre le tiers apical, un diamètre de pointe 25/100 et une conicité de 4% sont nécessaires.

II. COMPARAISON DE TROIS SEQUENCES :
TRUNATOMY®, ONE CURVE 4%®, ISIsoft®

A- Matériel

i. Lime TruNatomy®

Caractéristiques du produit:

- Partie travaillante en Nickel-Titane
- Conicité 4% variable
- Diamètre de pointe 26/100
- Traité thermiquement
- Vitesse de 500 tours/min
- Couple de 1,5 Newton
- Usage unique



Figure 15: Lime TruNatomy, Dentsply, Versailles, France

ii. Lime One curve 4%®

Caractéristiques du produit:

- Partie travaillante en Nickel-Titane
- Conicité 4
- Diamètre de pointe 25/100
- Traité thermiquement
- Vitesse de 300 tours/min
- Couple de 2,5 Newton
- Usage unique



Figure 16: Lime One Curve 4%, Microméga, Besançon, France

iii. Limes IsiSoft®

Caractéristiques du produit:

- Séquence de deux limes: Isi-Open® puis Isi-Safe®
- Vitesse de rotation: 400 tours/min
- Partie travaillante en Nickel-Titane
- Isi-Open: Conicité 4%, Diamètre de pointe 20/100
- Isi-Safe: Conicité 5%, Diamètre de pointe 25/100
- Section unique à 3 angles de coupe
- Instrument stérilisable



Figure 17: Instrument Isi-Safe, Pred

iv. Contre-angle

Le cathétérisme initial ainsi que la mise en forme des différents simulateurs ont été réalisés à l'aide du contre angle E-connect S® (Eighteeth, Jiangsu, Chine) qui permet de respecter les recommandations d'utilisation des différents fabricants.

v. Simulateurs

L'étude est réalisée sur 45 simulateurs Endo training (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suisse) de seconde génération, en résine.

Les simulateurs ont un canal unique, de 16mm.

B- Protocole

i. Mesure des longueurs de travail (LT)

Une lime MMC 10[®] (Micro-Méga, Besançon, France) est introduite dans chaque simulateur afin de mesurer la LT (16mm pour la grande majorité, pouvant varier entre 15,5 et 16,7mm). Chaque simulateur est numéroté afin de mettre en forme à la LT mesurée.

ii. Cathétérisme des simulateurs

Le cathétérisme est réalisé grâce à la lime One G[®] (Micro-Méga, Besançon, France) jusqu'à LT.

Une lime One G[®] est utilisée pour préparer deux simulateurs, afin d'éviter une fatigue cyclique trop importante de la lime.

De l'encre de chine est ensuite injectée dans les canaux pour objectiver la forme du canal initial.

Chaque simulateur est pris en photo dans une position bien précise pour permettre d'avoir un éclairage reproductible et des photos superposables pour la suite des manipulations.

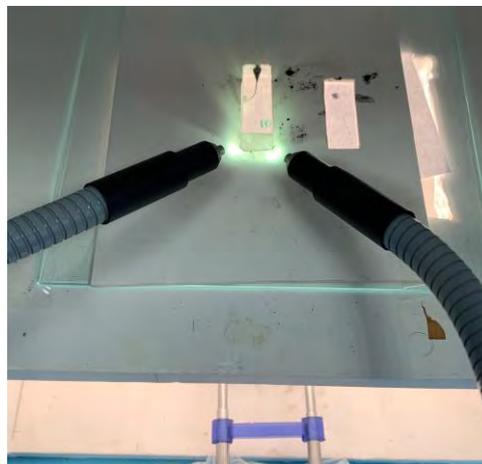


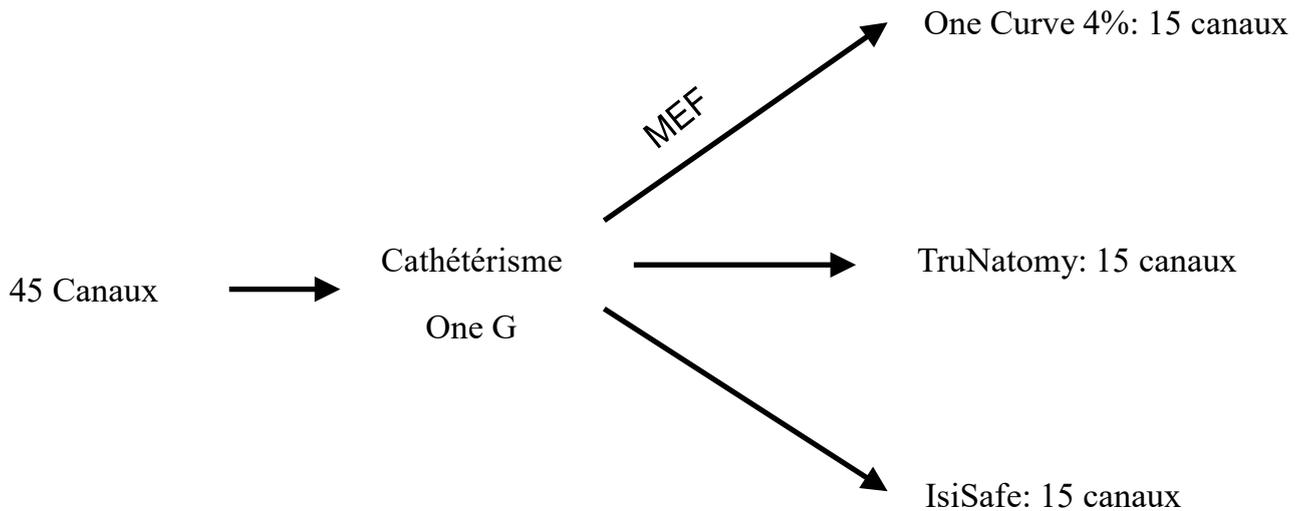
Figure 18: Dispositif permettant de prendre en photo les simulateurs de façon reproductible.

