

UNIVERSITÉ TOULOUSE III – PAUL SABATIER
FACULTÉ DE SANTÉ – DÉPARTEMENT D'ODONTOLOGIE

ANNÉE 2022 2023

2023 TOU3 3036

THÈSE

POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement

par

Flora LIRON

le 27 avril 2023

VALIDATION DE LA MÉTHODE CBCT ET ANALYSE DU RESPECT DE

L'ANATOMIE CANALAIRE : ProTaper Gold vs REVOS+

Directeur de thèse : Pr Franck DIEMER

JURY

Président : Pr Franck Diemer

1^{er} assesseur : Dr Marie Gurgel-Georgelin

2^{ème} assesseur : Dr Thibault Canceill

3^{ème} assesseur : Dr Jérôme Michetti



**Faculté de santé
Département d'Odontologie**

➔ **DIRECTION**

Doyen de la Faculté de Santé

M. Philippe POMAR

Vice Doyenne de la Faculté de Santé

Directrice du Département d'Odontologie

Mme Sara DALICIEUX-LAURENCIN

Directeurs Adjoints

Mme Sarah COUSTY
M. Florent DESTRUHAUT

Directrice Administrative

Mme Muriel VERDAGUER

Présidente du Comité Scientifique

Mme Cathy NABET

➔ **HONORARIAT**

Doyens honoraires

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

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*)

➔ **PERSONNEL ENSEIGNANT**

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 Anne GICQUEL, M. Robin BENETAH
Adjoints d'Enseignement : M. Sébastien DOMINE, M. Mathieu TESTE, M. Daniel BANDON

ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE

Maîtres de Conférences : M. Pascal BARON, M. Maxime ROTENBERG
Assistants : M. Vincent VIDAL-ROSSET, Mme Carole VARGAS JOULIA
Adjoints d'Enseignement : Mme. Isabelle ARAGON

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, M. Jean-Noël VERGNES
Assistante : Mme Géromine FOURNIER
Adjoints d'Enseignement : M. Alain DURAND, Mlle. Sacha BARON, M. Romain LAGARD, M. Jean-Philippe GATIGNOL
Mme Carole KANJ, Mme Mylène VINCENT-BERTHOUMIEUX, M. Christophe BEDOS

Section CNU 57 : Chirurgie Orale, Parodontologie, Biologie Orale

57.01 CHIRURGIE ORALE, PARODONTOLOGIE, BIOLOGIE ORALE (M. Philippe KEMOUN)

PARODONTOLOGIE

Maîtres de Conférences : Mme Sara LAURENCIN- DALICIEUX, Mme Alexia VINEL, Mme. Charlotte THOMAS
Assistants : M. Joffrey DURAN, M. Antoine AL HALABI
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 : M. Clément CAMBRONNE, M. Antoine DUBUC
Adjoints d'Enseignement : M. Gabriel FAUXPOINT, M. Arnaud L'HOMME, Mme Marie-Pierre LABADIE, M. Luc RAYNALDY, M. Jérôme SALEFRANQUE,

BIOLOGIE ORALE

Professeurs d'Université : M. Philippe KEMOUN, M. Vincent BLASCO-BAQUE
Maîtres de Conférences : M. Pierre-Pascal POULET, M. Matthieu MINTY
Assistants : Mme Chiara CECCHIN-ALBERTONI, M. Maxime LUIS, Mme Valentine BAYLET GALY-CASSIT, Mme Sylvie LE
Adjoints d'Enseignement : M. Mathieu FRANC, M. Hugo BARRAGUE, M. Olivier DENY, Mme Inessa TIMOFFEEVA-JOSSINET

Section CNU 58 : Réhabilitation Orale

58.01 DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE, PROTHESES, FONCTIONS-DYSFONCTIONS, IMAGERIE, BIOMATERIAUX (M. Franck DIEMER)

DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE

Professeur d'Université : M. Franck DIEMER
Maîtres de Conférences : M. Philippe GUIGNES, Mme Marie GURGEL-GEORGELIN, Mme Delphine MARET-COMTESSE
Assistants : Mme Sophie BARRERE, Mme. Manon SAUCOURT, M. Ludovic PELLETIER
M. Nicolas ALAUX, M. Vincent SUAREZ, M. Lorris BOIVIN
Adjoints d'Enseignement : M. Eric BALGUERIE, M. Jean-Philippe MALLET, M. Rami HAMDAN, M. Romain DUCASSE, Mme Lucie RAPP

PROTHÈSES

Professeurs d'Université : M. Philippe POMAR, M. Florent DESTRUHAUT,
Maîtres de Conférences : M. Rémi ESCLASSAN, M. Antoine GALIBOURG,
Assistants : Mme Margaux BROUTIN, Mme Coralie BATAILLE, Mme Mathilde HOURSET, Mme Constance CUNY
M. Anthony LEBON
Adjoints d'Enseignement : M. Christophe GHRENASSIA, Mme Marie-Hélène LACOSTE-FERRE, M. Olivier LE GAC, M. Jean-Claude COMBADAZOU, M. Bertrand ARCAUTE, M. Fabien LEMAGNER, M. Eric SOLYOM, M. Michel KNAFO, M. Victor EMONET-DENAND, M. Thierry DENIS, M. Thibault YAGUE

FONCTIONS-DYSFONCTIONS, IMAGERIE, BIOMATERIAUX

Professeur d'Université : Mr. Paul MONSARRAT
Maîtres de Conférences : Mme Sabine JONNIOT, M. Karim NASR, M. Thibault CANCEILL
Assistants : M. Julien DELRIEU, M. Paul PAGES,
Adjoints d'Enseignement : Mme Sylvie MAGNE, M. Thierry VERGÉ, M. Damien OSTROWSKI

Mise à jour pour le 02 Février 2023

REMERCIEMENTS

Merci à

Ma famille de m'avoir donné la possibilité de faire ces études et de m'avoir soutenue, même si les dernières années n'ont pas été vraiment faciles.

Alicia, Pauline, Sylvie, les Mélanie qui ont rendu ces 6 dernières années drôles et pleines de moments inoubliables. Mention spéciale à la star Alicia, mon binôme de clinique et de rires.

Manon Andréa et Louise, (et à toute l'équipe) nos aventures de jours, sorties de nuit, expériences culinaires ...

Mathias pour notre entraide clinique, mais aussi pour nos échanges rythmés par l'horticulture et les chats.

Alexandra, qui a toujours été là lors de ces deux dernières années, merci infiniment pour ton soutien à tous les niveaux et ta bienveillance.

Jasmine, pour ton amitié qui se renforce un peu plus chaque année, et depuis déjà si longtemps.

Aziza de m'aider et m'accompagner dans mon travail ainsi qu'à Emmanuelle et Muriel pour tout l'investissement. Merci de m'avoir si bien accueillie dans l'équipe.

Juan, mon amour et meilleur ami, de m'avoir toujours soutenue et remotivée quand il le fallait et de participer quotidiennement à mon bonheur.

Une pensée pour Senuk, petit partenaire de travail de thèse, avec qui j'aurais aimé pouvoir la terminer.

Au président du jury et directeur de thèse,

DIEMER Franck

- 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 comité scientifique de la Société française d'Endodontie
- 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 avoir comme président du jury et directeur de thèse. Beaucoup d'admiration pour vos enseignements, vos travaux de recherche et votre encadrement en clinique, que j'ai particulièrement appréciés.

À mon jury de thèse,

GURGEL-GEORGELIN Marie

- 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

C'est un honneur de vous avoir dans mon jury de thèse.

Cela a été un plaisir de vous avoir comme encadrante en clinique, d'avoir pu observer la qualité de votre travail et votre approche envers les patients.

À mon jury de thèse,

CANCEILL Thibault

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Docteur en sciences des matériaux
- Master 1 Santé Publique :
- Master 2 de Physiopathologie
- CES Biomatériaux en Odontologie
- D.U.de conception Fabrication Assisté par ordinateur en Odontologie (CFAO)
- D.U. de Recherche Clinique en Odontologie
- Attestation de Formation aux gestes et Soins d'Urgence Niveau 2

C'est un grand plaisir de vous avoir parmi le jury de thèse.

*Vous avez toujours été d'une grande aide lors de mes années de clinique. Merci
pour votre investissement dans la bonne humeur.*

À mon jury de thèse,

MICHETTI Jérôme

- Ancien Assistant hospitalo-universitaire d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Master 1 Biosanté,
- Master 2 Recherche « Radiophysique et Imagerie Médicales »,
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier,

Merci beaucoup de m'avoir permis de réaliser cette thèse pluridisciplinaire et m'avoir fait découvrir le monde de la recherche. C'est un honneur d'avoir vous avoir eu comme encadrant.

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES.....	10
INTRODUCTION.....	11
I. VALIDATION DE LA MÉTHODE CBCT.....	13
MATÉRIEL ET MÉTHODES.....	13
PRÉPARATION DES SIMULATEURS.....	13
MÉTHODE 2D PAR PHOTOGRAPHIES.....	15
MÉTHODE CBCT.....	20
RESULTATS.....	23
DISCUSSION.....	26
CONCLUSION.....	27
II. APPLICATION DE LA MÉTHODE CBCT : COMPARAISON DU PTG ET REVOS+.....	28
MATÉRIEL ET MÉTHODES.....	28
PRÉPARATION DES SIMULATEURS.....	28
RÉSULTATS.....	29
ANALYSE DE LA DÉVIATION CANALAIRE SELON LA VITESSE DE ROTATION DE L'INSTRUMENT.....	32
DISCUSSION.....	34
CONCLUSION.....	34
III. DISCUSSION GÉNÉRALE.....	35
IV. CONCLUSION GÉNÉRALE.....	36
BIBLIOGRAPHIE.....	37
ANNEXES.....	39

INTRODUCTION

Le traitement endodontique a pour objectif de nettoyer chimiquement et mécaniquement le système canalaire. Il s'agit de retirer le contenu organique de l'endodonte, tel que le tissu pulpaire, les débris nécrotiques, des germes etc, de désinfecter le canal avant de l'obturer de façon hermétique.

Le traitement implique un nettoyage mécanique et chimique.

La mise en forme canalaire est une étape indispensable afin d'obtenir un accès direct aux canaux et irriguer correctement, le nettoyage mécanique, grâce à un passage régulier de limes de différent diamètre de pointe et/ou de conicité doit permettre de faire remonter les débris infectés ou affectés.

Conjointement le nettoyage chimique, entre deux passages de limes avec une désinfection à l'hypochlorite de sodium de 2,5% à 5% participe à l'élimination des déchets dentinaires et les germes bactériens présents... Avant le rinçage final, l'action d'un chélatant contribue à une élimination optimale des débris dentinaires.

Lorsque la désinfection et la préparation sont terminées, l'obturation peut être réalisée : le plus souvent grâce à des cônes de gutta percha associés à un ciment radio-opaque.

Le traitement endodontique requiert divers instruments dont les limes endodontiques, qui ont subi de grandes évolutions au cours des dernières décennies.

L'objectif de ces évolutions est de limiter au maximum toute atteinte iatrogène comme une fracture intra-canaire d'instrument, une perforation, la création d'une butée, une fausse route ou encore une surpréparation. Les instruments doivent respecter au maximum l'anatomie canalaire.

Historiquement, les premières limes qui ont été utilisées sont des limes manuelles en acier ou des tire-nerfs. Ces limes sont rigides, elles sont utilisées avec un diamètre de pointe croissant selon le canal ou l'étape de traitement en cours. Leur conicité est généralement de 2%. Le praticien doit donc utiliser des mouvements de rotation et de retrait afin d'éliminer la pulpe et les débris infectés.

Ensuite, les premières limes rotatives en Nickel-Titane comme le ProFile ou le HERO 642 sont apparus. Le praticien n'a plus besoin d'exercer des mouvements de rotation, le moteur s'en charge à sa place. La conicité augmente par rapport aux

limes manuelles dans le but d'éliminer encore plus de débris dentinaires affectés. Ils remontent beaucoup plus facilement et sont donc plus aisément retirés. La durée du traitement endodontique et les résultats sont donc optimisés. Cependant, il est impératif de respecter une certaine plage de vitesse et de couple car les contraintes exercées sur ces limes les amènent facilement à la fracture.

