

UNIVERSITE TOULOUSE III – PAUL SABATIER
FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2021

Thèse n° 2021-TOU3-3018

THESE

**POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE
DENTAIRE**

Présentée et soutenue publiquement
par

Valentin ZYLA

Le 7 avril 2021

**LE TRAITEMENT ENDODONTIQUE MINIMALEMENT
INVASIF : 2 SHAPE® vs 2 SHAPE® MINI vs PRO TAPER
NEXT®**

Directeur de thèse : Professeur Franck Diemer

JURY

Président :

1er Assesseur :

2ème Assesseur :

3ème Assesseur :

Professeur Franck DIEMER

Docteur Sabine JONIOT

Docteur Marie GEORGELIN-GURGEL

Docteur Antoine TRIGALOU



Faculté de Chirurgie Dentaire

→ DIRECTION

DOYEN

M. Philippe POMAR

ASSESEUR DU DOYEN

Mme Sabine JONOT
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,

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. 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 Caroline 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 JONOT, 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

A ma famille, vous êtes mon pilier.

A Maman et Papa qui ont toujours été là. Depuis petit vous avez toujours cru en moi et soutenu dans tous mes choix. Votre amour et vos conseils avisés m'ont toujours permis d'avancer et si je suis aujourd'hui devant vous c'est grâce à toi papa, grâce à toi maman.

A Antoine, le meilleur des frères, j'espère qu'aujourd'hui tu es aussi fier de moi que je le suis de toi.

A Papi et Mamie qui se sont toujours intéressés à moi et mon avancée, vous avez toujours été disponibles. Merci mamie pour tous ces petits plats et tous ces œufs qui m'ont comblé de bonheur toutes les semaines. Je suis fier d'être votre petit fils.

A Laury, avec qui je partage maintenant ma vie, cette rencontre a été un bonheur et nos projets me permettent de voir loin ensemble. Nous avançons ensemble et tu as été ces 2 dernières années la personne la plus importante à mes yeux. Je suis fier de pouvoir t'avoir à mes côtés, mon infirmière de qualité supérieure. Je t'aime.

A Paul, tu es une personne que je respecte profondément mais aussi et surtout mon meilleur ami que je garderai toujours. Quand je pense à toi, je pense à cette première année difficile après le lycée où tu étais à mes côtés, où nos covoiturages et nos repas du dimanche soir ont rythmés mon année. Si j'en suis là c'est que tu y es pour beaucoup. Tu étais là quand j'avais besoin de toi. Tout simplement merci mon frerot.

A Erlann ma plus belle rencontre de cette faculté, ton humour, ta bonne humeur mais surtout tes défaites à fifa me permettent aujourd'hui de te considérer comme mon meilleur ami. Merci pour toutes ces années et bien d'autres encore car je sais qu'on ne se perdra pas de vu.

A Eléonore, tu es ma binôme chérie mais surtout ma meilleure amie. J'ai progressé et appris à tes côtés. Je te connais depuis notre terrible PACES et depuis ce jour nous ne nous sommes jamais quittés. Nous partageons de bons souvenirs ensemble. Ce moment est aussi un peu le tien. Merci tout simplement d'être toi Ma Elé perché.

A Alex et Léo mes 2 compatriotes, mes 2 premières rencontres Toulousaines vous m'avez tiré vers le haut. Tout simplement des gars au top

A mes amis, Arthur, J-E, Baptiste, Anto, Nico je vous considère comme des rencontres importantes avec qui je partage des souvenirs impérissables.

Au Tutorat Associatif Toulousain, et plus particulièrement, Mélissa, Adrien et Alix qui représente ma petite famille de cette magnifique aventure associative.

A ma belle-famille, vos encouragements et votre bonne humeur me permettent de finir ce cursus de la meilleure des façons. Tout simplement merci.

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'être sous votre présidence pour cette thèse.
Nous vous remercions pour votre disponibilité, votre bienveillance et vos conseils avisés.
Mais aussi pour votre simplicité.

Votre encadrement clinique m'a grandement appris.

Nous vous remercions d'avoir accepté de présider le jury de cette thèse, et pour votre implication dans ce travail. Veuillez trouver en celle-ci l'expression de notre respect et de notre grande reconnaissance.

A notre jury de thèse,

Madame le Docteur Sabine Joniot

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Vice Doyen de la Faculté de chirurgie dentaire de Toulouse,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Habilitation à diriger des recherches (HDR),
- Lauréate de l'Université Paul Sabatier.

Vous nous faites l'honneur de siéger à notre jury, nous vous en remercions
chaleureusement.

Votre encadrement durant les premières années de ce cursus et votre disponibilité nous ont
étés précieuses. Votre implication et votre engagement dans des associations comme le
TAT restent des souvenirs chaleureux et important pour nous.

Veillez trouver en ce travail notre profonde gratitude.

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 faire l’honneur de siéger au jury.

Votre enseignement, avec beaucoup de pédagogie, nous a été précieux.

Veillez trouver dans cette thèse, nos plus sincères remerciements.

A notre jury de thèse,

Monsieur le Docteur Antoine Trigalou

- Assistant Hospitalo-Université d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Diplôme Universitaire de Prothèse Complète (Toulouse III),
- Maîtrise science, technologie, santé, mention biosanté (Toulouse III)

Nous vous remercions d'avoir accepté de faire partie de ce jury.

Nous sommes reconnaissants de la progression acquise en 4ème année, ceci grâce à vos
conseils avisés et votre pédagogie.

Veuillez trouver ici l'assurance de nos sentiments les meilleurs et de notre profonde
reconnaissance.

Table des matières

INTRODUCTION	11
1. MATERIEL ET METHODE.....	12
1.1 INSTRUMENTS.....	12
1.2 SIMULATEUR	14
1.3 MOTEUR.....	15
1.4. METHODE	15
1.5 PROTOCOLE :	16
1.6 PHOTOGRAPHIE DES SIMULATEURS	25
1.7 TRAITEMENT DES PHOTOGRAPHIES	26
1.8 MESURES	28
1.9 ANALYSES STATISTIQUES.....	28
2. RESULTATS.....	28
2.1 EVALUATION DE L'ENSEMBLE DES 5 NIVEAUX DE MESURES	29
2.2 EVALUATION DES 2 NIVEAUX CERVICAUX DE MESURE	31
3. DISCUSSION	32
3.1 ANALYSE DES RESULTATS.....	32
3.2 CHOIX DU MATERIEL ET METHODE.....	34
CONCLUSION	39
BIBLIOGRAPHIE	40

INTRODUCTION

Lors du traitement endodontique il est indispensable de mettre en forme le ou les canaux dentaires dans un objectif de désinfection avant de réaliser son obturation. C'est une succession d'instruments de préparation canalaire associée à une irrigation efficace qui permettra une irrigation dans toutes les zones de l'endodonte.

Cet accès dans les canaux radiculaires doit éviter de soumettre les structures dentaires à une usure inutile. L'objectif étant le nettoyage tridimensionnel du canal par élimination de la pulpe, des débris pulpaire et de la dentine infectée mais également la réalisation d'une obturation étanche du canal dans les trois sens de l'espace.

La quantité de structure dentaire restantes après avoir effectué un traitement endodontique est un facteur pertinent pour déterminer la stabilité et la longévité des dents.¹

Une préparation mécanique large présente pour avantage une mise en forme radiculaire importante ce qui garantit une élimination efficace des débris, l'amélioration de l'efficacité d'irrigation et une meilleure pénétration des foudoirs lors de la compaction verticale et latérale de la gutta-percha.

Néanmoins de grandes inquiétudes existent concernant une élimination importante de dentine augmentant la sensibilité aux fractures des racines.²Certains auteurs mettent ainsi en garde les praticiens sur les risques présentés par une mise en forme large de la jonction corono-radiculaire. Ils prônent, dans la continuité du concept de réduction de la taille des voies d'accès endodontique, une diminution de la préparation de cette zone péri-cervicale par l'utilisation d'instruments de conicité plus faible que ceux utilisés actuellement de façon standard et usinés sur des fils de diamètre plus faible. Ces dernières notions s'inscrivent dans une démarche endodontique minimalement invasive.

Face à ces risques mécaniques, des instruments rotatifs en Nickel-Titane minimalement invasifs et souples peuvent montrer un intérêt certain dans de nombreux cas clinique de racines particulièrement longues et courbes. Ce type de racines peut être rencontré chez les populations Noires, Maghrébines ou encore Moyen-Orientales.