iii. Mise en forme

Les simulateurs sont ensuite séparés en 3 groupes de 15 simulateurs.

Ils seront ainsi préparés jusqu'à LT en fonction des limes:

- de 1 à 15: One curve 4%®
- de 16 à 30: TruNatomy®
- de 31 à 45: IsiSafe®



NB: Lors de la manipulation, la lime Isi-Open a été utilisée avant de passer la lime Isi-Safe, afin de respecter le protocole du fabricant.

Une lime est utilisée pour préparer deux simulateurs, afin d'éviter une fatigue cyclique trop importante.

De l'encre de chine est à nouveau mise en place une fois la mise en forme réalisée pour objectiver le travail de chaque instrument.

Les photos sont prises selon le même dispositif afin de pouvoir superposer le canal initial et le canal mis en forme.

iv. Superposition des photos

Le traitement des photos est réalisé grâce au logiciel photoshop® (coloration du canal initial grâce à l'outil « baguette magique », puis superposition de cette photo avec la photo une fois mise en forme).

Une fois les photos superposées, un calque de mesure est ajouté afin de mesurer sur la même portion canalaire les différences de mise en forme de chaque simulateur.

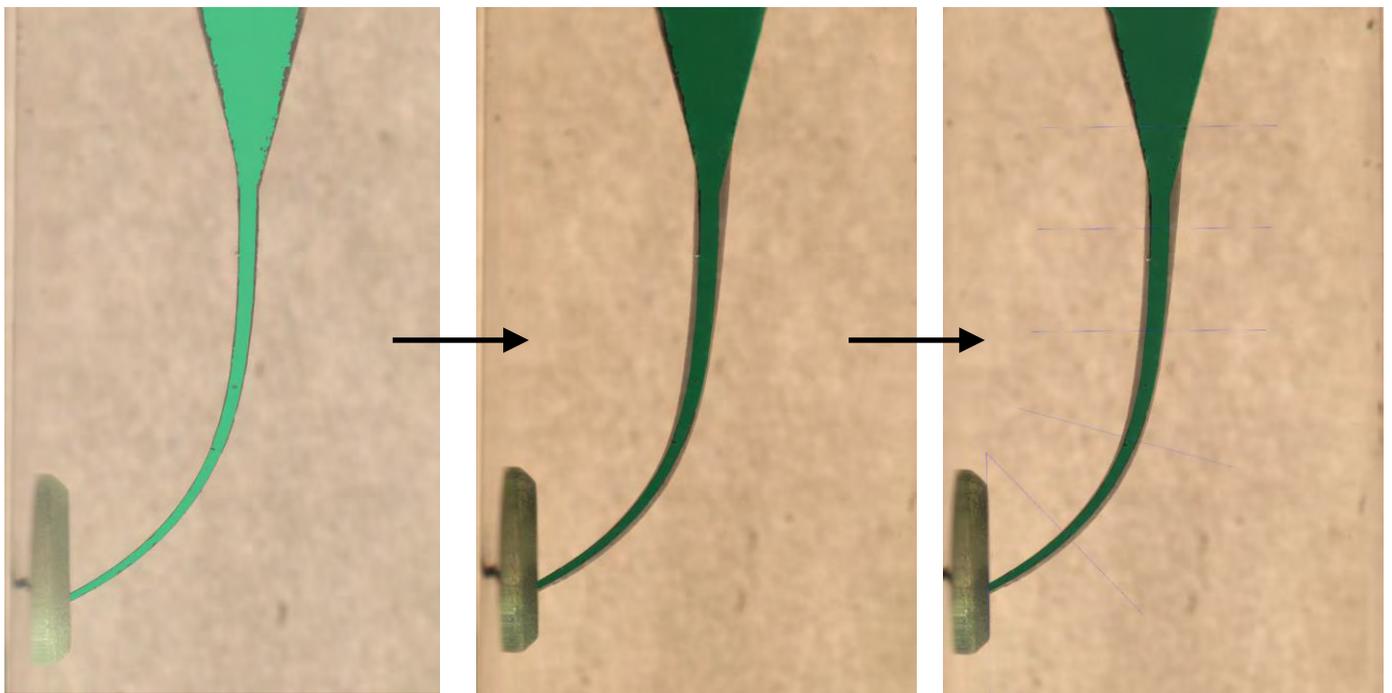


Figure 19: Coloration du canal avec l'outil « baguette magique » (opacité 50%), superposition avec le canal mis en forme, superposition avec le calque de mesures.

v. Mesures des mises en formes avec le logiciel FIJI®

Une fois les superpositions réalisées, le logiciel FIJI® permet de réaliser des mesures précises de la mise en forme.