D'autres évolutions ont fait leur apparition, comme des sections asymétriques. Le REVOS fut le premier. Cette particularité permet d'améliorer l'élimination des déchets organiques.

Aujourd'hui, nous observons beaucoup d'instruments rotatifs, traités thermiquement. Ce traitement les rend plus souples, plus flexibles et plus résistantes à la fatigue ; donc aux fractures en cas de contraintes trop importantes (**Silva et al 2015, Kim et al 2021, Gagliardi et al 2015, Hieawy et al 2015**). C'est le cas du ProTaper Gold et du REVOS +. Ces instruments ont tendance à suivre davantage la trajectoire du canal en cours de traitement et respectent mieux l'anatomie canalaire. Les alliages en Ni-Ti traités thermiquement contiennent une phase martensite qui est plus flexible que les alliages Ni-Ti classique en phase austénite (**Kim et al 2015**). Elles peuvent être montées sur des moteurs « classiques » d'endodontie, rotatifs.

Ce travail se compose de deux études sur des simulateurs en résine afin d'analyser la déviation canalaire. La déviation canalaire résulte d'un surtravail des instruments dans une direction privilégiée et qui augmente le volume de préparation de façon hétérogène.

Le but de la première étude est de comparer deux techniques d'imagerie : une méthode en deux dimensions et une en trois dimensions. Pour la première méthode, sera étudiée la déviation canalaire grâce à une superposition de clichés 2D, ici des photos de simulateurs de canal (**Shi et Wagle 2017, Silva et al 2015, Kim et al 2015**). Pour la seconde, cette même déviation mais grâce au Cone Beam Computed Tomography, le CBCT.

Dans une seconde étude, grâce à la méthode d'acquisition par CBCT, le respect de la trajectoire canalaire de deux séquences instrumentales traitées thermiquement sera comparée (**Hasheminia et al 2018, Shenoï et al 2017, Kapadwala et al 2019**) : ProTaper Gold vs RevoS+.

I. VALIDATION DE LA MÉTHODE CBCT

MATÉRIEL ET MÉTHODES

PRÉPARATION DES SIMULATEURS

Des simulateurs en résine en forme de J sont sélectionnés, les simulateurs Dentsply-Sirona Endo training-bloc.02 Taper® : 16 sont utilisés au total. Ils ont une taille de 30 x 10 x 10mm et le canal a une longueur d'environ 18 mm. Le diamètre initial est de 10/100^{ème} (selon la norme ISO). L'angle de courbure est de 40 ° (*d'après la méthode Schneider*) et son rayon de courbure mesure $r = 4\text{mm}$ (**Di Nardo et al 2020, Shi et Wagle 2017, Silva et al 2015**).

Le canal est rectiligne sur les 12 premiers mm « coronaires » et courbé sur les 6 mm « apicaux ».

Afin d'obtenir une meilleure visibilité de la lumière canalaire, le passage d'une lime 15 et une irrigation à l'alcool sont réalisés.

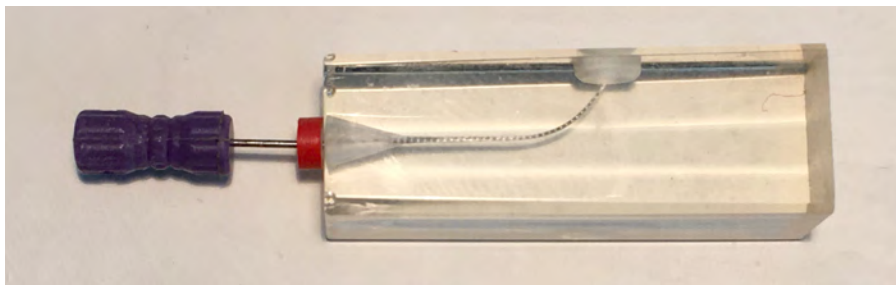


Figure 1. Simulateur Dentsply-Sirona avec une lime n°10

Ces 16 échantillons sont numérisés de deux façons différentes : par photographie ou par CBCT avant et après mise en forme au ProTaper Gold de Dentsply-Sirona : instruments à conicité variable, traités thermiquement, montés sur moteur rotatif : Al motor, DTE de WoodPecker®.

Pour la méthode par photographie, la position du simulateur et celle de l'objectif sont fixées et reproductibles grâce à l'utilisation d'une boîte à photo.



Figure 2 : Boîte photo utilisée



Figure 3 : Photo du simulateur n° 42

*Par CBCT, les simulateurs sont numérisés deux fois avec les mêmes réglages afin de minimiser le bruit, donc augmenter la précision des résultats (**Jérôme Michetti et al 2018**). Les acquisitions sont effectuées grâce au modèle 8100 3D® de CareStream avec une résolution de 75 micromètres et les paramètres suivants : 70 kV et 2 mA.*

MÉTHODE 2D PAR PHOTOGRAPHIES

Concernant la méthode en 2 dimensions, par photographie, deux logiciels sont utilisés

- MeVisLab®, logiciel à visée médicale de traitement d'images, permettant des superpositions.
- FIJI®, autre logiciel de traitement d'image (Silva et al 2015)

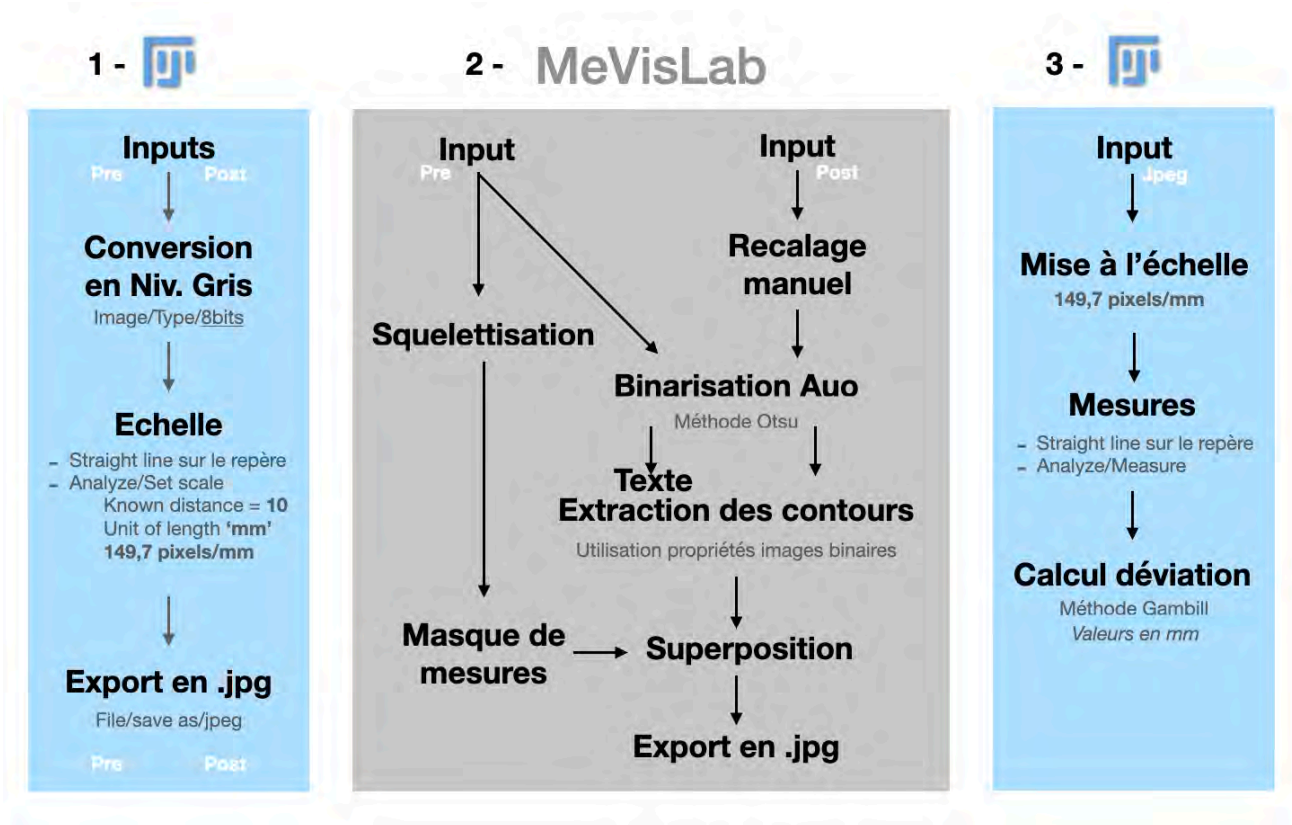


Figure 4. Schématisation méthode 2D

Les étapes suivantes sont réalisées indépendamment par les deux opérateurs.

Formatage des images grâce à Fiji

Chaque paire de photos par simulateur (pré-opérateur et post-opérateur) doit subir un formatage afin que la superposition de ces deux photos soit analysable.

Pour ce faire le logiciel Fiji permet de convertir les photos en noir et blanc et d'établir la même échelle. Toutes les photographies suivent ce processus.

Superposition

Le logiciel MeVisLab permet de rendre la paire d'image du simulateur choisie comparable : les images subissent des opérations de recadrage, rotation, et superposition afin que l'axe du canal pré opératoire et post opératoire correspondent bien. Il retire l'arrière-plan et ne laisse apparaître les contours des éléments présents sur la photo, et donne une « squelettisation » des canaux superposés. A cette image il faut ensuite ajouter le masque permettant de situer les 9 points de mesure à 1 mm d'écart chacun. Sur le masque, est également présent l'échelle qui servira à faire un rapport de mesure lors de la prochaine étape (**Shi et Wagle 2017, Kim et al 2021**).

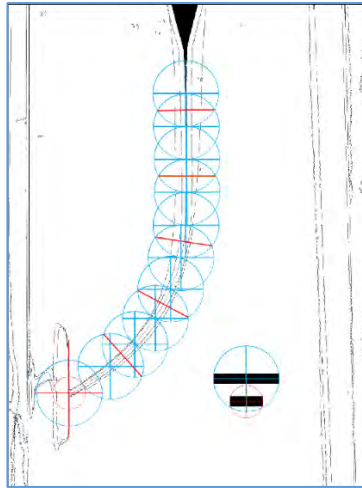


Figure 5 : Préparation du masque à l'échelle d'1 mm = 149,7 pixels

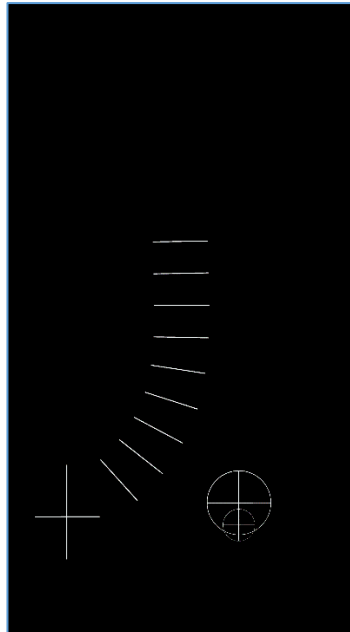


Figure 6 : Masque final

L'image sortie à la fin de l'algorithme est ainsi l'image qui est exploitable pour l'étude.

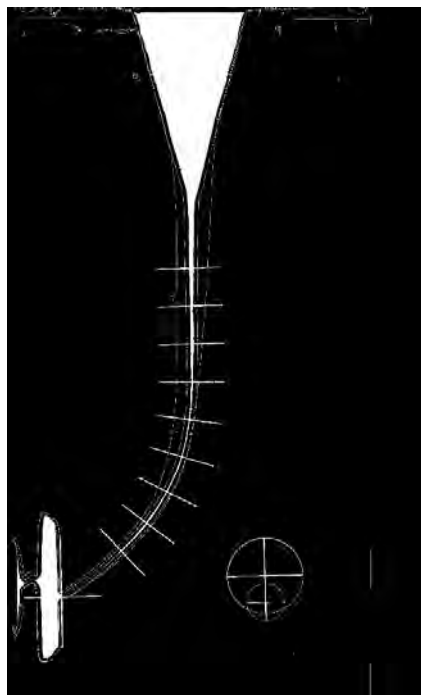


Figure 7 : Image de l'échantillon n°42 exploitée par un des opérateurs

Mesures

Les mesures se font toutes à distances égales, tous les millimètres le long du canal. Le logiciel Fiji est de nouveau utilisé.