La sur-préparation de la partie coronaire du canal peut être préjudiciable à la durée de vie de la dent, mais aussi celle de la zone apicale où la préparation excessive de cette zone est fortement corrélée à la formation de fissure et à plus long terme de fracture verticale.³

Deux séquences à profil asymétriques sont proposées sur le marché depuis quelques années. La séquence Pro Taper Next® (Dentsply-Sirona ; Ballaigues - Suisse) et la séquence 2shape® (Micro-Mega, Besançon – France).

Toutes les deux sont composées de 2 instruments de mise en forme auxquels un instrument de finition peut être ajouté.

Dernièrement, Micro-Méga a voulu proposer une évolution de sa séquence 2Shape® pour s'inscrire dans une démarche minimalement invasive. Pour cela, l'usinage des instruments de la séquence a été réalisé sur un fil de diamètre 1mm uniquement, modifiant donc la géométrie des instruments TS2 et F35 qui sont actuellement usinés sur des fils de diamètre 1,2 mm.

L'objectif de cette étude est de comparer le respect de l'anatomie canalaire, sur simulateur en résine entre le système 2Shape® classic, le 2Shape® mini et le Pro Taper Next®.

Dans un souci de simplification de compréhension nous appellerons « 2Shape® classic » la séquence instrumentale 2Shape® usinée sur un fil de 1,2mm et « 2Shape® mini » celle sur un fil de 1mm.

1. MATERIEL ET METHODE

1.1 INSTRUMENTS

Les instruments du système 2shape® (MicroMega, Besançon - France) présentent une section en triple hélice, avec deux arêtes principales qui favorisent l'efficacité de coupe, et une arête secondaire qui améliore la remontée des débris tout en diminuant les contraintes sur la lime.

L'arête secondaire est taillée en retrait d'environ 6/100^e de mm par rapport aux deux autres. La section est dissymétrique. Ces instruments s'utilisent avec un mouvement progressif de descente avec appui pariétal de remontée.

Elles sont constituées d'un alliage Nickel-Titane ayant subi un traitement thermique appelé T-Wire, augmentant la résistance à la fatigue cyclique et la flexibilité.

Des limes TS1 de conicité 4%, de diamètre de pointe 25/100^e usinées sur un fil de 1mm, et des TS2 de conicité 6%, de diamètre 25/100^e basées sur un fil de 1,2mm.

Deux finisseurs apicaux, le premier, F35 pour des canaux larges et droits de conicité 6% et de 35/100^e de diamètre de pointe basés sur un fil de 1,2 mm. Le deuxième, F40 pour des canaux fins et courbes de conicité 4% avec un diamètre de 40/100^e basé sur un fil de 1mm.

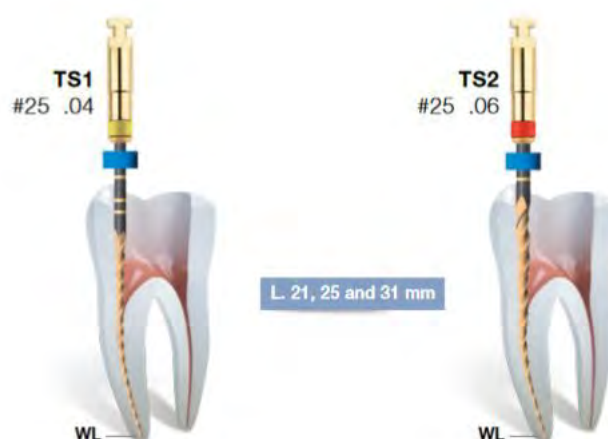


Figure 1 : Schéma montrant l'utilisation des limes 2shape® TS1 et TS2

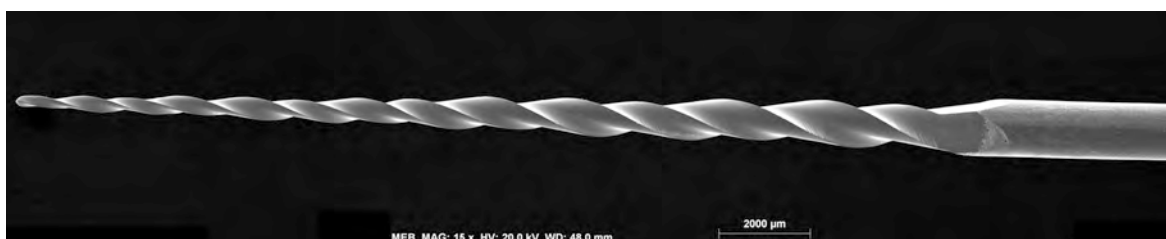


Figure 2 : Image en microscopie électronique à balayage de l'instrument TS1 au grossissement x15.

Les instruments du système Protaper Next® (Dentsply Maillefer, Ballaigues – Suisse) présentent une section rectangulaire décentrée créant un effet d'ondulation. La rotation de la section décentrée crée un espace élargi pour l'évacuation des débris. Cet effet d'ondulation permettrait également le respect de l'anatomie du canal. Ils sont constitués d'un alliage Nickel-Titane M-Wire qui leur confère une grande souplesse tout en maintenant l'efficacité de coupe. La séquence est constituée des limes X1 (appelée dans cette étude PTN1) de conicité 4% et de diamètre 20/100^{ème}, et X2 (appelée dans cette étude PTN2) de conicité 6% et de diamètre 25/100^{ème}. Ils s'utilisent sans appui pariétal. Leur conicité régulière optimise la technique du crown-down.



Figure 3 : ProTaper Next : Lime PTN1 (bague jaune) et lime PTN2 (bague rouge).

1.2 SIMULATEUR

Cette étude a été réalisée sur des simulateurs Endo training-bloc.02 Taper® (Dentsply Maillefer, Ballaigues – Suisse) en résine (fig. 4). Les blocs mesurent 30x10x10 mm. Ils comportent un canal de 18mm de longueur et de diamètre initial 10/100^{ème} (norme ISO). La conicité des 4 premiers millimètres est fortement majorée. Les 12,5 mm « coronaires » sont rectilignes et les 6,5mm « apicaux » sont courbes. L'angle de courbure est de 40° d'après la méthode de Schneider et son rayon mesure $r=4\text{mm}$.

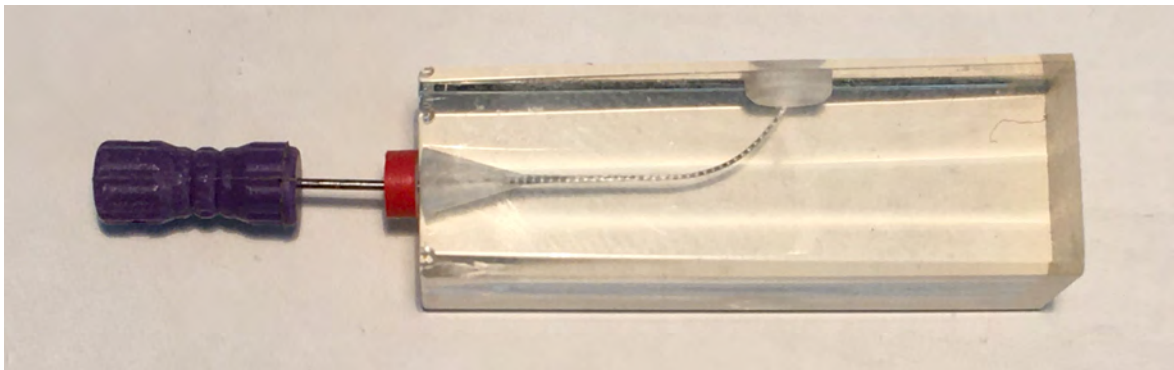


Figure 4 : Simulateur Dentsply-Sirona avec une lime MMC n°10.

Les simulateurs sont identifiés par leur numéro de groupe selon l'arbre expérimental réalisé. Le chiffre 4. Précède ce numéro de groupe afin de déterminer si nous sommes sur un simulateur mis en forme à la LT+4mm ou non.

Exemple le groupe 7 préparé à la LT+4mm s'écrit **groupe 4.7**. Le simulateur 61 du groupe 4.7 s'écrit **4.61**.

1.3 MOTEUR

La mise en forme est faite par un seul opérateur de manière la plus reproductible possible. Le moteur AI-motor (Guilin WoodPecker Medical Instrument, Guangxi – China) est utilisé durant toutes les séquences instrumentales à 250 ou 800tr/mn en fonction des groupes.