Les mesures sont réalisées avec un zoom de 300% pour plus de précision.

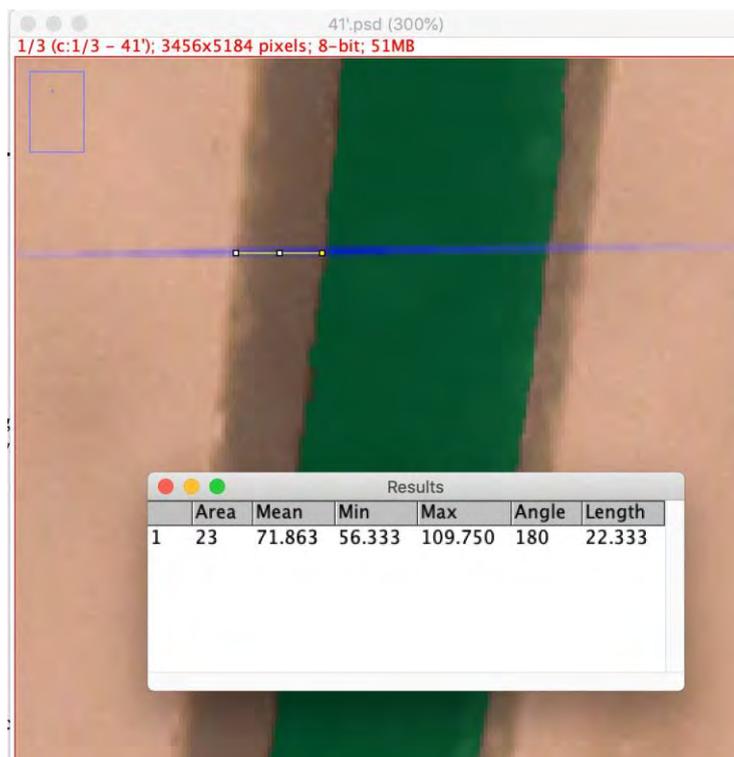
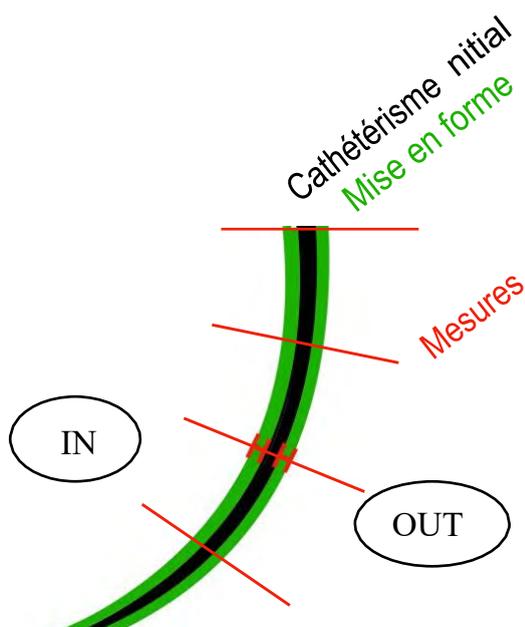


Figure 20: Mesures réalisées grâce au logiciel Fiji® (Zoom 300%)

Les mesures sont prises en 8 points pour les 4 portions canalaire analysées, en différenciant la courbures interne (IN) et la courbure externe (OUT).



Les valeurs sont ensuite insérées sur un tableur afin d'analyser les résultats.

C- Résultats

Les sections analysées sont principalement:

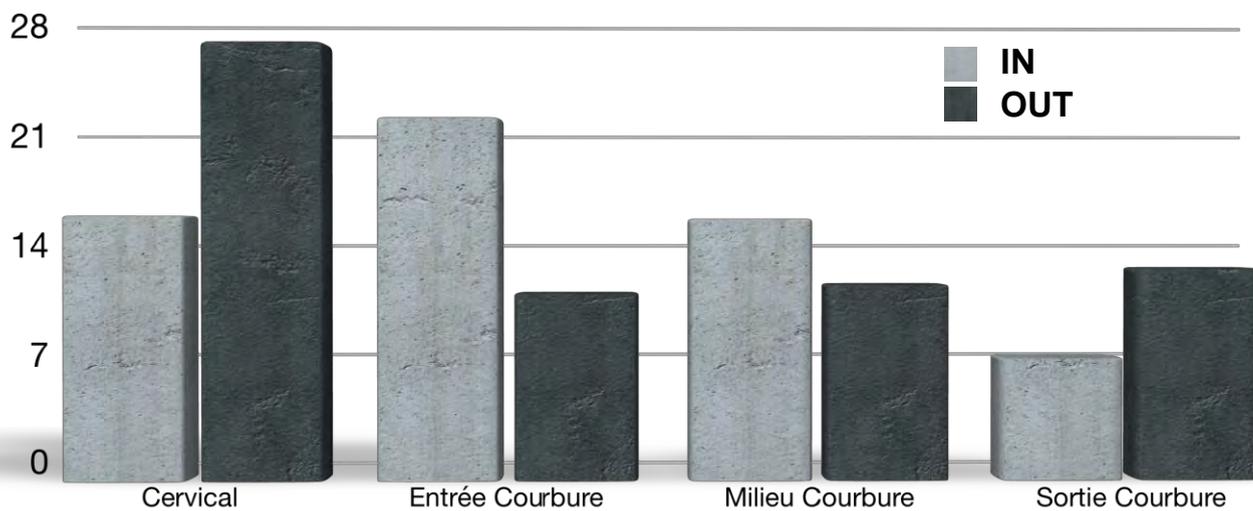
- Début de courbure canalaire
- Milieu de courbure canalaire
- Fin de courbure canalaire

Le suivi de la trajectoire canalaire est primordial pour nos limes, c'est pour cela que nous prêtons attention:

- à la différence de préparation IN/OUT au niveau de la courbure
- aux potentiels redressements ou déviations canalaire

i. Description des résultats:

a. IsiSafe®

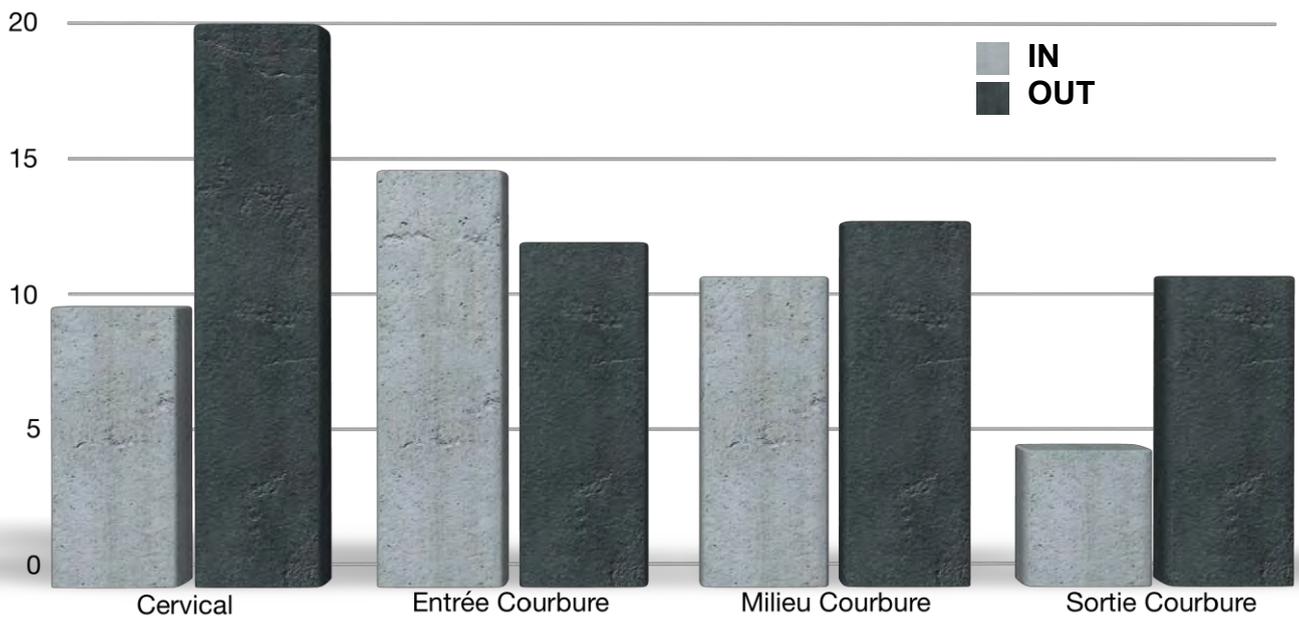


Graphique 1: Moyenne des mesures pour les interactions des paramètres courbure et niveau du canal pour l'instrument Isi-Safe®.

	Valeur de p	Puissance	Significativité
Niveau du canal	<0,001	1,000	S
Courbure	<0,001	1,000	S
Niveau du canal * Courbure	<0,001	1,000	S

Tableau 1: Statistiques ANOVA pour l'instrument Isi-Safe[®], sans les mesures cervicales.

b. TruNatomy[®]



Graphique 2: Moyenne des mesures pour les interactions des paramètres courbure et niveau du canal pour l'instrument TruNatomy[®].