L'unité de mesure à ce stade est le pixel. Le masque a été conçu sur la base d'un mm = 149,7 pixels.

Les mesures sont au nombre de quatre par point : il s'agit de mesurer la différence de pixels à l'intérieur ainsi qu'à l'extérieur de la courbe après travail des instruments (post-opératoire) par rapport au stade initial (pré-opératoire).

Le résultat est finalement converti en millimètres quand il est divisé par le nombre de pixels, soit par 149,7.

Cette méthode nous permet d'obtenir et calculer les informations suivantes :

- **Mesure de la déviation canalaire inférieure** (extérieur de la courbe) et **supérieure** (intérieur de la courbe). Pour mesurer la déviation canalaire, il suffit de soustraire la différence de préparation en mm de l'extérieur (partie inférieure de la courbe) de la courbe à celle de l'intérieur (partie supérieure) de la courbe. Si le résultat est positif, ceci indique une déviation plus importante vers l'intérieur de la *courbe au point mesuré*. Et inversement, s'il est négatif, c'est une déviation vers l'extérieur qui prédomine en ce point (**Gambill et al 1996**). Une moyenne sur l'ensemble des échantillons à chaque point est aussi calculée ainsi que la moyenne générale qui indique la tendance de déviation. (Cf figure 23)

Volume 42	Mesures déviation Préop (mm)		Mesures déviation Postop (mm)		Canal Déviation
	Inf B1	Sup A1	Inf B2	Sup A2	
Niveaux / LT					Sup-Inf
2,00	0,10	0,08	0,16	0,16	0,02
3,00	0,12	0,11	0,15	0,20	0,06
4,00	0,10	0,11	0,15	0,26	0,10
5,00	0,13	0,13	0,13	0,37	0,24
6,00	0,13	0,13	0,13	0,42	0,29
7,00	0,13	0,14	0,18	0,41	0,22
8,00	0,16	0,14	0,26	0,41	0,17
9,00	0,17	0,14	0,37	0,40	0,06
10,00	0,17	0,17	0,43	0,40	-0,03
					0,126

Sortie apicale vers Sup = Intérieur courbe
Valeur négative = déport extérieur courbe
Valeur positive = déport intérieur courbe

595
Temps (s)
595

Figure 8 : Tableau de recensement des mesures, calcul de la déviation canalaire

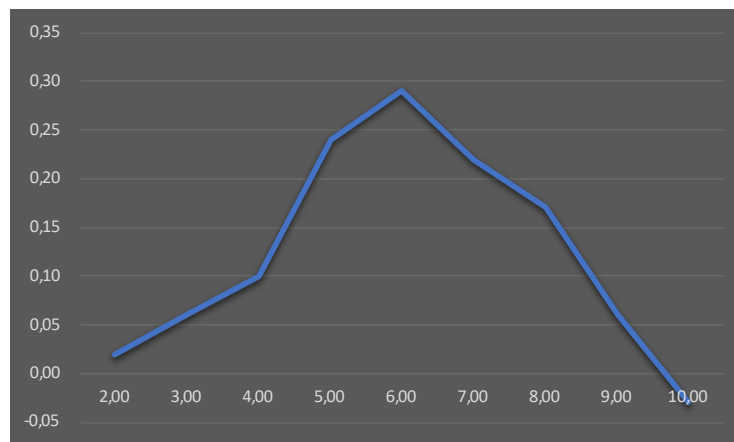


Figure 9 : Modélisation de la déviation canalaire en mm par rapport à la LT.

C'est donc avec les 9 points de mesures qu'il est possible d'analyser la tendance de la déviation canalaire.

- Le **temps de traitement des données est chronométré** par chaque opérateur.

MÉTHODE CBCT

Ces mêmes simulateurs traités au PTG ont été numérisés deux fois avant et deux fois après mise en forme canalaire grâce à la Carestream 81000 3D® avec les paramètres suivants : 70 kV, 2,00 mA et une résolution de 75 micromètres.

Ces volumes en voxels sont chargés sur le logiciel MATLAB (lecteur et traitement d'algorithmes) avec un algorithme développé par le Dr. Michetti.

Les deux volumes par échantillons sont présentés à cet algorithme et celui-ci nous fournit les données recherchées et nécessaires à l'étude.

Ce dernier nous met à disposition :

- **Déviations supérieures, inférieures, droites et gauches** tous les 0,5 mm (en pixels), 17 points sont mesurés sur le canal, soit 8 points de plus par rapport à la méthode par photographie (**Gambill et al 1996**); (cf figures 22 et 23)
- Le **diamètre** du canal à tous les points analysés en μm ;
- La **surface** à chaque point (permet d'anticiper les rétrécissements canaux) en μm^2 ;
- La **longueur de travail** de chaque échantillon en mm ;
- La **position de courbure maximale (C_{max})** : le point sur le canal où la déviation en un point est la plus importante ;
- Le **temps** nécessaire aux calculs des informations est également enregistré, mais cette fois-ci de manière automatique, c'est une donnée fournie par l'algorithme ;

Le calcul de la déviation canalaire repose sur cette formule (**Gambill et al 1996**) :

$$(A1 - A2) - (B1 - B2)$$

La déviation canalaire est calculée par rapport à l'axe canalaire, sur la différence de volume préparé à l'intérieur de la courbe (A1 avant instrumentation et A2 après instrumentation) par rapport à l'extérieur (B1 avant instrumentation et B2 après instrumentation). La valeur de 0 signifie que la déviation est nulle. Les valeurs positives

ou négatives indiquent respectivement une déviation vers l'intérieur ou vers l'extérieur.

Ces données sont utilisées pour calculer les moyennes de déviations des échantillons en un même point (convertis en mm).

Avec ces données, il est également possible de modéliser sur courbes l'évolution de la surface et du diamètre.

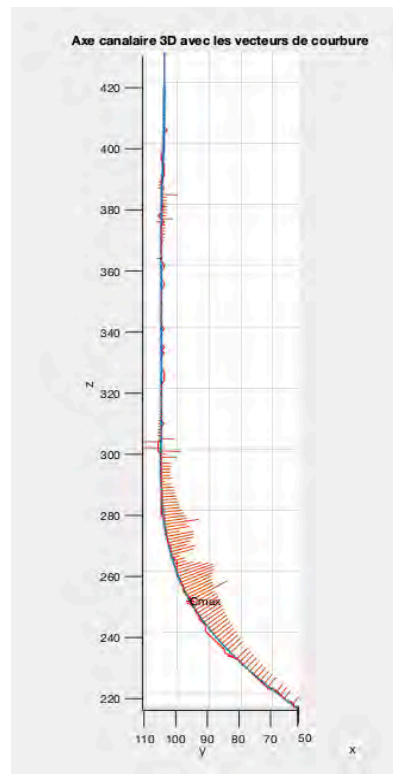


Figure 10 : Mesure du C_{max} grâce aux vecteurs de courbe.

Pour lancer l'algorithme, il faut avoir chargé les volumes CBCT et entré les plans limites du volume : le plan supérieur qui délimite l'entrée du canal et le plan inférieur pour la fermeture (à rechercher manuellement avec les plans sur CBCT) mais également l'axe de rotation du volume : ici, il n'y en a pas $\rightarrow 0$

Quand le travail de l'algorithme est terminé, ce dernier nous affiche un tableau avec toutes les données mentionnées ci-dessus, exploitées ultérieurement dans un fichier Excel.

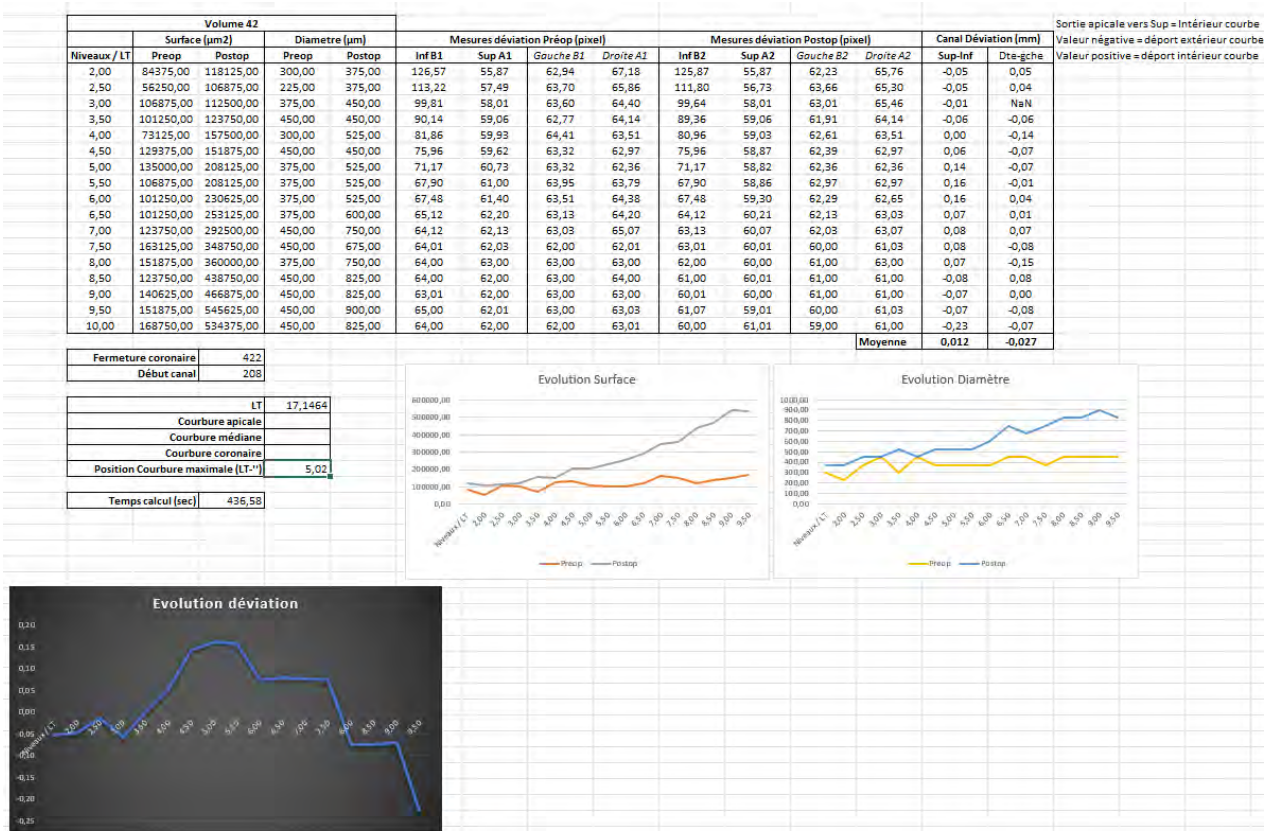


Figure 11 : Exemple de résultats obtenus pour le simulateur n°42

Chacune des étapes est réalisée par deux opérateurs (Dr J. Michetti et moi). Une analyse statistique est ensuite réalisée avec le logiciel Excel (Microsoft) avec un risque α de 5%. La variance inter-opérateur est calculée pour chacune des deux méthodes.

RESULTATS

Les moyennes des déviations par niveau par rapport à la longueur de travail sont comparées.