Figure 5: AI motor endo Woodpecker®.

1.4. METHODE

1.4.1 DESIGN DE L'ETUDE :

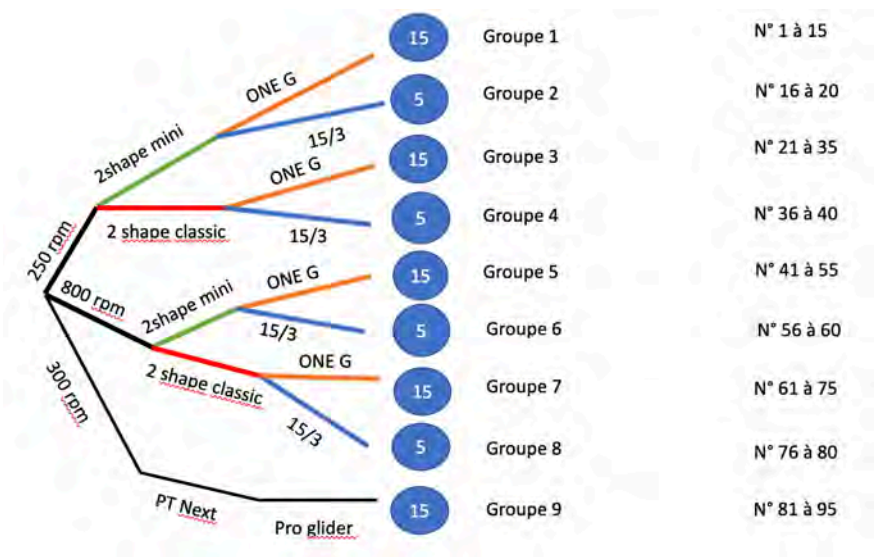


Figure 6 : Schéma représentant le design de l'étude.

Les simulateurs de cette étude sont mis en forme par l'opérateur de manière la plus reproductible possible.

80 simulateurs sont préparés avec le 2shape classic® (40 à LT et 40 à LT+4mm)

80 simulateurs sont préparés avec le 2 shape mini® (40 à LT et 40 à LT+4mm)

30 simulateurs sont préparés avec le PT NEXT® (15 à LT et 15 à LT+4mm)

Au total 190 simulateurs sont donc préparés. Pour chacune des 3 séquences, le protocole est le même.

1.5 PROTOCOLE :

80 simulateurs sont préparés avec la séquence 2Shape® classic et 80 autres avec la séquence 2Shape® Mini, la moitié des simulateurs sont préparés à 250 tr/mn et l'autre moitié à 800 tr/mn (Moteur AI, Guilin WoodPecker Medical Instrument, Guangxi – China). Chaque groupe impair est constitué de 15 simulateurs dont l'espace endodontique est sécurisé avec un OneG® (Micro-Mega, Besançon – France) après l'exploration canalaire avec une lime MMC n°10 puis n°15. Chaque groupe pair est constitué de 5 simulateurs dont l'espace endodontique est sécurisé avec l'instrument 15-3% de Coltene®. Une séquence d'instrument ne sert qu'à la préparation d'un simulateur.

Le contre-angle est couplé au moteur. Les préparations s'effectuent en rotation continue, à une vitesse de rotation de 250 ou 800 tours/min avec un couple réglé sur 3 N.cm.

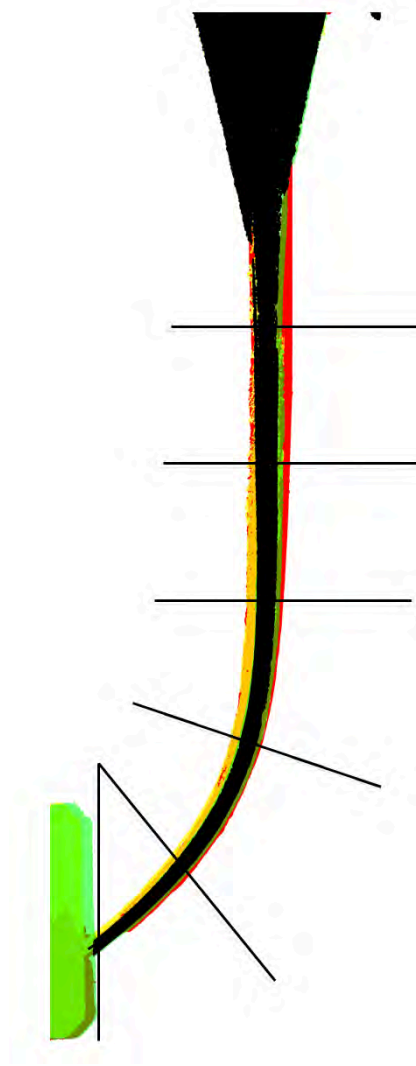
La mise en forme à **LT=18mm** permet d'exploiter les **3** niveaux de mesures de la courbure du canal (entrée, milieu, et sortie)

La mise en forme à **LT+4mm = 22mm** permet d'exploiter les **2** premiers niveaux de mesures du canal (au niveau de la portion cervicale). (Fig. 7)

1.5.1 SYSTEME 2SHAPE® (classic et mini)

Les étapes du protocole à **LT=18 mm** sont les suivantes :

1. Irrigation du simulateur à l'alcool à 70°, cathétérisme à l'aide d'une lime K de diamètre 10/100^{ème} (fig. 4) puis vérification de la longueur de travail (18mm pour les simulateurs utilisés) à l'aide du stop placé sur la lime et d'une jauge endodontique.
2. Sécurisation de la trajectoire canalaire avec un OneG® pour 15 simulateurs et Coltène 15_3% pour 5 simulateurs par groupe
3. Coloration à l'encre de chine noire pour faciliter la visualisation des contours canaux
4. Photographie du canal coloré (boîte à photo et position du simulateur fixe) (fig.11) ;
5. Réglage de l'instrument de préparation à la longueur de travail
6. Préparation canalaire du simulateur
7. Chaque instrument de la séquence met en forme le canal. A chaque retrait de l'instrument, le canal est irrigué à l'alcool à 70° et une récapitulation à l'aide de la lime K 10/100^{ème} est réalisée.
8. Lorsque l'instrument de préparation atteint la longueur de travail, un dernier rinçage et une dernière récapitulation sont effectués.
9. Observation des instruments après chaque passage sous loupe binoculaire Leika (x6.4) : recherche de modification géométrique.
10. Coloration à l'encre de chine noire pour faciliter la visualisation des contours canaux.
11. Photographie du canal coloré (boîte à photo et position du simulateur fixe).
12. L'instrument suivant dans la séquence continue la mise en forme (successivement TS1, TS2 et F35)
13. Superposition (avec Adobe Photoshop®) des photos (pré et post passage instrumental) avec une grille de mesure (fig. 7).



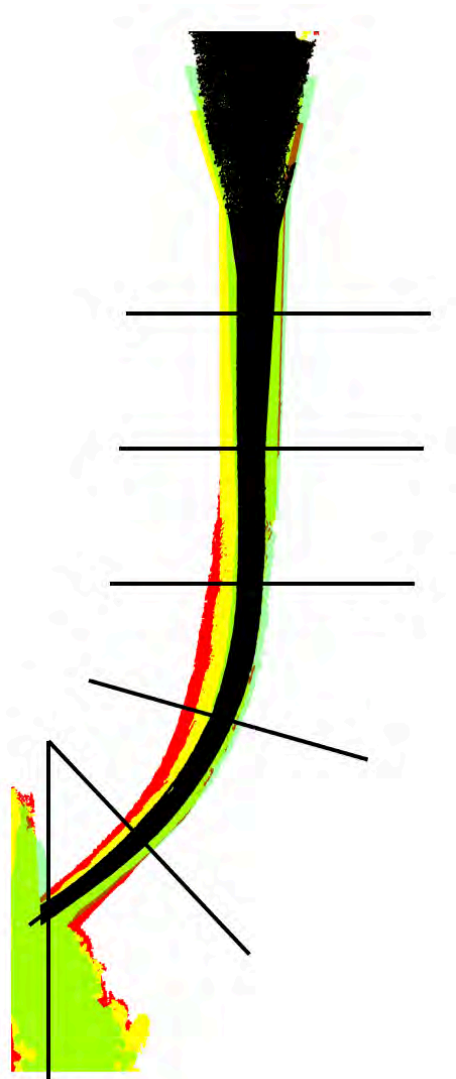
*Figure 7 : Photos superposées d'un simulateur Dentsply-Sirona avec la grille de mesure
(noir : post OneG, jaune : post-TS1, vert : post-TS2, rouge : post-F35).*