	Valeur de p	Puissance	Significativité
Niveau du canal	<0,001	1,000	S
Courbure	0,02	0,648	S
Niveau du canal * Courbure	0,001	0,991	S

Tableau 2: Statistiques ANOVA pour l'instrument TruNatomy[®], sans mesures cervicales

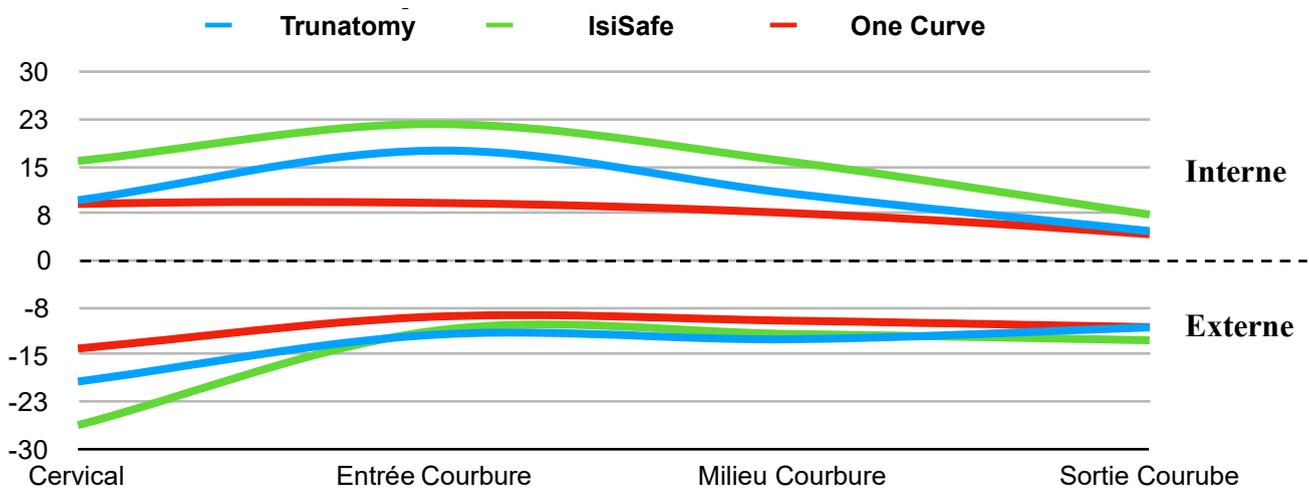
c. One Curve 4%®



Graphique 3: Moyenne des mesures pour les interactions des paramètres courbure et niveau du canal pour l'instrument One Curve 4%®.

	Valeur de p	Puissance	Significativité
Niveau du canal	0,0151	0,749	S
Courbure	0,006	0,960	S
Niveau du canal * Courbure	<0,001	0,999	S

Tableau 3: Statistiques ANOVA pour l'instrument One Curve 4%®, sans les mesures cervicales



Graphique 4: Moyenne des mesures pour les interactions des paramètres courbure * niveau du canal * Instrument.

La comparaison des mesures de préparation canalaire montre une préparation légèrement plus importante pour l'instrument IsiSafe® ce qui est cohérent avec un instrument de conicité 5%, à la différence des deux autres instruments de conicité 4%.

Pour l'ensemble des instruments, la préparation est bien centrée sur le canal pour l'entrée et le milieu de courbure mais légèrement déporté sur le coté externe pour les mesures en sortie de courbure.

Afin d'appréhender le profil de chacune de ces limes et la résistance du simulateur, une lime de chacune des marques a préparé un simulateur qui n'est pas pris en compte dans ces résultats. Le but était de calibrer le geste et de prévoir une éventuelle aspiration au moment de la préparation afin de respecter les longueurs de travail. Lors de la préparation avec la première lime, l'instrument IsiSafe® s'est fracturé, probablement en raison de fortes contraintes appliquées.

De plus, deux dévillages de limes ont été observés au cours des tests: une lime TruNatomy® et une lime One Curve 4%®

ii. Analyse des résultats

Pour l'ensemble des résultats, il est décidé de retirer les mesures « Cervical » car le travail sur le coté externe de la courbure à ce niveau là du canal traduit un biais opérateur-dépendant.

a. Analyse de la variance entre les différents paramètres

	Valeur de p	Puissance	Significativité
Instrument	<0,0001	1,000	S
Niveau du canal	<0,0001	1,000	S
Courbure	0,3989	0,128	NS
Instrument * Niveau du canal	0,0021	0,939	S
Instrument * Courbure	<0,0001	1,000	S

	Valeur de p	Puissance	Significativité
Niveau du canal * Courbure	<0,0001	1,000	S
Instrument * Niveau du canal * Courbure	0,0015	0,949	S

Tableau 4: Statistiques ANOVA pour les différentes mesures

Seul le paramètre Courbure n'est pas significatif sur l'ensemble des paramètres analysés.

b. Analyse de la préparation canalaire en fonction de l'instrument

	Diff. Moy.	Valeur de p	Significativité
TruNatomy, IsiSafe	-2,618	0,006	S
TruNatomy, One Curve	2,135	<0,001	S
IsiSafe, One Curve	4,753	<0,001	S

Tableau 5: Test PLSD de Fisher pour mesures.