Les moyennes des déviations des deux opérateurs sont calculées par niveau et sont rassemblées dans les tableaux ci-dessous :

Niveau/LT	Moyennes des deux opérateurs Photographies (en mm)	Niveau/LT	Moyennes des deux opérateurs CBCT (en mm)
2,00	-0,02	2,00	-0,03
3,00	-0,03	3,00	0,00
4,00	0,03	4,00	0,10
5,00	0,13	5,00	0,17
6,00	0,18	6,00	0,17
7,00	0,14	7,00	0,10
8,00	0,04	8,00	0,02
9,00	-0,04	9,00	-0,09
10,00	-0,11	10,00	-0,14

Figure 12 : Résultats de la déviation canalaire sur 9 points comparables

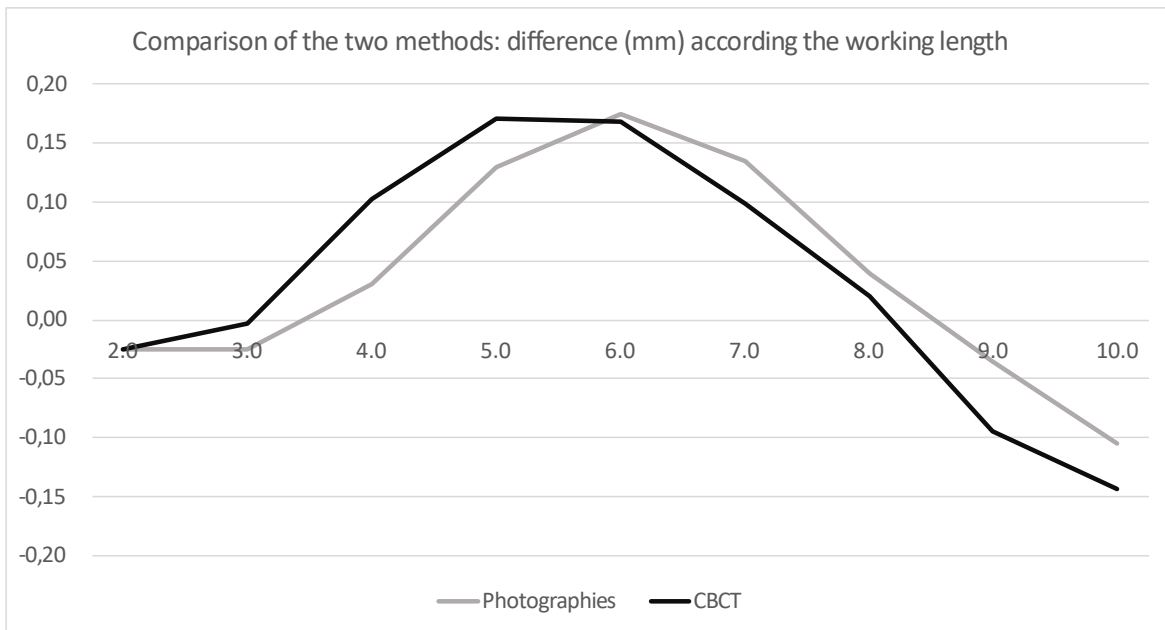


Figure 13 : Comparaison des résultats de la déviation canalaire entre les deux méthodes, modélisée sur courbe

La tendance de la déviation et la déviation maximale sont assez proches mais la courbe de la méthode CBCT est légèrement décalée vers la gauche : la déviation maximale (et donc le C_{max}) vers l'intérieur de la courbe est atteinte plus rapidement pour les échantillons analysés par CBCT. De même, la courbe CBCT indique un déport vers l'extérieur de la courbe plus rapidement.

Les moyennes des temps de mesure suivant la méthode est répartie de cette manière :

- Temps de mesure *photographies* : 503,2 secondes
- Temps de mesure *CBCT* : 280,8 secondes

En analysant les bilans des deux opérateurs pour chacune des méthodes, il est facile d'objectiver les disparités entre les deux pour la méthode par photographies : Les moyennes diffèrent de plusieurs centièmes de millimètres. La déviation canalaire, la forme de la courbe, suivent la même tendance mais n'ont pas les mêmes valeurs suivant l'opérateur.

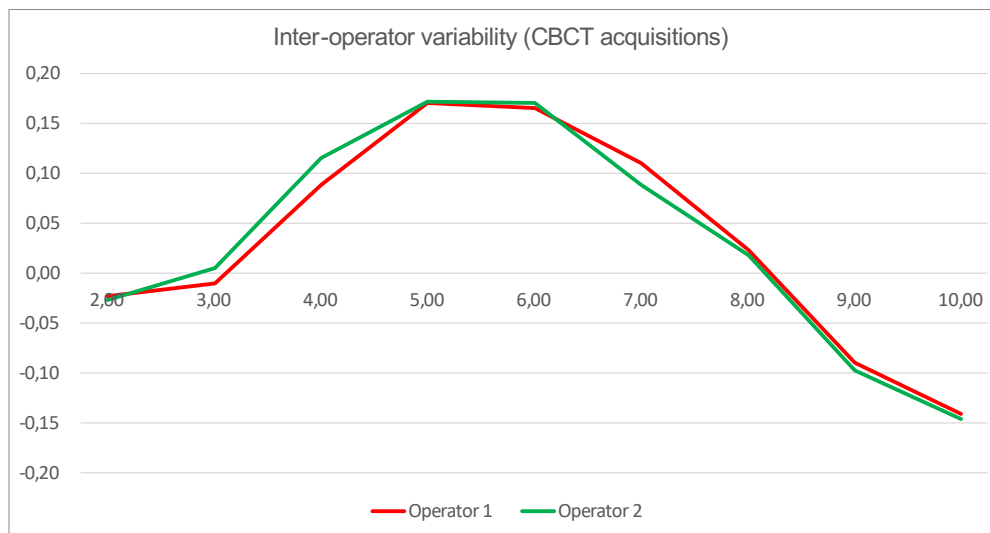
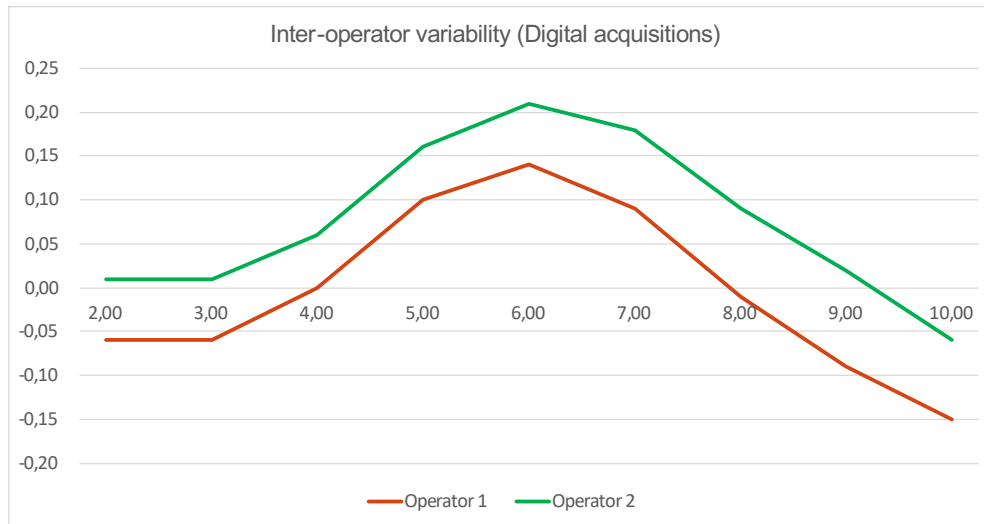


Figure 14. Variabilité inter-opérateurs des deux méthodes modélisée sur courbe.

Pour la méthode CBCT, les courbes sont quasiment superposées. Les moyennes sont identiques à de nombreux niveaux et extrêmement proches sur les autres.

Concernant les variances inter-observateur, une nette différence apparaît.

Celles-ci sont calculées :

- Variance inter-opérateur pour la méthode 2D, ICC = 0,68
- Variance inter-opérateur pour la méthode 3D, ICC = 0,99

DISCUSSION

La méthode par CBCT propose un recalage et une superposition automatique, peu utilisés habituellement permettant un gain de temps et moins d'erreur liée à l'intervention humaine.

Le recadrage manuel, utilisé dans la méthode par photographies et dans des études similaires, a une incidence directe sur la prise des mesures, et donc sur les résultats. La différence de positionnement entre les opérateurs peut être importante.

Selon **Michetti et al 2018**, la double acquisition augmente la précision des images mais également la rapidité et la précision de la superposition des volumes. Les images sont plus lisibles et donc plus facilement utilisable par l'algorithme.

La méthode CBCT propose ainsi une amélioration de la superposition, d'autant plus si une double acquisition est faite, avant et après traitement. Les superpositions automatisé ou semi automatisé réduisent l'intervention humaine critiquable. Les différences qui peuvent être observées entre les opérateurs lors de l'étape de recalage/superposition ont une conséquence directe sur la prise de mesure de la déviation canalaire et donc sur les résultats de l'étude.

La méthode par photographie présente des résultats différents selon l'opérateur, ce qui n'est pas le cas de la méthode par CBCT où les résultats sont les mêmes.

L'étude du diamètre ou de la surface préparée pourrait être également étudiés pour étudier le comportement d'instruments, des paramètres non étudiés ici.

La méthode 3D est, in vitro, plus performante que la méthode par clichés photographiques. Ainsi elle pourrait être utilisée comme méthode de référence en terme d'analyse de trajectoire canalaire in vitro : comparaison d'instruments différents afin d'observer les comportements de chacun d'entre eux. L'analyse sur dents extraites pourrait permettre d'objectiver le complexe canalaire sur des échantillons réels (**Hasheminia et al 2018, Shenoï et al 2017, Kapadwa**).

CONCLUSION

L'analyse de la trajectoire canalaire par photographie montre la même tendance que celle par CBCT. Cependant, la déviation canalaire en direction de l'intérieur de la courbe est détectée plus tôt (LT-2 mm pour le CBCT et LT-3 mm pour la photographie). De même lorsque la tendance de déviation s'inverse pour s'orienter vers l'extérieur de la courbe. La méthode par CBCT présente une meilleure variance et peut être considérée comme plus fiable et reproductible que la méthode en deux dimensions.

Des informations complémentaires sont fournies grâce à la méthode 3D qui ne peuvent être comparées, comme la déviation droite et gauche, ainsi que la surface, le diamètre, le C_{max} (sans nécessité de calcul ou analyse) et la Longueur de Travail.

Cette méthode nous met à disposition beaucoup plus d'informations en un temps réduit et de manière automatique. Elle pourrait ainsi facilement être utilisée dans la comparaison d'instruments grâce à sa reproductibilité.

II. APPLICATION DE LA MÉTHODE CBCT : COMPARAISON DU PTG ET REVOS+

La méthode d'analyse de la trajectoire canalaire par CBCT étant plus fiable reproductible et plus précise, elle va être utilisée dans le but de comparer deux instruments : le ProTaper Gold et le REVOS+. Le but est de savoir s'il existe réellement une différence de préparation selon l'instrument et si des paramètres peuvent influencer son travail.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

PRÉPARATION DES SIMULATEURS

Les simulateurs sont identiques à la première étude : ce sont des simulateurs Dentsply-Sirona Endo training-bloc.02 Taper, de taille de 30 x 10 x 10mm et de longueur canalaire d'environ 18 mm. Le diamètre initial est de 10/100^{ème} (selon la norme ISO). L'angle de courbure est de 40 ° (*d'après la méthode Schneider*) et son rayon de courbure mesure 4mm.

Le canal est rectiligne sur les 12 premiers mm « coronaires » et courbé sur les 6 mm « apicaux ».

Le passage d'une lime 15 et l'irrigation à l'alcool sont également effectués.

64 simulateurs sont préparés par deux systèmes de mise en forme : le ProTaper Gold® (Dentsply-Sirona, Ballaigues, Suisse) et le REVOS+® (Micro-Méga, Besançon, France).

Deux vitesses sont utilisées lors de la mise en forme : 250 et 400 tours/min. Chaque groupe est alors composé de 16 simulateurs (n = 16).

Les deux séquences d'instruments sont montées sur le Ai Motor de WoodPecker® (DTE, Guilin, Guangxi, Chine).

L'ensemble des simulateurs sont numérisés de la même façon que dans la première étude : double acquisition par étape de préparation (deux avant et deux après instrumentation) avec les mêmes réglages (minimisation le bruit) avec le modèle 8100 3D® de CareStream, une résolution de 75 micromètres et les paramètres suivants : 70 kV et 5 mA.

Les acquisitions sont chargées et analysées par l'algorithme évoqué précédemment, dans MATLAB®.