14. Mesure en pixel avec Fiji® du déplacement de la limite du canal au niveau des **3 repères de la grille au niveau de la courbure.**

15. Analyse statistique (StatView® 5.0, SAS Institute, Orange, CA, USA) : M-ANOVA et Test à postériori de Fisher.

Les étapes du protocole à **LT+4mm =22 mm** sont les suivantes :

1. Irrigation du simulateur à l'alcool à 70°, cathétérisme à l'aide d'une lime K de diamètre 10/100^{ème} (fig.4) avec une longueur de travail simulant un canal long (22mm soit LT normale +4mm) à l'aide du stop placé sur la lime et d'une jauge endodontique.
2. Sécurisation de la trajectoire canalaire avec un OneG® pour 15 simulateurs et Coltène 15_3% pour 5 simulateurs par groupe.
3. Coloration à l'encre de chine noire pour faciliter la visualisation des contours canaux
4. Photographie du canal coloré (boîte à photo et position du simulateur fixe) ;
5. Réglage de l'instrument de préparation à la longueur de travail (22mm)
6. Préparation canalaire du simulateur
7. Chaque instrument de la séquence met en forme le canal. A chaque retrait de l'instrument, le canal est irrigué à l'alcool à 70° et une récapitulation à l'aide de la lime K 10/100^{ème} est réalisée.
8. Lorsque l'instrument de préparation atteint la longueur de travail (22mm), un dernier rinçage et une dernière récapitulation sont effectués.
9. Observation des instruments après chaque passage sous loupe binoculaire Leika (x6.4) : recherche de modification géométrique.
10. Coloration à l'encre de chine noire pour faciliter la visualisation des contours canaux.
11. Photographie du canal coloré (boîte à photo et position du simulateur fixe).
12. L'instrument suivant dans la séquence continue la mise en forme (successivement TS1, TS2 et F35).
13. Superposition (avec Adobe Photoshop®) des photos (pré et post passage instrumental) avec une grille de mesure (fig. 8).



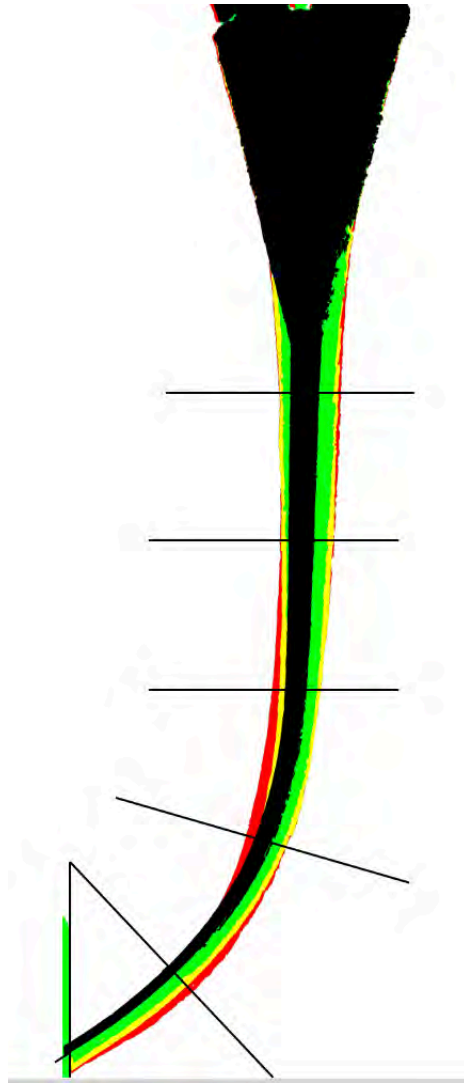
*Figure 8 : Photos superposées d'un simulateur Dentsply-Sirona avec la grille de mesure
(noir : post OneG, jaune : post-TS1, vert : post-TS2, rouge : post-F35).*

14. Mesure en pixel avec Fiji[®] du déplacement de la limite du canal au niveau des **2 repères de la grille au niveau cervical**.
15. Analyse statistique (StatView[®] 5.0, SAS Institute, Orange, CA, USA) : M-ANOVA et Test à postériori de Fisher.

1.5.2 SYSTEME PRO TAPER NEXT®

Les étapes du protocole à **LT=18 mm** sont les suivantes :

1. Irrigation du simulateur à l'alcool à 70°, cathétérisme à l'aide d'une lime K de diamètre 10/100^{ème} (fig. 4) puis vérification de la longueur de travail (18mm pour les simulateurs utilisés) à l'aide du stop placé sur la lime et d'une jauge endodontique.
2. Sécurisation de la trajectoire canalaire avec un Pro Glider®.
3. Coloration à l'encre de chine noire pour faciliter la visualisation des contours canaux
4. Photographie du canal coloré (boîte à photo et position du simulateur fixe) ;
5. Réglage de l'instrument de préparation à la longueur de travail
6. Préparation canalaire du simulateur
7. Chaque instrument de la séquence met en forme le canal. A chaque retrait de l'instrument, le canal est irrigué à l'alcool à 70° et une récapitulation à l'aide de la lime K 10/100^{ème} est réalisée.
8. Lorsque l'instrument de préparation atteint la longueur de travail, un dernier rinçage et une dernière récapitulation sont effectués.
9. Observation des instruments après chaque passage sous loupe binoculaire Leika (x6.4) : recherche de modification géométrique.
10. Coloration à l'encre de chine noire pour faciliter la visualisation des contours canaux.
11. Photographie du canal coloré (boîte à photo et position du simulateur fixe).
12. L'instrument suivant dans la séquence continue la mise en forme (successivement PTN1, PTN2, PTN3)
13. Superposition (avec Adobe Photoshop®) des photos (pré et post passage instrumental) avec une grille de mesure (fig.9).



*Figure 9 : Photos superposées d'un simulateur Dentsply-Sirona avec la grille de mesure
(noir : post Pro Glider, jaune : post-PTN1, vert : post-PTN2, rouge : post-PTN3).*

14. Mesure en pixel avec Fiji® du déplacement de la limite du canal au niveau des **3 repères de la grille au niveau de la courbure.**

15. Analyse statistique (StatView® 5.0, SAS Institute, Orange, CA, USA) : M-ANOVA et Test à postériori de Fisher.

Les étapes du protocole à **LT+4mm=22 mm** sont les suivantes :

1. Irrigation du simulateur à l'alcool à 70°, cathétérisme à l'aide d'une lime K de diamètre 10/100^{ème} (fig. 4) avec une longueur de travail simulant un canal long (22mm soit LT normale +4mm) à l'aide du stop placé sur la lime et d'une jauge endodontique.
2. Sécurisation de la trajectoire canalaire avec un Pro Glider®.
3. Coloration à l'encre de chine noire pour faciliter la visualisation des contours canaux
4. Photographie du canal coloré (boîte à photo et position du simulateur fixe) ;
5. Réglage de l'instrument de préparation à la longueur de travail (22mm)
6. Préparation canalaire du simulateur
7. Chaque instrument de la séquence met en forme le canal. A chaque retrait de l'instrument, le canal est irrigué à l'alcool à 70° et une récapitulation à l'aide de la lime K 10/100^{ème} est réalisée.
8. Lorsque l'instrument de préparation atteint la longueur de travail (22mm), un dernier rinçage et une dernière récapitulation sont effectués.
9. Observation des instruments après chaque passage sous loupe binoculaire Leika (x6.4) : recherche de modification géométrique.
10. Coloration à l'encre de chine noire pour faciliter la visualisation des contours canaux.
11. Photographie du canal coloré (boîte à photo et position du simulateur fixe).
12. L'instrument suivant dans la séquence continue la mise en forme (successivement PTN1, PTN2, PTN3)
13. Superposition (avec Adobe Photoshop®) des photos (pré et post passage instrumental) avec une grille de mesure (fig. 10).



*Figure 10 : Photos superposées d'un simulateur Dentsply-Sirona avec la grille de mesure
(noir : post Pro Glider, jaune : post-PTN1, vert : post-PTN2, rouge : post-PTN3).*

14. Mesure en pixel avec Fiji® du déplacement de la limite du canal au niveau des **2 repères de la grille au niveau cervical**.
15. Analyse statistique (StatView® 5.0, SAS Institute, Orange, CA, USA) : M-ANOVA et Test à postériori de Fisher.