L'instrument TruNatomy a significativement moins préparé les parois canalaires que l'IsiSafe.

L'instrument TruNatomy a significativement plus préparé les parois canalaires que le One Curve 4%.

L'instrument IsiSafe a significativement plus préparé les parois canalaires que le One Curve 4%.

c. Analyse de la préparation canalaire en fonction du niveau du canal

	Diff. Moy.	Valeur de p	Significativité
Entrée de courbure, Milieu de courbure	1,583	0,006	S
Entrée de courbure, Sortie de courbure	4,649	<0,001	S
Milieu de Courbure, Sortie de courbure	3,066	<0,001	S

Tableau 6: Test PLSD de Fisher pour mesures. Niveau de significativité 5%.

L'entrée de courbure a été significativement plus préparée que le milieu de courbure, qui à son tour a significativement été plus préparé que la sortie de courbure.

d. Analyse du respect de la courbure en fonction de l'instrument

	Diff. Moy.	Diff. Crit.	Valeur p
In / Out	-0,312	0,727	0,3989

Tableau 7: Test PLSD de Fisher pour mesures. Niveau de significativité 5%.

Il apparait que $p > 0,05$: donc la différence de préparation In / Out n'est pas significative entre les différents instruments.

Le centrage des instruments dans le canal semble donc être similaire entre les différents instruments.

D- Discussion

Sur l'ensemble des résultats obtenus, les mesures cervicales montrent un travail de la lime plus important sur le coté externe des simulateurs. Ceci met en évidence un biais opérateur-dépendant, probablement lié à la manière de tenir le moteur endodontique et le simulateur. C'est pour cela qu'il a été décidé de ne pas tenir compte de cette mesure cervicale, et de ne réaliser les statistiques que sur les trois niveaux de mesures correspondant à la courbure.

Le choix de l'utilisation de simulateur clinique plutôt que de dents naturelles a été fait pour pallier les différences d'anatomie radiculaire qui existent entre les différentes dents. Cependant, ceci engendre évidemment un écart par rapport à la réalité lié à la différence de matériaux dentine/résine. En effet, la dentine a une dureté deux fois plus importante que la résine, le comportement des limes ne serait donc pas le même sur une dent naturelle. De plus, les contraintes sur l'instrument sont augmentées du fait d'une zone de friction entre les parois du canal et l'instrument plus importante pour les simulateurs.

La fracture instrumentale apparue pour l'instrument IsiSafe® sur les phases pré-cliniques peut être dûe à de trop fortes contraintes de la résine du simulateur sur un instrument au profil très travaillant.

L'utilisation de simulateur provoque une absence de contrainte d'accès au canal dentaire. Ceci représente une limite par rapport à une dent naturelle car le comportement des limes varie en fonction des contraintes qu'elles reçoivent.

Le protocole de photographie permet de positionner les blocs de simulation ainsi que l'appareil photo de façon reproductible, cependant on peut imaginer que les images ne se superposent pas parfaitement en raison d'un mauvais repositionnement. C'est pour cela que les photos de la coloration canal initial et du canal une fois mis en forme ont été réalisées dans la même journée afin d'éviter un changement de réglage ou de position de l'appareil.

En contre-partie, il est impossible de garantir l'absence d'erreur de positionnement des blocs mais cela est vrai pour l'ensemble des blocs, ce qui les rend comparables.

La coloration du canal grâce au logiciel photoshop peut être approximative si une bulle d'encre de chine est créée, rendant la limite du canal moins nette.

E- Conclusion

Dans cette étude nous nous intéressons au respect de la trajectoire canalaire, et, aucune différence significative n'a été démontrée entre les trois instruments. Il apparaît donc que le centrage de ces trois instruments dans le canal est similaire.

En effet, ces trois instruments sont centrés dans le canal sur les deux premières sections analysées et présentent un léger redressement canalaire en sortie de courbure.

Les résultats de cette étude sont cohérents avec les données des différents fabricants. En effet, ils respectent tous les trois la forme du canal et permettent une mise en forme moins invasive. Nous retrouvons bien une préparation canalaire légèrement plus importante pour l'IsiSafe® de conicité 5% que pour les deux autres instruments.

CONCLUSION

L'endodontie minimalement invasive ajoute un étage dans le gradient thérapeutique proposé au patient. En effet, la préservation des tissus sains lors de nos traitements permet de conférer une plus grande résistance mécanique des dents.

Cependant, la préservation tissulaire par-dessus tout fait débat en endodontie car celle-ci ne doit pas compromettre un nettoyage efficace du réseau canalaire.

Lors d'un traitement endodontique l'objectif premier est de traiter la symptomatologie (qu'elle soit infectieuse ou pulpaire) de la dent concernée. Pour ce faire, et de façon durable, il ne faut pas négliger la biologie de la dent en garantissant une désinfection et une obturation efficaces de la dent.