Les résultats sont recensés sur le logiciel Excel et les données sont traitées pour obtenir des résultats et courbes comparables. (Cf figures 22 et 24)

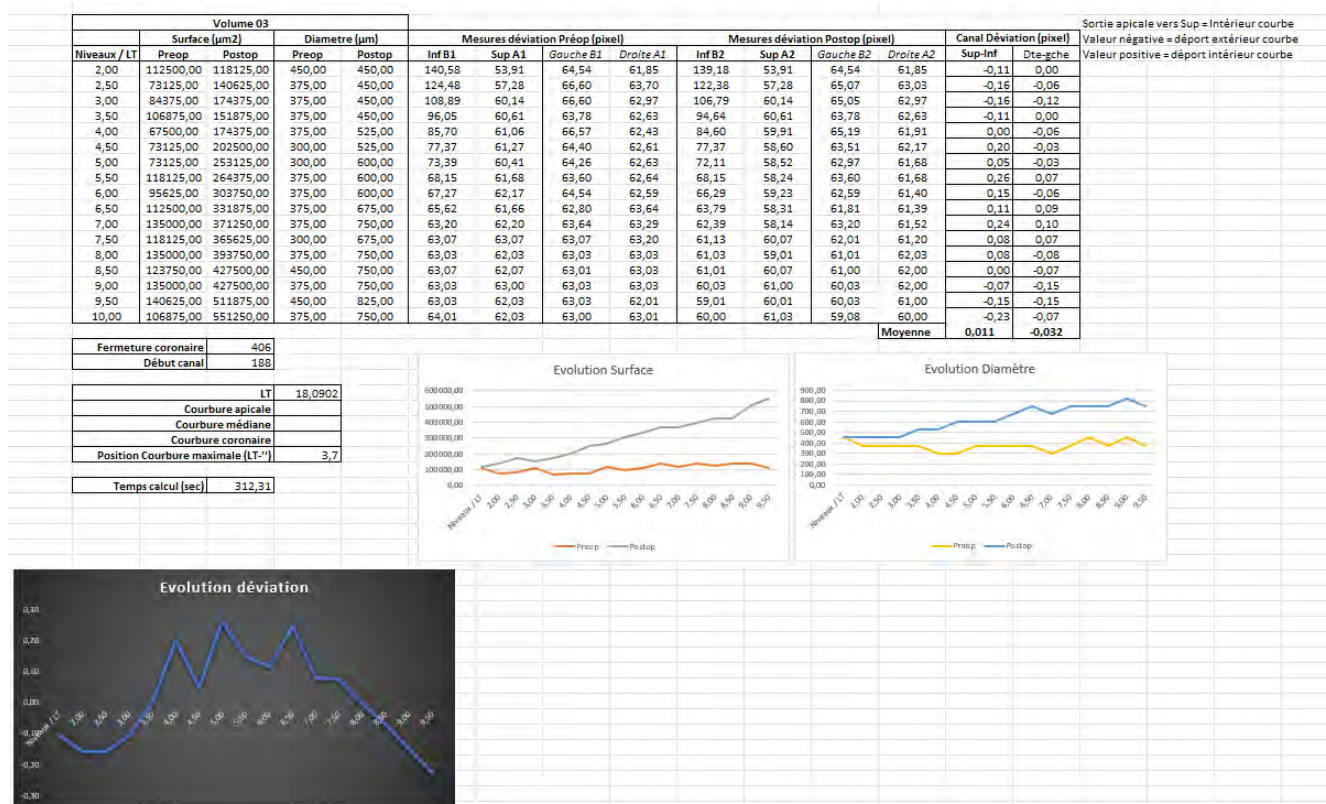


Figure 15 : Exemple de résultats obtenus pour le simulateur n°3 mis en forme au REVOS +

RÉSULTATS

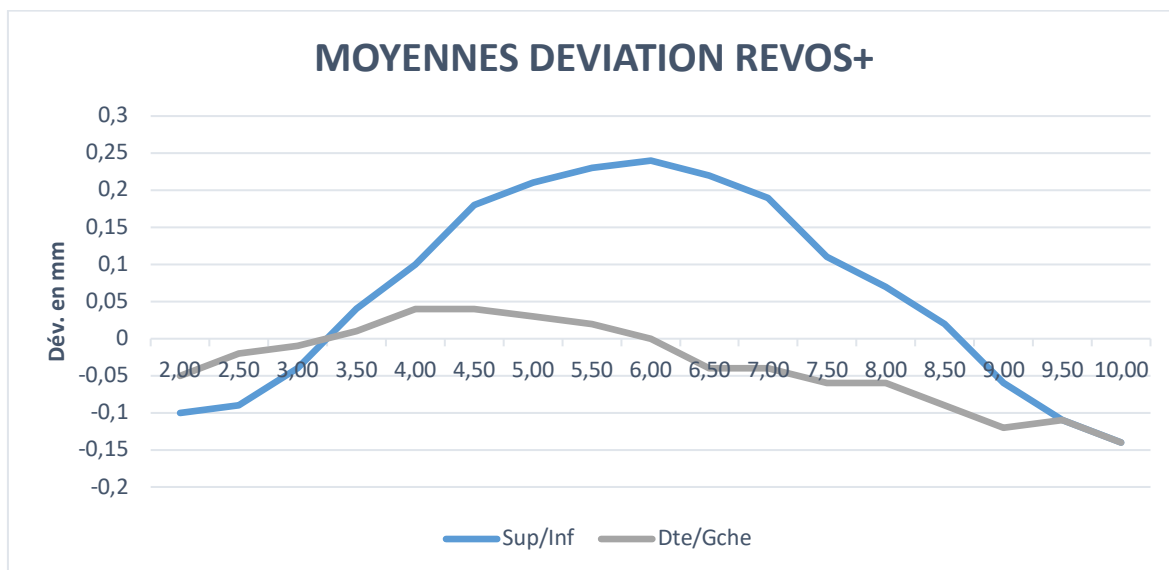


Figure 16 : Moyennes de la déviation canalaire modélisées sur courbe pour le REVOS+.

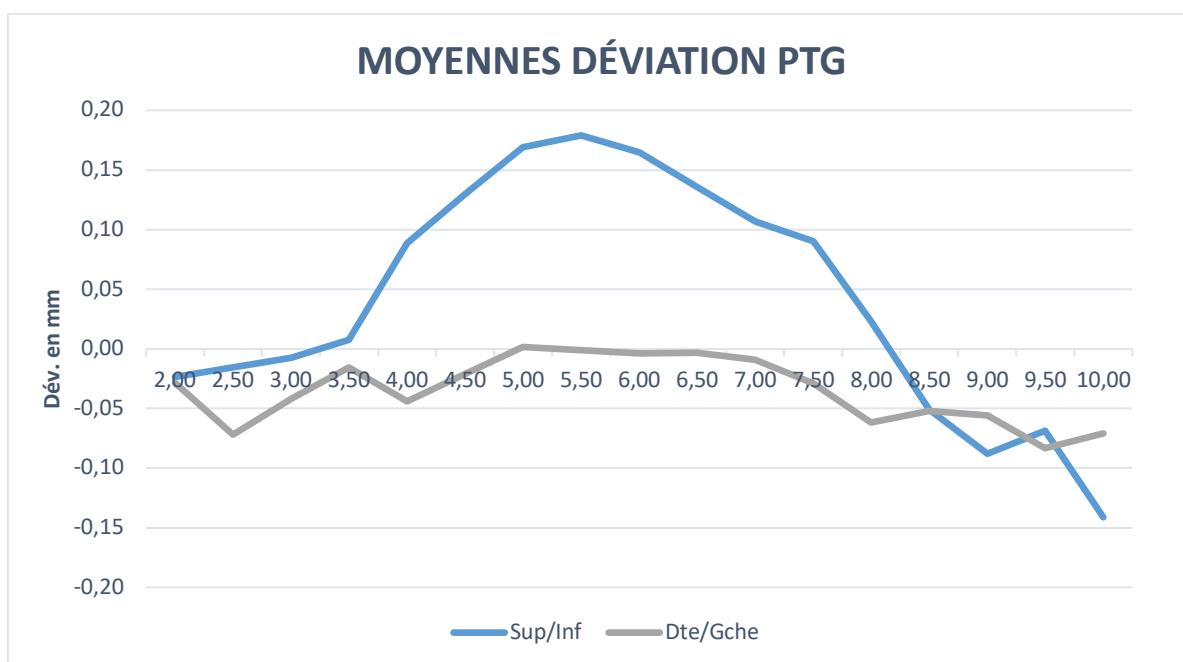


Figure 17 : Moyennes de la déviation canalaire modélisées sur courbe pour le PTG.

La position moyenne du C_{max} pour le REVOS+ se situe à LT- 3,6 mm et LT - 3,8 mm pour le PTG.

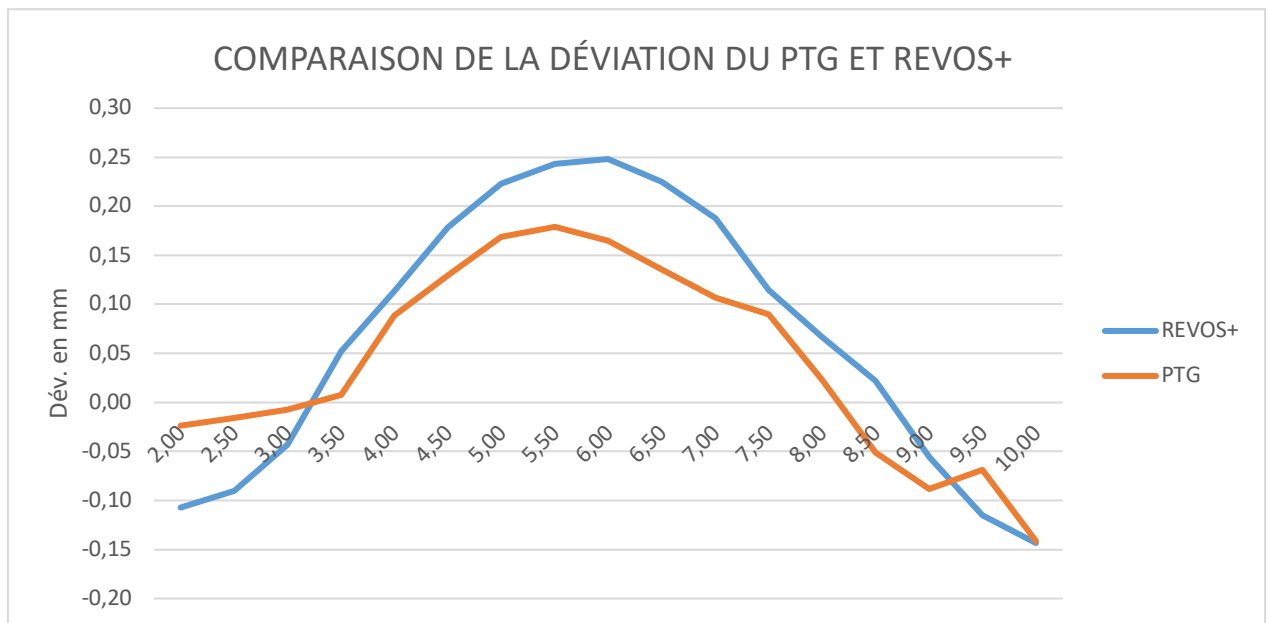


Figure 18 : Comparaison des courbes Sup/Inf

La déviation canalaire est plus marquée pour les échantillons préparés au REVOS+. La déviation canalaire vers l'extérieur de la courbe est plus importante pour le REVOS+. Dans les premiers millimètres apicaux, jusqu'à LT- 3mm / 3,5 mm, la déviation canalaire se fait vers l'extérieur de la courbe pour les deux instruments. Au-delà, elle se porte vers l'intérieur. Elle atteint son maximum en s'approchant de LT- 6 mm et repasse vers l'extérieur à LT-9mm pour les simulateurs préparés au REVOS+.

Concernant le PTG, la déviation suit la même tendance dans l'ensemble mais est moins importante. Elle se déporte vers l'extérieur coronairement plus tôt que pour le REVOS +.