1.6 PHOTOGRAPHIE DES SIMULATEURS

Pour une prise de photographie standardisée et reproductible un dispositif a été créé. Une plaque de verre est placée dans une boîte sur laquelle est positionnée un papier cartonné préformé aux dimensions du simulateur.

L'appareil photo (Canon® EOS 600D) est fixé au-dessus (il n'est pas tenu par l'opérateur).

L'appareil dispose d'un réglage défini pour tout le protocole.

L'éclairage est composé de deux lampes orientées vers le simulateur.

Une photographie du simulateur coloré à l'encre de chine est prise après chaque passage d'instrument.

Au total il y a 4 photographies par simulateurs.



Figure 11 : Dispositif de photographie standardisée

1.7 TRAITEMENT DES PHOTOGRAPHIES

L'analyse et le traitement des photographies s'est fait avec photoshop® (Adobe Systems Inc., San Jose-CA) pour chaque simulateur qu'ils soient préparés par le système 2Shape® classic, mini ou le Pro taper Next®.

Un simulateur est donc associé à 4 photographies, une après le passage du cathétérisme (One G, la lime 15/3 de Coltene®, le Pro glider), une après le passage de l'instrument TS1, TS1 mini ou PTN1, une après le passage de TS2, TS2 mini ou PTN2 et une après le passage de F35, F35 mini ou PTN3.

Sur Photoshop®, le canal dans le simulateur est orienté toujours de la même façon c'est-à-dire à l'horizontale et l'apex vers le bas, puis il est sélectionné, « calqué », les contours de la coloration sont licés manuellement avec l'outil « lasso » et le canal est coloré après le passage de l'instrument de cathétérisme en noir homogène, après le passage TS1, TS1 mini ou PTN1 il est coloré en vert, en jaune après le passage de TS2, TS2 mini ou PTN2 et enfin en rouge après le passage de F35, F35 mini ou PTN3.

Le calque jaune est alors superposé sur le calque rouge, le calque vert est superposé sur le jaune et enfin le noir est ajouté sur le calque vert. Le tout ayant pour repère l'apex.

Puis une grille de repère est ajoutée pour avoir 5 niveaux de mesures, deux dans la partie initiale du canal et trois dans la partie courbe du canal (entrée, milieu et sortie de courbure).



a.



b.



c.



d.



e.



f.



g.



h.



i.

Figure 12 : a. Simulateur après passage de One G – b. Calque après passage de One G – c. Simulateur après passage de TS1 mini – d. Calque après passage de TS1 mini – e. Simulateur après passage de TS2 mini – f. Calque après passage de TS2 mini – g. Simulateur après passage de F35 mini – h. Calque après passage de F35 mini – i. Superposition des 4 calques après passage de TS1 mini, TS2 mini, F35 mini pour une préparation à LT+4mm, et du calque des 5 mesures repères.

1.8 MESURES

Chaque image obtenue après recalage manuel des différents calques colorés dans Photoshop® fait ensuite l'objet de mesures dans le logiciel Fiji. Les mesures sont effectuées en pixels.

Le respect de l'anatomie canalaire est évalué en mesurant la quantité de résine retirée par l'instrument. La quantité de résine retirée par l'instrument TS1, TS1 mini ou PTN1 est déterminée en mesurant la distance séparant le bord de l'image du canal pré-opératoire (noir) du bord de l'image préparée avec TS1, TS1 mini ou PTN1 (vert). La quantité de résine retirée par l'instrument TS2, TS2 mini ou PTN2 est déterminée en mesurant la distance du bord de l'image séparant le bord de l'image du canal pré-opératoire (noir) du bord de l'image du canal préparé par TS2, TS2 mini ou PTN2 (jaune). La quantité de résine retirée par l'instrument de F35, F35 mini ou PTN3 est déterminée en mesurant la distance du bord de l'image séparant le bord de l'image du canal pré-opératoire (noir) du bord de l'image du canal préparé par de F35, F35 mini ou PTN3 (rouge).

Pour plus de précision, les mesures sont réalisées sur des images zoomées à 600% minimum.

1.9 ANALYSES STATISTIQUES

Une analyse de la variance et un test a posteriori de Fisher avec un risque α fixé à 5% sont réalisés (StatView 5.0, SAS Institute, Orange, CA, USA)

2. RESULTATS

C'est dans cette partie que chaque instrument va bénéficier de sa propre analyse mais aussi et surtout de la confrontation des uns par rapport aux autres.

L'objectif étant d'évaluer s'il existe une différence significative de travail entre les 3 séquences de mise en forme.

190 endotraining blocs ont été préparés : 80 par chaque système 2shapes® et 30 par le système Pro Taper next®. Aucun instrument n'a montré au grossissement x6,4 de zone de dévissage ni de rupture. Sur les Cinq niveaux de mesures étudiés, trois le sont à LT et 2 à LT+4mm, ceci donne un total de 2400 mesures réalisées.

2.1 EVALUATION DE L'ENSEMBLE DES 5 NIVEAUX DE MESURES

Chaque instrument de la séquence PTN enlève plus de résine que celle du TS quel que soit le niveau de mesure. (Fig.13)

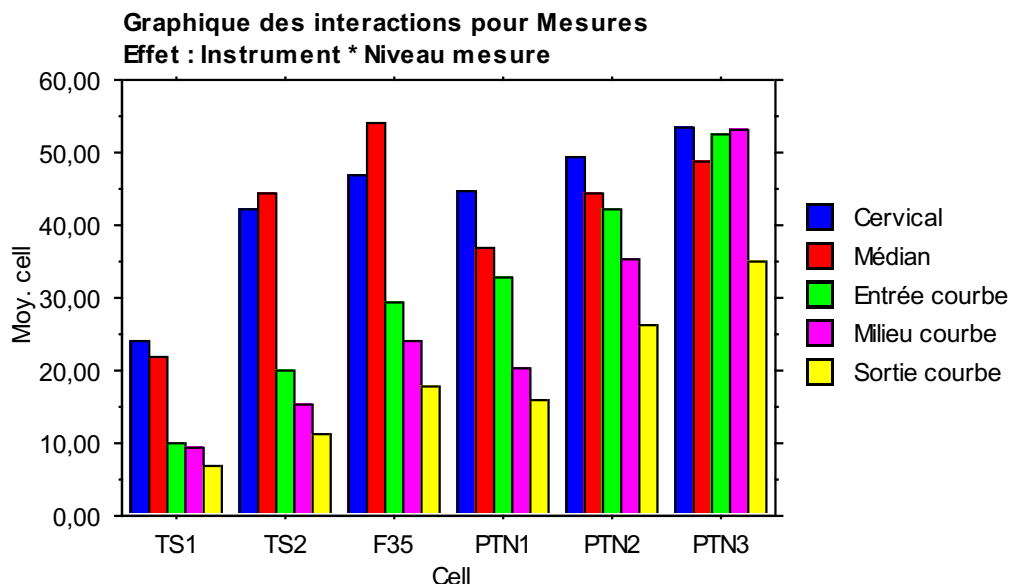


Figure 13 : Ensemble des quantités de résine éliminées de chaque instrument en fonction du niveau de mesure.

L'analyse statistique montre des différences quel que soit les instruments ou les niveaux de mesures. ($P < 0,001$ selon le test d'ANOVA).

L'observation des deux séquences classiques d'instruments usinés sur des fils de 1,2 mm se comporte différemment. (Tab.1)

Variable	Valeur de p	Puissance	Significativité
Instrument	<0,0001	1,000	S
Niveau de mesure	<0,0001	1,000	S
Int/ext	<0,0469	0,497	S
Instrument*Niveau mesure	<0,0001	1,000	S
Instrument* int/ext	<0,0001	1,000	S
Niveau mesure* int/ext	<0,0001	1,000	S
Instrument*niveau mesure* int/ext	<0,0001	1,000	S

Tableau 1 : Tableau Anova comparant TS classic et PTN

L'évaluation du **PTN seul** ne montre pas de différence d'élimination de résine entre l'intérieur et l'extérieur de la courbure (Anova, $P=0,1187$). Il reste donc **bien centré** dans le canal.