L'aménagement des voies d'accès constitue une étape clef lors de notre thérapeutique afin d'éviter que de trop grosses contraintes soient appliquées sur nos limes et modifient leur comportement. En effet, ceci pourrait mener à des déviations de trajectoire canalaire, des dévillages de lime voire même à des fractures instrumentales.

C'est pour cette raison que nous passons d'un aménagement des voies d'accès minimalement invasif à une mise en forme minimalement invasive, afin de conserver un accès aisé aux canaux et ainsi préserver les propriétés de nos instruments.

De nombreux nouveaux instruments sont à notre disposition, nous permettant d'améliorer nos thérapeutiques. En effet, une meilleure visibilité de nos entrées canalaires, des instruments plus précis permettent dans tous les cas de réaliser des préparations plus sûres et plus reproductibles.

Le directeur de thèse,

Dr Jérôme FISSE

Le président du jury,

Professeur Franck DIEMER



TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1: Respectivement, Aides optiques Galiléennes et Képlériennes	13
Figure 2: Schéma de principe de la lunette de Galilée	14
Figure 4: Principe de Kepler (doc. Int. Identix®, 2004)	15
Figure 5: Éclairage	15
Figure 6: Schéma de principe de fonctionnement du microscope optique	16
Figure 8: Canal Accès Prep 1, 2, 3 du système Actéon, Mairignac, France	18
Figure 10: Tracés de types d'ouverture de chambre d'une première molaire mandibulaire (A) en vue occlusale et (B) radiographie rétroalvéolaire réalisés à l'université de Nantes. Respectivement : voie d'accès endodontique par TEC (en pointillés noirs), CEC (en pointillés bleus), NEC (en pointillés rouges).	19
Figure 11: Aménagement des voies d'accès Traditionnel	20
Figure 12: Lime SX, Dentsply, Ballaigue, Suisse	21
Figure 12: (A) Chemin de la fraise vers les dens invaginatus profondément assis (DI). (B) Chemin de la fraise vers le DI superficiel. (C) Chemin de la fraise vers le canal radiculaire principal.	23
Figure 13: (A) Radiographie postopératoire immédiate de la dent # 22. (B) Radiographie prise lors de la visite de suivi (1 an plus tard) ont montré une régression de la lésion périapicale par rapport à la dent # 22.24	
Figure 15: Lime TruAnatomy, Dentsply, Versailles, France	29
Figure 16: Lime One Curve 4%, Microméga, Besançon, France	29
Figure 17: Instrument Isi-Safe, Pred	30
Figure 18: Dispositif permettant de prendre en photo les simulateurs de façon reproductible.	31
Figure 19: Coloration du canal avec l'outil « baguette magique » (opacité 50%), superposition avec le canal mis en forme, superposition avec le calque de mesures.	33
Figure 20: Mesures réalisées grâce au logiciel Fiji® (Zoom 300%)	34
Graphique 1: Moyenne des mesures pour les interactions des paramètres courbure et niveau du canal pour l'instrument Isi-Safe®.	35
Tableau 1: Statistiques ANOVA pour l'instrument Isi-Safe®, sans les mesures cervicales.	36
Graphique 2: Moyenne des mesures pour les interactions des paramètres courbure et niveau du canal pour l'instrument TruAnatomy®.	36
Tableau 2: Statistiques ANOVA pour l'instrument TruAnatomy®, sans mesures cervicales	36
Graphique 3: Moyenne des mesures pour les interactions des paramètres courbure et niveau du canal pour l'instrument One Curve 4%®.	37
Tableau 3: Statistiques ANOVA pour l'instrument One Curve 4%®, sans les mesures cervicales	37
Graphique 4: Moyenne des mesures pour les interactions des paramètres courbure * niveau du canal * Instrument.	37
Tableau 4: Statistiques ANOVA pour les différentes mesures	38
Tableau 5: Test PLSD de Fisher pour mesures.	39
Tableau 6: Test PLSD de Fisher pour mesures. Niveau de significativité 5%.	39
Tableau 7: Test PLSD de Fisher pour mesures. Niveau de significativité 5%.	40

BIBLIOGRPHIE

[1]

Dietschi D, Duc O, Krejci I and Sadan A 2007 Biomechanical considerations for the restoration of endodontically treated teeth: a systematic review of the literature--Part 1. Composition and micro- and macrostructure alterations *Quintessence Int* **38** 733–43

[2]

Yuan K, Niu C, Xie Q, Jiang W, Gao L, Huang Z and Ma R 2016 Comparative evaluation of the impact of minimally invasive preparation vs. conventional straight-line preparation on tooth biomechanics: a finite element analysis *Eur. J. Oral Sci.* **124** 591–6

[3]

Dimitriu B, Vârlan C, Suciu I, Vârlan V and Bodnar D 2009 Current considerations concerning endodontically treated teeth: alteration of hard dental tissues and biomechanical properties following endodontic therapy *J Med Life* **2** 60–5

[4]

Anon Données fabricants_brochure_isi_endo_5.pdf

[5]