ANALYSE DE LA DÉVIATION CANALAIRE SELON LA VITESSE DE ROTATION DE L'INSTRUMENT

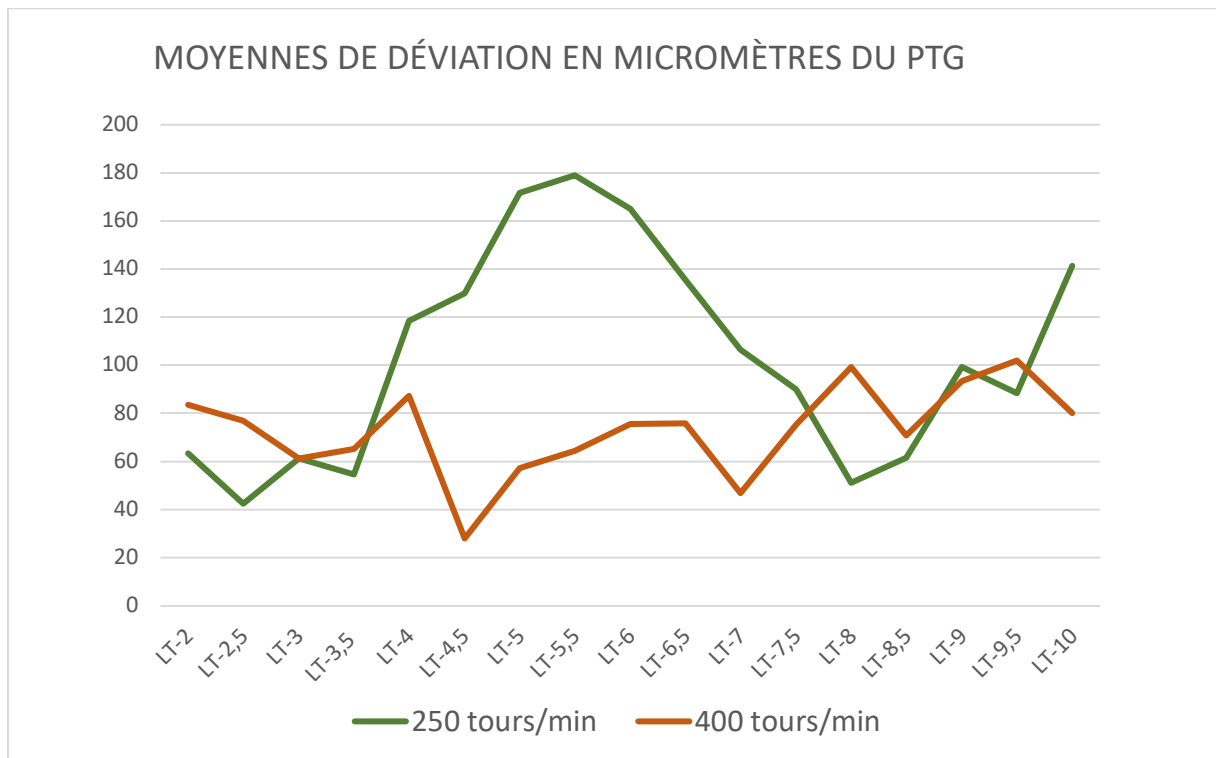


Figure 19 : Modélisation en courbe des moyennes de déviation obtenues au PTG

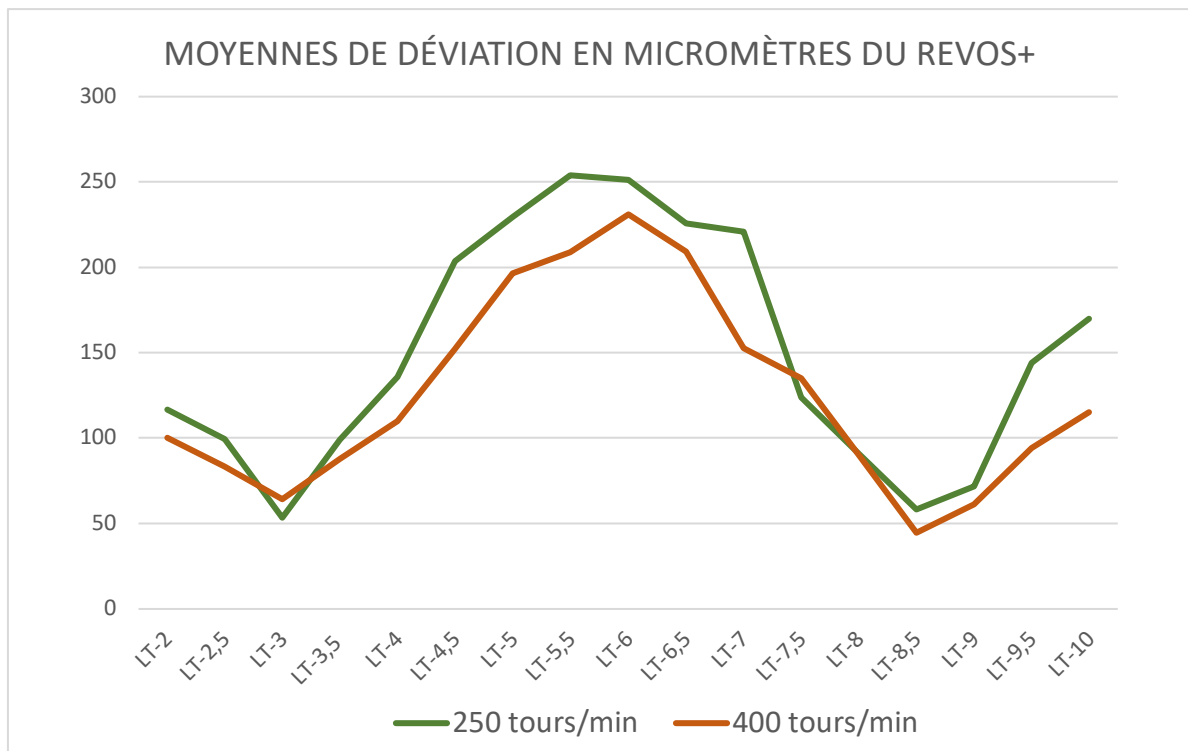


Figure 20 : Modélisation en courbe des moyennes de déviation obtenues au REVOS+

À 400 tours/minute, le volume du canal est davantage centré autour de l'axe canalaire qu'à 250 tours/minute, notamment dans le tiers apical. (Cf figures 25 et 26)

La variance de la déviation canalaire, selon la vitesse (1 degré de liberté ou ddl) a une valeur de $p < 0,001$ avec un risque $\alpha = 5\%$ et une puissance à 1,000.

Il en est de même pour le niveau de mesure par rapport à la LT (16 ddl) et le choix de l'instrument (1 ddl).

Le volume endodontique augmente avec la diminution de la déviation canalaire, quel que soit l'instrument ou la vitesse testé. À noter que le REVOS+ entraîne une déviation légèrement plus importante que le PTG, avec une différence inférieure à 50 micromètres.

Le test PLSD de Fisher évaluant l'effet de l'instrument confirme ce résultat avec une valeur de $p < 0,001$ et un risque $\alpha = 5\%$.

DISCUSSION

Les méthodes d'analyse par CBCT ont déjà été utilisées sur d'autres études de comparaison d'instruments : **Shenoi et al 2017, Hasheminia et al 2018, Kapadwala et al 2019**. Dans celles-ci, ça ne sont pas des simulateurs qui sont utilisés mais des molaires extraites, au nombre de 30 par groupe. Les déviations de divers instruments sont comparées, et le calcul de la déviation repose sur la même formule de Gambill.

L'avantage des simulateurs en résine utilisée dans l'étude présentée est que l'anatomie canalaire est la même sur chaque échantillon : les résultats sont davantage comparables.

La minimisation du bruit par la double acquisition augmente la précision des résultats (**Michetti et al 2018**).

Cette méthode permet également d'analyser et de comparer le comportement des instruments rotatifs in vitro. Il serait intéressant d'évaluer cette déviation dans les conditions de pratique réelles, à température autour de 37 degrés et une humidité proche de celle de la cavité buccale.

CONCLUSION

Il existe une différence significative de préparation lorsque le REVOS+ et le PTG sont comparés. Le REVOS+ a un déplacement légèrement supérieur au PTG, tout en restant cliniquement acceptable. Plus la vitesse de rotation est élevée (jusqu'à 400 rpm), moins les déviations sont importantes, et plus la préparation se trouve centrée autour de l'axe canalaire.

III. DISCUSSION GÉNÉRALE

L'intérêt principal de la méthode par CBCT présentée est qu'elle est fiable et facilement reproductible. Il pourrait être fait d'autres études de comparaison d'instruments sur les mêmes critères d'acquisitions sur les mêmes types de simulateur et suivant le même algorithme. Ceci rendrait toutes ces études comparables entre elles. Les instruments pourraient ainsi être comparés entre eux sur des critères définis.

Il est possible, grâce à des algorithmes de représenter le volume, non plus seulement sur des planches 2D comme c'est le cas des lecteurs de CBCT classiques, mais en un volume entier manipulable en un tout. Ceci permettant de repositionner le volume sous le même angle de vue que le praticien en cours de soin. Par exemple lors de l'aménagement des voies d'accès, la position des différents canaux serait parfaitement représentée et la durée de recherche des entrées canalaires diminuée avec un nombre de canaux traités qui pourrait être augmenté.

CONCLUSION GÉNÉRALE

La méthode CBCT nous offre bien plus d'informations et de précision, comparée à la méthode 2D. Elle apparaît alors comme une méthode de choix concernant l'analyse de l'anatomie canalaire.

En pratique, l'analyse préopératoire d'une dent nécessitant un traitement endodontique serait donc plus précise grâce au CBCT qu'avec des clichés rétro alvéolaires. Toutes les données pouvant être récupérées ont un intérêt dans la pratique des chirurgiens-dentistes, elles optimisent ainsi les chances de réussite d'un traitement endodontique.

Cette méthode permet également d'analyser et de comparer le travail de divers instruments. Ici c'est la déviation qui est étudiée mais il est aussi possible d'étudier l'évolution du diamètre, la surface à un point donné, la LT, le Cmax...

Grâce à cette méthode, les résultats de la déviation canalaire sur des simulateurs endodontique en forme de J, préparés par le REVOS+® et le ProTaper Gold® sont analysés et comparés. Ces deux instruments respectent la trajectoire canalaire, d'autant plus que la vitesse de rotation est élevée. Des différences de préparation entre eux sont à considérer ; leur comportement au sein du canal varie mais sont cliniquement acceptable.

Grâce à cette méthode, d'autres instruments pourraient être analysés de la même façon ou bien en prenant cette fois en compte les paramètres in vivo tels que la température, l'humidité... se rapprochant ainsi des conditions réelles de traitement et de proposer des résultats plus précis de leur comportement.

Vu le directeur de thèse et président du jury

Pr Franck DIEMER



BIBLIOGRAPHIE

Gagliardi, Jason, Marco Aurélio Versiani, Manoel Damião de Sousa-Neto, Andres Plazas-Garzon, et Bettina Basrani. « Evaluation of the Shaping Characteristics of ProTaper Gold, ProTaper NEXT, and ProTaper Universal in Curved Canals ». *Journal of Endodontics* 41, n° 10 (1 octobre 2015): 1718-24.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.07.009>.

Gambill, James M., Marden Alder, et Carlos E. del Rio. « Comparison of Nickel-Titanium and Stainless Steel Hand-File Instrumentation Using Computed Tomography ». *Journal of Endodontics* 22, n° 7 (1 juillet 1996): 369-75.
[https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(96\)80221-4](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(96)80221-4).

Hasheminia, Seyed Mohsen, Alireza Farhad, Mahnaz Sheikhi, Parisa Soltani, Seyedeh Sareh Hendi, et Masoumeh Ahmadi. « Cone-Beam Computed Tomographic Analysis of Canal Transportation and Centering Ability of Single-File Systems ». *Journal of Endodontics* 44, n° 12 (décembre 2018): 1788-91.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.09.011>.

Hieawy, Ahmed, Markus Haapasalo, Huimin Zhou, Zhe-jun Wang, et Ya Shen. « Phase Transformation Behavior and Resistance to Bending and Cyclic Fatigue of ProTaper Gold and ProTaper Universal Instruments ». *Journal of Endodontics* 41, n° 7 (1 juillet 2015): 1134-38. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.02.030>.

Kapadwala, Marsrat Ibrahim, Geeta Asthana, et Girish J. Parmar. « Cone-Beam Computed Tomography Analysis of Canal Transportation and Centering Ratio of Fifth-Generation Nickel-Titanium Rotary File Systems in Curved Root Canals ». *Endodontology* 31, n° 2 (décembre 2019): 138.
https://doi.org/10.4103/endo.endo_36_19.