En ce qui concerne les instrumentations **2Shape® classic** et **2Shape® mini**, les résultats obtenus montrent des variabilités en fonction des niveaux d'observation (cervical, médian, entrée de courbure, milieu de courbure, sortie de courbure), de la vitesse de rotation (250 ou 800 tr/mn) et du type d'instrument (classic ou mini). (Tab. 2). Mais il n'y a pas de différence entre l'intérieur et l'extérieur de la courbure (Anova, $P= 0,6573$) ou l'instrument de sécurisation canalaire (OneG ou Coltène 15_3%) (fig.14). Ils restent donc tous les deux **bien centrés** dans le canal.

Paramètre	Valeur de p	Puissance	Significativité
Niveau	<0,0001	1,000	S
Interne/externe	0,6573	0,072	NS
Vitesse	<0,0001	1,000	S
Mini/Normal	<0,0001	1,000	S
Glidepath	0,0139	0,694	S
Mini/Normal & Glidepath	0,4231	0,121	S

Tableau 2 : synthèse des statistiques réalisées sur les mesures effectuées TS classic vs TS mini.

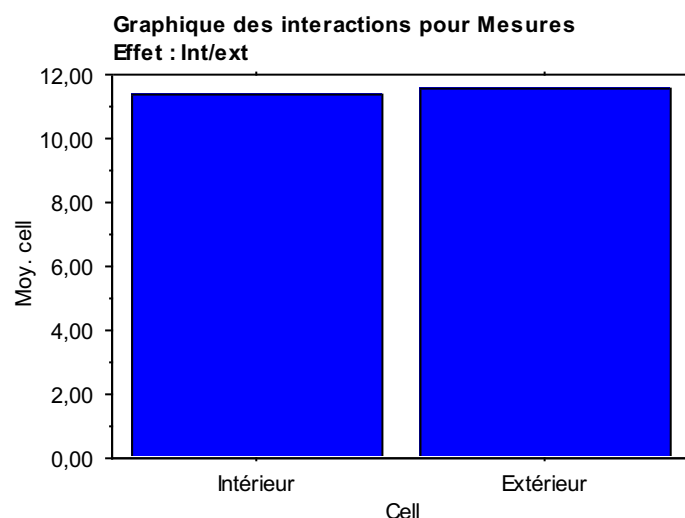


Figure 14 : graphique des moyennes des mesures des TS classic et TS mini en fonction de l'intérieur ou de l'extérieur de la courbure

2.2 EVALUATION DES 2 NIVEAUX CERVICAUX DE MESURE

2.2.1 2SHAPE CLASSIC vs 2SHAPE MINI

Aux niveaux cervicaux, une différence statistique apparaît quel que soit les paramètres observés. (Tab.3)

Paramètre	Valeur de p	Puissance	Significativité
Int/ext	<0,0001	1,000	S
Fil	0,0104	0,734	S
Niveau mesure	0,0018	0,897	S
Int/ext*Fil	0,0338	0,555	S
Int/ext*niveau mesure	<0,0001	1,000	S
Fil*niveau mesure	0,0007	0,945	S

Tableau 3 : Tableau Anova comparant TS classic et TS mini aux niveaux 1 et 2 (recherche l'effet fil 1mm vs 1,2mm)

3.2.2 PTN vs 2SHAPE classic

Aux niveaux cervicaux, une différence statistique apparaît quel que soit les paramètres observés. (Tab.4)

Paramètre	Valeur de p	Puissance	Significativité
Instrument	<0,0001	1,000	S
Niveau de mesure	0,0023	0,880	S
Int/ext	<0,0001	1,000	S
Instrument*Niveau mesure	<0,0005	0,978	S
Instrument* int/ext	<0,0017	0,954	S

Tableau 4 : Tableau Anova comparant PTN et TS classic aux niveaux 1 et 2 (recherche l'effet fil 1mm vs 1,2mm)

2.2.3 PTN vs 2SHAPE MINI

Seul le paramètre niveau de mesure n'est plus significatif ($P=0,7414$) pour ces deux instruments mais avec un niveau de puissance statistique très faible (0,062). Alors qu'avec le croisement du paramètre instrument il redevient fortement significatif ($P<0,0001$) avec une puissance optimale. (Tab.5)

Paramètre	Valeur de p	Puissance	Significativité
Instrument	<0,0001	1,000	S
Niveau de mesure	0,7414	0,062	NS
Int/ext	<0,0001	1,000	S
Instrument*Niveau mesure	<0,0001	1,000	S
Instrument* int/ext	<0,0001	0,996	S

Tableau 5 : Tableau Anova comparant PTN et TS mini aux niveaux 1 et 2 (recherche l'effet fil 1mm vs 1,2mm)

3. DISCUSSION

3.1 ANALYSE DES RESULTATS

L'analyse aux divers niveaux de mesures de cette étude permet de conclure à un respect de l'anatomie canalaire lors de la comparaison des trois séquences étudiées dans leur ensemble.

Mais l'analyse du délabrement cervical et médian (les deux premiers niveaux de mesures) montre une conservation de résine dans ces zones supérieure pour le dispositif mini en comparaison aux deux autres séquences de mise en forme.

Ce résultat était attendu du fait de la différence de diamètre du fil usiné entre les 1,2 mm du TS2 classic et du F35 classic et les 1 mm du TS2 mini et du F35 mini en ayant la même conicité de 6%.

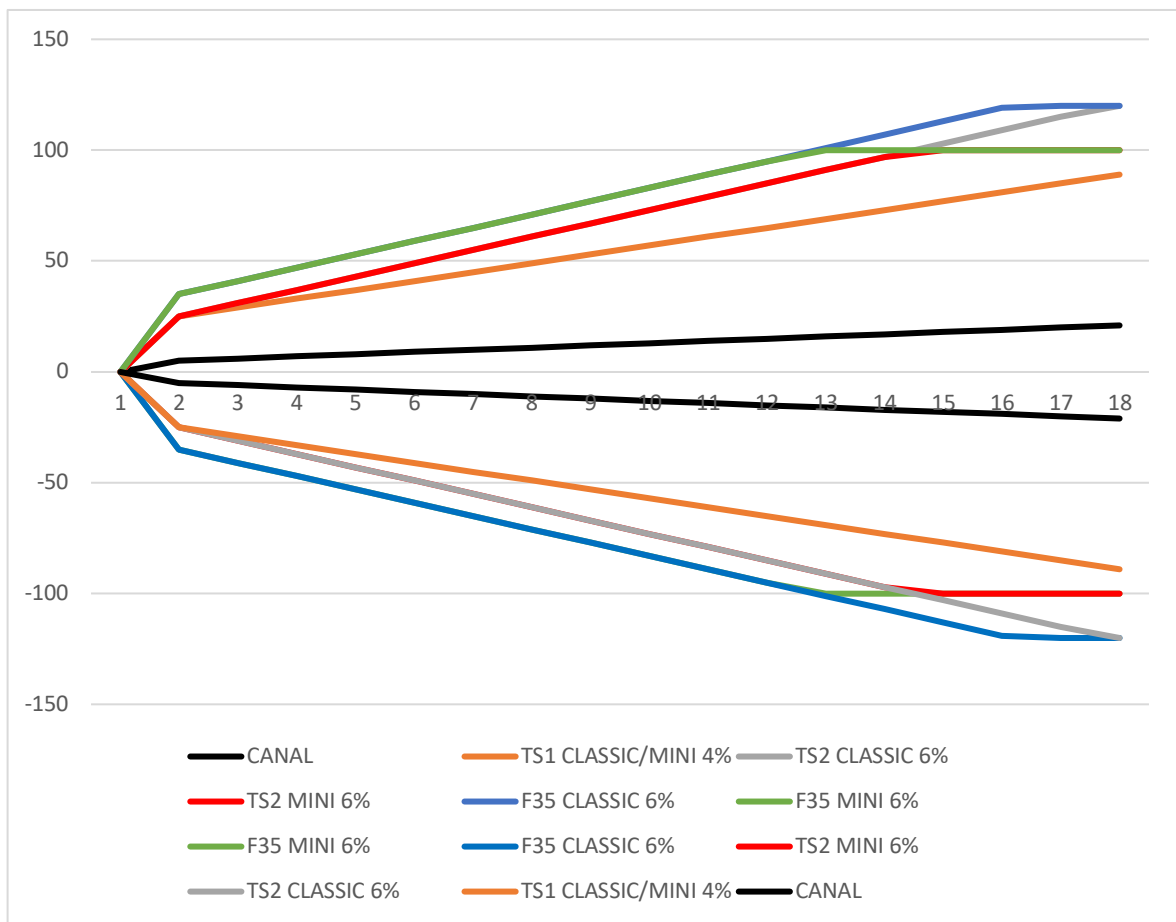


Figure 10 : Graphique montrant la préparation radiculaire de chaque instrument de mise en forme