Anon Données fabricants_Brochure-One-Curve-FR.pdf

[6]

Peters O A, Schönenberger K and Laib A 2001 Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography *Int Endod J* **34** 221–30

[7]

Tüfenkçi P, Yılmaz K and Adigüzel M 2020 Effects of the endodontic access cavity on apical debris extrusion during root canal preparation using different single-file systems *Restor Dent Endod* **45**

[8]

Schilder H 1967 Filling root canals in three dimensions *Dent Clin North Am* 723–44

[9]

Plotino G, Grande N M, Isufi A, Ioppolo P, Pedullà E, Bedini R, Gambarini G and Testarelli L 2017 Fracture Strength of Endodontically Treated Teeth with Different Access Cavity Designs *J Endod* **43** 995–1000

[10]

Ali A and Arslan H 2019 Guided endodontics: a case report of maxillary lateral incisors with multiple dens invaginatus *Restor Dent Endod* **44**

[11]

Tang W, Wu Y and Smales R J 2010 Identifying and reducing risks for potential fractures in endodontically treated teeth *J Endod* **36** 609–17

[12]

Sabeti M, Kazem M, Dianat O, Bahrololumi N, Beglou A, Rahimipour K and Dehnavi F 2018 Impact of Access Cavity Design and Root Canal Taper on Fracture Resistance of Endodontically Treated Teeth: An Ex Vivo Investigation *J Endod* **44** 1402–6

[13]

Krishan R, Paqué F, Ossareh A, Kishen A, Dao T and Friedman S 2014 Impacts of Conservative Endodontic Cavity on Root Canal Instrumentation Efficacy and Resistance to Fracture Assessed in Incisors, Premolars, and Molars *Journal of Endodontics* **40** 1160–6

[14]

Anon Impacts of conservative endodontic cavity on root canal instrumentation efficacy and resistance to fracture assessed in incisors, premolars, and molars - PubMed

[15]

Alovisi M, Pasqualini D, Musso E, Bobbio E, Giuliano C, Mancino D, Scotti N and Berutti E 2018 Influence of Contracted Endodontic Access on Root Canal Geometry: An In Vitro Study *Journal of Endodontics* **44** 614–20

[16]

Plotino G, Özyürek T, Grande N M and Gündoğar M 2019 Influence of size and taper of basic root canal preparation on root canal cleanliness: a scanning electron microscopy study *Int Endod J* **52** 343–51

[17]

SIMON S, MACHTOU P and PERTOT W-J *JPIO Endodontie*

[18]

Shim K-S, Oh S, Kum K, Kim Y-C, Jee K-K and Chang S W 2017 Mechanical and Metallurgical Properties of Various Nickel-Titanium Rotary Instruments *BioMed Research International* **2017** 1–13

[19]

Anon One_Curve-1.pdf

[20]

Anon Physagreg : cours d'optique : cours 4 : quelques instruments d'optique

[21]

Anon Principe du microscope

[22]

Anon Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am* 1974 ; 18 : 269-296. - Recherche Google

[23]

Ericson D 2007 The concept of minimally invasive dentistry *Dent Update* **34** 9–10, 12–4, 17–8

[24]

Anon TRUNATOMY ROW_DFU_1218_WEB_DSE_FR.pdf

LA PRÉPARATION CANALAIRE MINIMALEMENT INVASIVE :
ETUDE IN VITRO DE TROIS LIMES DE MISE EN FORME ENDODONTIQUE.

RESUME :

Le traitement endodontique est un acte courant du chirurgien dentiste. De nombreux instruments sont à notre disposition pour réaliser cet acte. L'étude réalisée au cours de ce travail concerne trois nouvelles limes de rotation continue en Ni-Ti : TruNatomy®, One Curve 4%® et IsiSafe®. Ces limes procurent un gain de temps au cabinet grâce à leur séquence simplifiée et permettent une mise en forme moins invasive que les limes traditionnelles de rotation continue.

THE MINIMALLY INVASIVE ROOT CANAL PREPARATION:
IN VITRO STUDY OF THREE ENDODONTIC SHAPING FILES.

SUMMARY :

Endodontic treatment is a routine procedure for the dental surgeon. Many instruments are at our disposal to perform this act. The study carried out during this work concerns three new Ni-Ti continuous rotation files: TruNatomy®, One Curve 4%® and IsiSafe®. These files save office time thanks to their simplified sequence and allow less invasive shaping than traditional files with continuous rotation.

DISCIPLINE ADMINISTRATIVE : Odontologie conservatrice, Endodontie (58.01)

MOTS CLES : Traitement canalaire, Odontologie minimalement invasive, TruNatomy®, One Curve 4%®, IsiSafe®, rotation continue, respect de la trajectoire canalaire.

INTITULÉ ET ADRESSE DE L'UFR :

Université Toulouse III - Paul Sabatier - Faculté de chirurgie dentaire
3, Chemin des Maraîchers 31062 Toulouse Cedex

DIRECTEUR DE THÈSE : Docteur Jérôme FISSE