Kim, HyeWon, Su-Jin Jeon, et Min-Seock Seo. « Comparison of the canal transportation of ProTaper GOLD, WaveOne GOLD, and TruNatomy in simulated double-curved canals ». *BMC Oral Health* 21, n° 1 (16 octobre 2021): 533.
<https://doi.org/10.1186/s12903-021-01854-z>.

Michetti, Jérôme, Adrian Basarab, Franck Diemer, et Denis Kouame. « Comparison of an adaptive local thresholding method on CBCT and μ CT endodontic images ». *Physics in Medicine & Biology* 63, n° 1 (19 décembre 2017): 015020.
<https://doi.org/10.1088/1361-6560/aa90ff>.

Seracchiani, Marco. « Centering Ability of a New Nickel–Titanium Rotary Instruments with a Peculiar Flat-Side Design: An In Vitro Study ». *The Journal of Contemporary Dental Practice* 21, n° 5 (30 mai 2020): 539-42.
<https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-2829>.

Shenoi, PratimaRamakrishna, DishaAnand Luniya, GautamPyarelal Badole, ChetanaSachin Makade, Rajesh Kubde, et RajivTarachand Khode. « Comparative Evaluation of Shaping Ability of V-Taper 2H, ProTaper Next, and HyFlex CM in Curved Canals Using Cone-Beam Computed Tomography: An in Vitro Study ». *Indian Journal of Dental Research* 28, n° 2 (2017): 181.
https://doi.org/10.4103/ijdr.IJDR_34_16.

Shi, Lu, et Shova Wagle. « Comparing the Centering Ability of Different Pathfinding Systems and Their Effect on Final Instrumentation by Hyflex CM ». *Journal of Endodontics* 43, n° 11 (1 novembre 2017): 1868-71.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.05.022>.

Silva, Emmanuel João Nogueira Leal, Brenda Leite Muniz, Frederico Pires, Felipe Gonçalves Belladonna, Aline Almeida Neves, Erick Miranda Souza, et Gustavo De-Deus. « Comparison of Canal Transportation in Simulated Curved Canals Prepared with ProTaper Universal and ProTaper Gold Systems ». *Restorative Dentistry & Endodontics* 41, n° 1 (2016): 1. <https://doi.org/10.5395/rde.2016.41.1.1>

ANNEXES

	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	52	53	54	55	56	MOYENNES
Niveaux / LT	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf
2,00	0,11	-0,03	0,02	0,19	-0,10	-0,01	0,18	-0,02	0,00	-0,08	-0,05	-0,05	-0,11	0,02	0,15	0,00	0,01
3,00	0,14	0,13	0,06	0,15	-0,11	-0,01	0,13	0,03	0,00	-0,11	-0,05	-0,03	-0,14	0,00	0,11	-0,16	0,01
4,00	0,16	0,20	0,10	0,21	-0,09	NP	0,14	0,10	NP	-0,07	-0,02	-0,01	-0,11	0,06	0,20	-0,09	0,06
5,00	0,22	0,31	0,24	0,28	0,12	0,10	0,26	NP	NP	0,02	0,09	0,08	0,03	0,19	0,29	0,02	0,16
6,00	0,29	0,36	0,29	0,31	0,13	0,13	0,21	0,31	0,25	0,07	0,16	0,18	0,05	0,22	0,34	0,10	0,21
7,00	0,32	0,41	0,22	0,21	0,05	0,11	0,12	0,26	0,21	0,00	0,14	0,14	0,06	0,20	0,29	0,08	0,18
8,00	0,27	0,26	0,17	0,12	0,05	0,00	0,07	0,17	0,14	-0,02	0,07	0,05	-0,02	0,06	0,00	-0,03	0,09
9,00	0,19	0,24	0,06	0,07	-0,06	-0,04	0,03	0,08	0,06	-0,15	-0,02	0,00	-0,11	-0,06	0,07	-0,10	0,02
10,00	0,01	0,13	-0,03	-0,02	-0,09	-0,11	0,03	0,02	0,02	-0,22	-0,12	-0,09	-0,16	-0,17	-0,04	-0,19	-0,06
Temps	630	570	595	720	618	547	513	454	550	546	510	491	550	560	454	451	547,4

	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	52	53	54	55	56	MOYENNES
Niveaux / LT	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf
2,00	0,02	-0,13	0,03	-0,13	-0,08	-0,08	-0,03	-0,05	-0,11	0,01	-0,08	-0,09	-0,12	-0,11	0,07	NP	-0,06
3,00	0,04	-0,12	0,05	-0,14	-0,12	-0,05	-0,07	-0,05	-0,12	0,02	-0,10	-0,08	-0,13	-0,11	0,07	NP	-0,06
4,00	0,10	0,05	0,12	-0,08	NP	NP	-0,06	0,02	NP	0,08	-0,07	-0,06	-0,14	-0,02	0,15	-0,09	0,00
5,00	0,24	0,19	0,24	0,04	0,04	0,07	0,01	0,15	0,02	0,18	-0,02	0,02	-0,06	0,13	0,28	0,01	0,10
6,00	0,29	0,22	0,29	0,08	0,06	0,12	0,03	0,21	0,09	0,23	-0,03	0,06	-0,01	0,18	0,31	0,05	0,14
7,00	0,25	0,11	0,22	0,01	-0,01	0,05	-0,01	0,12	0,06	0,22	-0,07	0,05	-0,04	0,12	0,30	-0,01	0,09
8,00	0,15	0,01	0,15	-0,06	-0,08	-0,03	-0,06	0,03	-0,03	0,16	-0,10	-0,06	-0,13	0,02	NP	-0,12	-0,01
9,00	0,09	-0,10	0,06	-0,16	-0,17	-0,09	-0,09	-0,07	-0,10	0,06	-0,19	-0,18	-0,20	-0,12	0,11	-0,25	-0,09
10,00	0,01	-0,18	-0,02	-0,22	-0,22	-0,15	-0,10	-0,19	-0,18	0,00	-0,24	NP	-0,28	-0,22	0,02	-0,35	-0,15
Temps	577	565	514	497	451	389	486	478	540	478	433	396	398	399	380	358	459
NP	Mesure impossible à relever																

Figure 21 : Résultats méthode 2D des deux opérateurs. Mise en forme au PTG.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	MOYENNES
Niveaux / LT	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf
2,00	0,00	-0,21	-0,05	-0,15	-0,15	-0,03	0,05	0,01	-0,05	0,00	0,10	0,05	0,05	-0,04	0,05	-0,05	-0,03
2,50	-0,01	0,00	-0,05	-0,02	-0,02	-0,10	0,05	-0,15	0,05	0,02	0,05	-0,11	-0,04	-0,07	0,00	0,00	-0,02
3,00	0,08	-0,06	-0,01	0,10	0,10	0,07	-0,06	-0,05	-0,06	0,03	-0,02	0,00	-0,07	0,11	-0,09	0,00	0,00
3,50	0,00	-0,03	-0,06	0,00	0,00	0,00	-0,06	0,00	-0,06	0,18	0,13	0,07	0,09	0,03	-0,04	0,00	0,01
4,00	0,04	0,16	0,00	0,19	0,19	NaN	0,10	0,10	NaN	0,15	0,10	0,10	0,10	0,24	0,10	0,06	0,12
4,50	0,14	0,12	0,06	0,14	0,14	0,09	0,08	0,16	0,19	0,08	0,17	0,02	0,10	0,30	0,22	0,02	0,13
5,00	0,15	0,27	0,14	0,23	0,23	0,13	-0,02	0,24	0,02	0,27	0,17	0,18	0,22	0,22	0,09	0,20	0,17
5,50	0,24	0,23	0,16	0,22	0,22	0,10	0,16	0,21	0,12	0,08	0,21	0,15	NaN	0,23	0,22	0,22	0,18
6,00	0,16	0,01	0,16	0,22	0,22	0,01	0,21	0,22	0,29	0,15	0,22	0,22	0,03	0,08	0,27	0,24	0,17
6,50	0,08	0,37	0,07	0,15	0,15	0,20	0,09	0,22	0,15	0,07	0,15	0,15	0,22	0,07	0,15	0,22	0,16
7,00	0,17	0,08	0,08	0,00	0,00	0,00	0,08	0,15	0,15	0,01	0,15	NaN	0,07	0,15	0,08	0,09	0,09
7,50	0,15	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,00	0,08	0,07	0,08	0,15	0,00	0,23	0,08	0,15	0,08	0,09
8,00	0,00	0,00	0,07	0,07	0,07	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	-0,08	0,08	0,07	-0,15	0,07	0,00	0,02
8,50	0,08	0,00	-0,08	-0,15	-0,15	0,00	0,00	0,00	-0,08	-0,08	-0,23	-0,08	0,00	-0,15	0,00	0,00	-0,06
9,00	0,00	-0,08	-0,07	-0,23	-0,23	-0,15	0,01	-0,15	-0,15	0,08	-0,07	-0,07	-0,07	-0,23	0,00	-0,15	-0,10
9,50	0,15	-0,15	-0,07	-0,08	-0,08	-0,08	-0,06	0,00	-0,07	-0,07	0,00	-0,14	0,00	-0,23	-0,08	-0,08	-0,06
10,00	-0,08	-0,15	-0,23	-0,15	-0,15	-0,15	-0,01	-0,22	-0,07	-0,15	-0,15	-0,16	0,00	-0,30	-0,15	-0,23	-0,15
Niveaux / LT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	MOYENNES
Niveaux / LT	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf
2,00	0,00	-0,21	-0,05	-0,15	-0,10	-0,02	0,05	0,01	-0,05	0,00	0,10	0,05	0,05	-0,04	0,05	-0,05	-0,02
2,50	-0,01	0,00	-0,05	-0,02	0,04	-0,02	0,05	-0,15	0,05	0,02	0,05	-0,11	-0,04	-0,07	0,00	0,00	-0,02
3,00	0,08	-0,06	-0,01	0,10	0,10	-0,13	-0,06	-0,05	-0,06	0,03	-0,02	0,00	-0,07	0,11	-0,09	0,00	-0,01
3,50	0,00	-0,03	-0,06	0,00	-0,04	-0,07	-0,06	0,00	-0,06	0,18	0,13	0,07	0,09	0,03	-0,04	0,00	0,01
4,00	0,04	0,16	0,00	0,19	0,13	0,10	0,10	0,10	-0,24	0,15	0,10	0,10	0,10	0,24	0,10	0,06	0,09
4,50	0,14	0,12	0,06	0,14	0,27	0,00	0,08	0,16	0,19	0,08	0,17	0,02	0,10	0,30	0,22	0,02	0,13
5,00	0,15	0,27	0,14	0,23	0,16	0,16	-0,02	0,24	0,02	0,27	0,17	0,18	0,22	0,22	0,09	0,20	0,17
5,50	NaN	0,23	0,16	0,22	0,15	0,15	0,16	0,21	0,12	0,08	0,21	0,15	NaN	0,23	0,22	0,22	0,18
6,00	0,16	0,01	0,16	0,22	0,07	0,08	0,21	0,22	0,29	0,15	0,22	0,22	0,03	0,08	0,27	0,24	0,17
6,50	0,08	NaN	0,07	0,15	0,15	0,06	0,09	0,22	0,15	0,07	0,15	0,15	0,22	0,07	0,15	0,22	0,14
7,00	0,17	0,08	0,08	0,00	0,15	0,13	0,08	0,15	0,15	0,01	0,15	NaN	0,07	0,15	0,08	0,11	0,11
7,50	0,15	0,08	0,08	0,08	0,07	0,08	0,00	0,08	0,07	0,08	0,15	0,00	0,23	0,08	0,15	0,08	0,09
8,00	0,00	0,00	0,07	0,07	0,07	0,07	0,00	0,00	0,07	0,00	-0,08	0,08	0,07	-0,15	0,07	0,00	0,02
8,50	0,08	0,00	-0,08	-0,15	-0,07	0,00	0,00	0,00	-0,08	-0,08	-0,23	-0,08	0,00	-0,15	0,00	0,00	-0,05
9,00	0,00	-0,08	-0,07	-0,23	-0,23	0,00	0,01	-0,15	-0,15	0,08	-0,07	-0,07	-0,07	-0,23	0,00	-0,15	-0,09
9,50	0,15	-0,15	-0,07	-0,08	-0,07	-0,15	-0,06	0,00	-0,07	-0,07	0,00	-0,14	0,00	-0,23	-0,08	-0,08	-0,07
10,00	-0,08	-0,15	-0,23	-0,15	-0,15	-0,08	-0,01	-0,22	-0,07	-0,15	-0,15	-0,16	0,00	-0,30	-0,15	-0,23	-0,14