La plupart des instruments de mise en forme utilisés en rotation continue ont une tendance, selon Metzger et Al., au redressement canalaire à l'extérieur de la courbure.⁴

Ici le redressement se fait à l'intérieur de la courbure. Ce phénomène peut s'expliquer par l'efficacité du guidage des pointes du 2Shape®. Ce système présente une pointe non travaillante (fig.15) qui permet de guider la lime dans le canal tout en évitant le risque de perforation.⁵

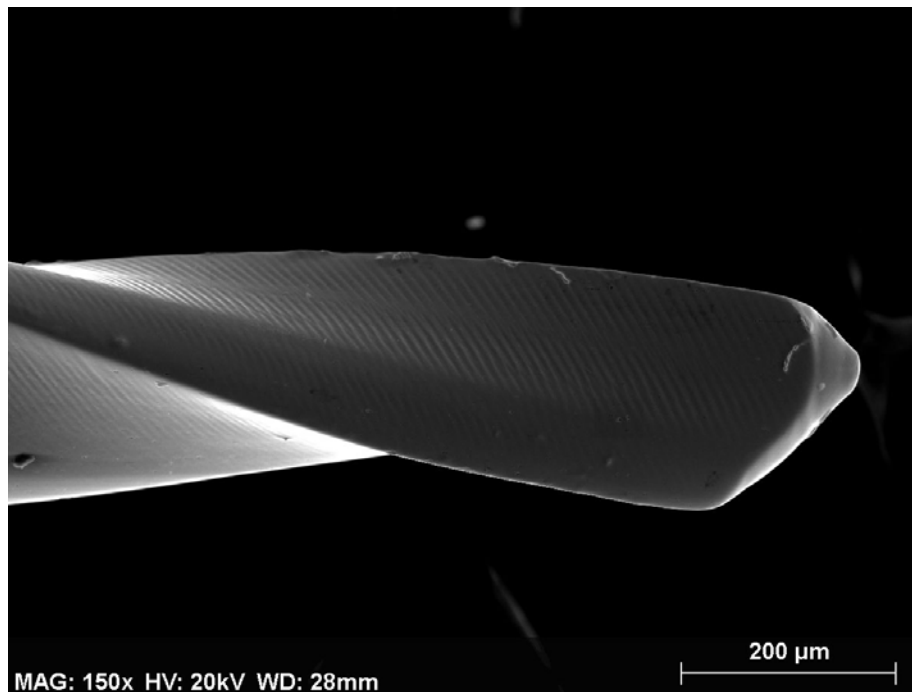


Figure 15 : vue de la pointe de TS2 au microscope électronique à balayage x150.

3.2 CHOIX DU MATERIEL ET METHODE

- Dans cette étude 2 systèmes 2Shape® sont comparés, les systèmes 2Shape® classic et 2Shape® mini car ils sont tous les deux composés d'une séquence de deux instruments de mise en forme et parce qu'ils possèdent tous deux une géométrie dyssimétrique identique.

Le Pro taper Next ® dispose lui d'une section rectangulaire décentrée et le 2Shape® d'une section en triple hélice asymétrique avec deux arêtes principales et une arête secondaire décalée.

Le Protaper Next® a pu être comparé au Protaper Universal® dans de précédentes études qui ont conclu à une diminution du transport canalaire par rapport au Protaper Universal®⁶

- L'utilisation de simulateur en résine présente de nombreux avantages notamment d'obtenir une standardisation de la longueur de travail et de la courbure des canaux. Les techniques utilisant les superpositions pré et post opératoires peuvent s'appliquer facilement à ces modèles expérimentaux et facilitent les mesures de déviation canalaire en tout point du canal du fait de la transparence du dispositif. Néanmoins, la résine ne peut pas représenter les conditions cliniques en raison des différences de texture de surface, de dureté et de section de la dentine. La valeur de dureté Knoop pour les blocs résine est 22, celle de la dentine est 40.⁷ Même si les simulateurs canaux en résine ne reflètent pas l'action des instruments dans les canaux de dents naturelles, ils permettent une comparaison directe de la capacité de préparation de différents instruments. Les variations rencontrées dans les canaux des dents naturelles peuvent être éliminées en utilisant ce type de simulateur.

Un des principaux inconvénients des simulateurs est la génération de chaleur causée par la friction des instruments de préparation qui peut entraîner un ramollissement de la résine. Celle-ci peut se fixer aux lames des instruments utilisés causant déformation, ou fracture.

Une irrigation abondante et un nettoyage des limes entre chaque passage est donc primordial. Aux vues des limitations de ce modèle expérimental, les résultats obtenus doivent être extrapolés avec prudence aux dents naturelles.^{8 9 10}

- Cette étude fait appel à une étape de superposition des images canaux pré et post-opératoires. Dans ce but, la technique d'acquisition des images doit être parfaitement reproductible, comme c'est le cas avec l'acquisition photographique. Une alternative à cette technique existe, il s'agit de la numérisation à l'aide d'un scanner.

- Il est impossible d'observer directement la mise en forme sur dents naturelles. Il existe donc des moyens d'observation indirects :
 - La technique radiographique pour étudier les effets de l'instrument est reproductible et non invasive mais ne fournit que des informations sur deux dimensions, elle nécessite l'injection d'un produit de contraste ¹¹
 - Bramante a développé une méthode de section de la dent qui est ensuite réassemblée en moufle pour être préparée. Cette technique autorise des comparaisons pré et post-opératoires mais seulement aux niveaux pré-déterminés par les coupes. ¹²
 - Le canal peut être scanné par micro tomographie avant préparation (permettant également d'avoir un aperçu de l'anatomie canalaire) puis scanné après préparation. Cette méthode non invasive permet une vision tridimensionnelle des canaux par reconstruction des différentes coupes. Mais cette technique est coûteuse, financièrement et en temps (de procédure et de reconstruction). ^{13 14 15}
- Dans cette étude, la mise en forme reste opérateur dépendante dans le sens où le contre angle utilisé est manipulé à la main sans fixité du moteur ce qui peut induire une légère variation de position.

En revanche il n'y a qu'un seul et unique opérateur qui manipule l'ensemble des blocs afin d'en limiter la variabilité expérimentale.

Ces deux instruments sont proposés avec des gestuelles et une finition différentes. En effet, le ProTaper Next® s'utilise sans appui pariétal (ce qui est bien le cas dans cette étude), alors que le 2Shape® s'utilise en appui pariétal, il est ici utilisé de la même façon que le Protaper Next® afin de conserver une comparabilité en limitant au maximum la multiplication des paramètres expérimentaux.

- La longueur des simulateurs utilisés (18mm avec un cône d'engagement de 6mm) ne laisse qu'une longueur de canal trop courte (12mm) pour espérer voir la différence de mise en forme générée par 2 instruments usinés sur des fils de 1 ou 1,2mm. C'est pourquoi les mesures de l'élargissement de la partie cervicale du canal ont été faites après utilisation des instruments à LT+4mm. Ce qui simule la mise en forme d'un canal théorique de 21mm, donc si on enlève les 6mm de cône d'engagement, cela revient à observer la préparation d'un canal de 15mm.
- Lors de la manipulation expérimentale dès que la pointe n'est plus guidée par les parois canalaires du simulateur l'instrument a tendance à se redresser et donc à sur préparer la paroi externe en apical de la courbure. (Fig.16)



Figure 16 : Sur préparation de la paroi externe en apical de la courbure

- Pour la standardisation photographique les simulateurs sont insérés dans un support qui permet un positionnement à l'identique de tous les blocs limitant toutes erreurs lors de l'analyse photographique sur Photoshop®. De plus l'outil lasso du logiciel nous permet de bien tracer les contours de la coloration à l'encre de chine afin de mesurer au pixel près la mise en forme canalaire.

Dans cette étude, il y a donc une recherche de standardisation photographique maximale mais un micromouvement de l'appareil photo lié au déclenchement de la prise de vue est possible nécessitant ensuite une attention particulière lors de la superposition et du recalage des différents calques colorés. Cette étape pouvant être automatisée et devenir rigide avec l'utilisation d'un logiciel comme Matlab® ou Mevislab®.

CONCLUSION

Le matériel de mise en forme endodontique est en constante amélioration que ce soit dans sa forme, asymétrique dorénavant, mais aussi dans sa façon de travailler puisque les instrumentations sont de plus en plus respectueuses de la trajectoire canalaire mais aussi dans la quantité de tissu préparée au niveau de la portion initiale d'un canal dentaire. Le but de cette étude était de comparer sur simulateur le respect du centrage endodontique ainsi que d'évaluer l'incidence d'un fil plus fin sur le délabrement de la portion initiale du canal comparant de façon reproductible le ProTaper Next®, le 2Shape® et le prototype mini de la gamme 2Shape®.

Les résultats montrent que les séquences complètes TS classic, TS mini et PT NEXT n'indiquent pas de différence significative sur l'ensemble des cinq niveaux de mesures ce qui témoigne d'un respect similaire de l'anatomie canalaire sur simulateur. En revanche lorsqu'on regarde les niveaux de mesures en cervical et en médian la différence avec le TS mini est significative ce qui montre une moindre préparation dentaire à ces niveaux. La partie initiale du canal semble donc être davantage épargnée par le système 2SHAPE® mini. Pour aller plus loin, une nouvelle étude sur dents humaines pourrait être menée.

Le directeur de thèse et président du jury
Professeur Franck DIEMER



BIBLIOGRAPHIE

- (1) Loureiro, M. A. Z.; Elias, M. R. A.; Capeletti, L. R.; Silva, J. A.; Siqueira, P. C.; Chaves, G. S.; Decurcio, D. A. Guided Endodontics: Volume of Dental Tissue Removed by Guided Access Cavity Preparation—An Ex Vivo Study. *J. Endod.* **2020**.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.09.008>.
- (2) Krikeli, E.; Mikrogeorgis, G.; Lyroutdia, K. In Vitro Comparative Study of the Influence of Instrument Taper on the Fracture Resistance of Endodontically Treated Teeth: An Integrative Approach—Based Analysis. *J. Endod.* **2018**, *44* (9), 1407–1411.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.05.007>.
- (3) Saber, S. M.; Hayaty, D. M.; Nawar, N. N.; Kim, H.-C. The Effect of Access Cavity Designs and Sizes of Root Canal Preparations on the Biomechanical Behavior of an Endodontically Treated Mandibular First Molar: A Finite Element Analysis. *J. Endod.* **2020**, *46* (11), 1675–1681. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.06.040>.
- (4) Metzger, Z.; Teperovich, E.; Zary, R.; Cohen, R.; Hof, R. The Self-Adjusting File (SAF). Part 1: Respecting the Root Canal Anatomy—A New Concept of Endodontic Files and Its Implementation. *J. Endod.* **2010**, *36* (4), 679–690.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.12.036>.
- (5) Diemer, F.; Siquet, J. P. Quelles innovations pour la mise en forme canalaire ? <https://www.information-dentaire.fr/formations/quelles-innovations-pour-la-mise-en-forme-canalaire/> (accessed Jan 25, 2021).
- (6) Gagliardi, J.; Versiani, M. A.; de Sousa-Neto, M. D.; Plazas-Garzon, A.; Basrani, B. Evaluation of the Shaping Characteristics of ProTaper Gold, ProTaper NEXT, and ProTaper Universal in Curved Canals. *J. Endod.* **2015**, *41* (10), 1718–1724.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.07.009>.
- (7) Khalilak, Z.; Fallahdoost, A.; Dadresanfar, B.; Rezvani, G. Comparison of Extracted Teeth and Simulated Resin Blocks on Apical Canal Transportation. *Iran. Endod. J.* **2008**, *3* (4), 109–112.
- (8) Aydin, C.; Inan, U.; Yasar, S.; Bulucu, B.; Tunca, Y. M. Comparison of Shaping Ability of RaCe and Hero Shaper Instruments in Simulated Curved Canals. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.* **2008**, *105* (3), e92–97.
<https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2007.11.010>.
- (9) Baumann, M. A.; Roth, A. Effect of Experience on Quality of Canal Preparation with Rotary Nickel-Titanium Files. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.* **1999**, *88* (6), 714–718. [https://doi.org/10.1016/s1079-2104\(99\)70015-6](https://doi.org/10.1016/s1079-2104(99)70015-6).

- (10) Bürklein, S.; Schäfer, E. The Influence of Various Automated Devices on the Shaping Ability of Mtwo Rotary Nickel-Titanium Instruments. *Int. Endod. J.* **2006**, *39* (12), 945–951. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2006.01171.x>.
- (11) Ruckman, J. E.; Whitten, B.; Sedgley, C. M.; Svec, T. Comparison of the Self-Adjusting File with Rotary and Hand Instrumentation in Long-Oval-Shaped Root Canals. *J. Endod.* **2013**, *39* (1), 92–95. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.07.002>.
- (12) Vaudt, J.; Bitter, K.; Neumann, K.; Kielbassa, A. M. Ex Vivo Study on Root Canal Instrumentation of Two Rotary Nickel-Titanium Systems in Comparison to Stainless Steel Hand Instruments. *Int. Endod. J.* **2009**, *42* (1), 22–33. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2008.01489.x>.
- (13) Peters, O. A.; Laib, A.; Rügsegger, P.; Barbakow, F. Three-Dimensional Analysis of Root Canal Geometry by High-Resolution Computed Tomography. *J. Dent. Res.* **2000**, *79* (6), 1405–1409. <https://doi.org/10.1177/00220345000790060901>.
- (14) Peters, O. A.; Peters, C. I.; Schönenberger, K.; Barbakow, F. ProTaper Rotary Root Canal Preparation: Effects of Canal Anatomy on Final Shape Analysed by Micro CT. *Int. Endod. J.* **2003**, *36* (2), 86–92. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2003.00626.x>.
- (15) Peters, O. A.; Schönenberger, K.; Laib, A. Effects of Four Ni-Ti Preparation Techniques on Root Canal Geometry Assessed by Micro Computed Tomography. *Int. Endod. J.* **2001**, *34* (3), 221–230. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2001.00373.x>.

LE TRAITEMENT ENDODONTIQUE MINIMALEMENT INVASIF : 2 SHAPE vs 2 SHAPE MINI vs PRO TAPER NEXT

RESUME EN FRANÇAIS :

L'évolution de l'instrumentation endodontique permet de respecter de plus en plus la trajectoire canalaire et d'éviter tout accidents de mise en forme. Néanmoins l'instrumentation en Nickel-Titane que nous connaissons aujourd'hui aurait tendance à redresser cet axe canalaire et à sur-préparer la partie initiale du canal au niveau du cône d'engagement. Le 2Shape® et le ProTaper Next® sont des systèmes de mise en forme en rotation continue possédant une séquence de deux instruments et présentant une géométrie asymétrique. Cette étude a pour but de comparer à ces deux dispositifs avec le 2shape® mini qui est usiné sur un fil de 1mm contrairement aux 1,2 mm du système classique afin d'en vérifier la préparation dentinaire cervicale minimale tout en respectant l'anatomie canalaire sur simulateur.

TITLE: THE MINIMALLY INVASIVE TREATMENT: 2 SHAPE® vs 2 SHAPE® MINI vs PROTAPER NEXT®

SUMMARY:

The evolution of endodontic instrumentation allows us to respect more and more the canal trajectory and to avoid any shaping accidents.

Nevertheless, the Nickel-Titanium instrumentation we know today would tend to straighten this canal axis and to over-shape the initial part of the canal at the level of the engagement cone.

The 2Shape® and the ProTaper Next® are continuous rotation shaping systems with a two-instrument sequence and an asymmetric geometry.

The purpose of this study is to compare the 2Shape® mini grinded on a 1mm wire instead of the 1.2mm wire of the conventional system in order to verify cervical minimal dentin preparation and the ability to respect the root canal anatomy on simulators.

DISCIPLINE ADMINISTRATIVE : Odontologie conservatrice, endodontie (58.01)

Mots-Clés : mise en forme, rotation continue, respect de l'anatomie canalaire, simulateurs, traitement minimalement invasif, endodontie, 2Shape®, ProTaper Next®

INTITULE ET ADRESSE DE L'UFR

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

DIRECTEUR DE THESE : Professeur Franck DIEMER