Figure 22 : Bilan des deux opérateurs grâce à la méthode 3D sur 16 échantillons. Mise en forme au PTG

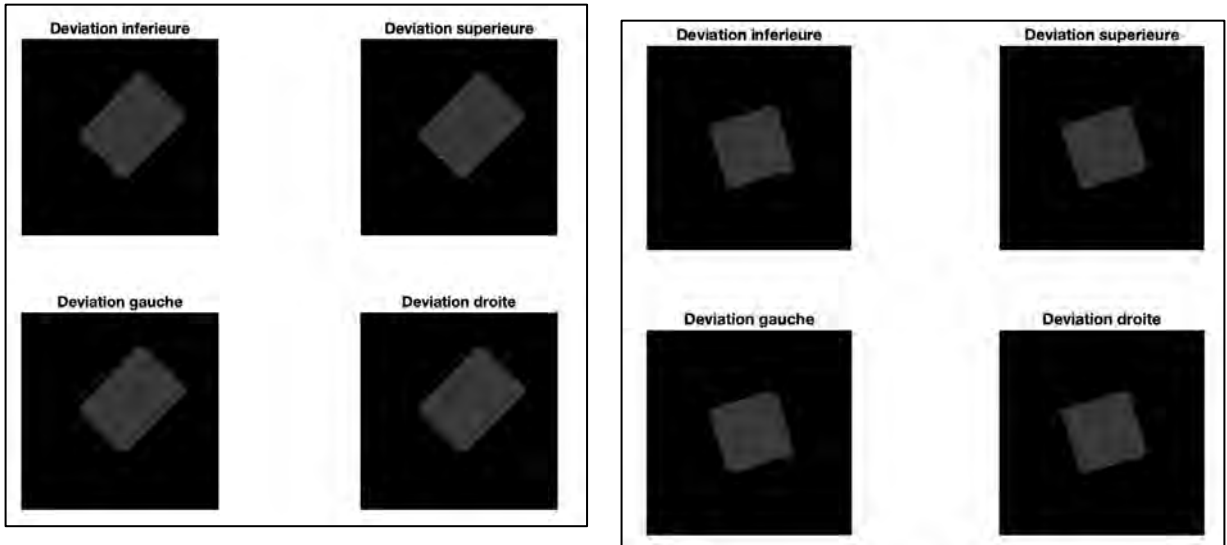


Figure 23 : Coupe horizontale du CBCT de l'échantillon 42 pré-opératoire à LT-2 (à gauche) et LT-5 (à droite), permettant le calcul de la déviation canalaire dans les 4 directions.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	MOYENNES
Niveaux / LT	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	
2,00	-0,11	NAN	-0,11	-0,16	-0,06	-0,10	-0,11	-0,11	-0,16	-0,05	-0,05	-0,27	-0,15	-0,11	-0,22	-0,16	-0,13
2,50	-0,11	NAN	-0,16	-0,16	-0,11	-0,11	-0,11	-0,11	-0,04	-0,12	-0,12	-0,16	0,00	-0,11	-0,07	-0,01	-0,10
3,00	-0,08	-0,10	-0,16	-0,04	0,02	0,04	-0,16	-0,07	0,02	0,00	0,00	-0,05	-0,06	0,02	-0,05	0,00	-0,04
3,50	-0,04	0,07	-0,11	0,00	0,14	0,38	-0,06	-0,09	0,10	0,10	0,20	0,17	0,06	0,10	0,20	0,06	0,08
4,00	-0,03	0,07	0,00	-0,07	0,45	0,31	0,01	-0,13	0,28	0,08	0,15	0,23	0,07	0,18	0,26	0,17	0,13
4,50	0,10	0,24	0,20	0,02	0,35	0,31	0,18	0,13	0,24	0,14	0,17	0,28	0,05	0,31	0,38	0,17	0,20
5,00	0,15	0,40	0,05	0,22	0,30	0,38	0,12	0,07	0,31	0,09	0,24	0,31	0,20	0,31	0,33	0,37	0,24
5,50	0,15	0,24	0,26	0,15	0,38	0,30	0,24	0,24	0,26	0,31	0,31	0,29	0,16	0,18	0,38	0,28	0,26
6,00	0,14	0,31	0,15	0,24	0,31	0,22	0,29	0,22	0,30	0,22	0,30	0,31	0,31	0,29	0,23	0,22	0,25
6,50	0,08	0,45	0,11	0,22	0,30	0,15	0,29	0,22	0,23	0,30	0,23	0,37	0,08	0,23	0,30	0,27	0,24
7,00	0,07	0,30	0,24	0,15	0,30	0,23	0,21	0,30	0,07	0,22	0,14	0,37	0,08	0,30	0,23	0,30	0,22
7,50	0,15	0,08	0,08	0,15	0,15	0,08	0,16	0,00	0,15	0,15	0,08	0,22	0,07	0,15	0,23	0,08	0,12
8,00	0,08	0,08	0,08	-0,07	-0,15	0,07	0,13	0,08	0,08	0,09	0,07	0,14	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06
8,50	0,00	0,00	0,00	0,15	-0,07	-0,15	0,07	0,08	0,08	0,01	0,00	-0,08	0,00	0,15	-0,08	0,01	-0,08
9,00	0,08	-0,23	-0,07	0,00	-0,08	-0,15	0,00	-0,07	-0,08	-0,08	-0,15	0,01	-0,07	0,00	0,00	-0,08	-0,06
9,50	-0,08	-0,15	-0,15	-0,08	-0,15	-0,29	-0,15	0,00	-0,23	-0,23	-0,15	0,00	-0,15	-0,21	-0,07	-0,14	-0,14
10,00	0,00	-0,23	-0,23	-0,15	-0,22	-0,08	-0,22	-0,12	-0,23	-0,08	-0,30	-0,28	-0,08	-0,30	-0,15	-0,08	-0,17

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	MOYENNES
Niveaux / LT	Dte/gche	Dte/gche	Dte/gche	Dte/gche	Dte/gche	Dte/gche	Dte/gche	Dte/gche	Dte/gche	Dte/gche	Dte/gche	Dte/gche	Dte/gche	Dte/gche	Dte/gche	Dte/gche	
2,00	-0,66	-0,10	0,00	-0,15	-0,11	-0,10	-0,10	0,11	-0,05	0,09	-0,11	0,02	-0,16	0,05	-0,05	0,00	-0,08
2,50	-0,05	-0,06	0,06	0,07	0,00	-0,08	0,05	0,00	-0,10	0,09	0,04	0,05	-0,05	-0,05	-0,04	0,12	0,00
3,00	0,00	0,10	-0,12	-0,12	0,04	-0,09	0,04	0,02	0,00	0,01	-0,09	0,00	0,00	-0,03	-0,17	0,00	-0,03
3,50	0,00	0,06	0,00	-0,04	-0,03	0,00	0,03	0,02	0,07	0,03	0,00	0,00	0,00	0,10	-0,07	0,17	0,02
4,00	0,10	0,00	-0,06	-0,03	0,14	0,03	0,06	-0,07	-0,03	-0,02	-0,02	0,06	0,04	0,15	0,01	0,12	0,04
4,50	0,09	0,08	-0,03	0,05	-0,06	0,04	0,04	-0,01	0,06	0,07	0,03	0,17	0,07	0,04	0,00	0,23	0,05
5,00	0,09	0,07	-0,03	-0,04	-0,07	0,04	0,03	0,06	0,08	0,11	-0,01	-0,02	-0,11	0,01	-0,03	0,14	0,02
5,50	0,11	0,00	0,07	-0,06	0,13	-0,12	0,00	0,09	0,03	0,09	-0,07	0,11	-0,04	-0,05	-0,03	0,03	0,02
6,00	0,14	0,12	-0,06	-0,07	-0,02	0,00	0,09	0,03	-0,13	0,06	-0,06	-0,11	0,15	0,03	-0,16	0,08	0,01
6,50	-0,15	0,01	0,09	0,06	-0,06	-0,15	-0,11	0,02	-0,07	0,07	-0,14	0,02	0,00	-0,16	-0,08	0,00	-0,04
7,00	0,00	-0,07	0,10	0,00	-0,01	-0,22	-0,05	0,08	-0,15	-0,08	-0,08	-0,02	0,06	-0,07	-0,14	-0,13	-0,05
7,50	0,00	0,08	0,07	-0,07	0,00	-0,29	-0,07	0,00	-0,08	-0,15	0,00	-0,08	0,00	-0,07	-0,15	-0,15	-0,06
8,00	-0,08	0,00	-0,08	-0,07	-0,15	-0,22	-0,01	0,15	-0,16	-0,15	-0,07	-0,15	0,22	-0,08	-0,08	-0,15	-0,07
8,50	0,08	-0,07	-0,07	0,00	-0,15	-0,15	-0,22	0,08	-0,07	-0,08	-0,15	-0,23	-0,07	-0,08	-0,37	-0,08	-0,10
9,00	0,00	-0,07	-0,15	-0,08	-0,07	-0,22	-0,08	-0,15	-0,38	0,07	-0,15	-0,15	-0,15	0,00	-0,23	-0,15	-0,13
9,50	0,00	0,00	-0,15	-0,07	-0,15	-0,22	-0,22	-0,01	-0,23	0,00	-0,15	-0,08	-0,15	-0,08	-0,22	0,00	-0,11
10,00	-0,15	-0,07	-0,07	-0,08	-0,15	-0,38	-0,16	-0,15	-0,08	-0,15	-0,15	-0,30	-0,15	0,00	-0,26	-0,08	-0,15

	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	MOYENNES
Niveaux / LT	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	Sup/Inf	
2,00	-0,03	-0,11	-0,11	-0,11	-0,21	-0,11	-0,15	-0,05	-0,11	-0,05	0,10	-0,06	-0,11	-0,16	-0,05	-0,09
2,50	-0,11	0,00	-0,11	-0,14	-0,05	-0,10	-0,05	-0,05	-0,11	-0,19	-0,11	0,02	-0,05	-0,11	-0,05	-0,08
3,00	0,00	-0,06	-0,13	-0,06	-0,06	0,02	-0,06	-0,12	-0,10	0,00	-0,07	0,07	-0,09	-0,05	0,06	-0,04
3,50	0,06	0,07	-0,12	0,03	-0,11	0,03	-0,10	0,03	0,06	0,13	0,06	0,28	-0,06	-0,10	0,07	0,02
4,00	0,21	0,09	0,07	-0,11	0,03	0,11	0,07	0,08	-0,07	0,10	0,20	0,31	0,10	0,06	0,25	0,10
4,50	0,09	0,13	0,24	0,09	0,17	0,24	0,11	0,04	0,09	0,03	0,08	0,33	0,19	0,15	0,31	0,15
5,00	0,22	0,35	0,10	0,00	0,22	0,24	0,32	0,03	0,07	0,17	0,20	0,43	0,24	0,20	0,29	0,20
5,50	0,15	0,22	0,24	0,23	0,29	0,23	0,25	0,25	0,16	0,16	0,07	0,46	0,17	0,23	0,30	0,23
6,00	0,30	0,23	0,36	0,23	0,22	0,31	0,14	0,16	0,21	0,21	0,16	0,38	0,15	0,41	0,15	0,24
6,50	0,23	0,18	0,29	0,16	0,37	0,23	0,29	0,22	0,00	0,07	0,20	0,10	0,30	0,23	0,28	0,21
7,00	0,08	0,28	0,07	0,15	0,15	0,30	0,21	0,30	0,08	0,00	-0,01	0,07	0,15	0,14	0,30	0,15
7,50	0,23	0,08	0,07	0,00	0,15	0,15	0,15	-0,08	-0,15	0,01	0,15	0,22	0,22	0,15	0,22	0,10
8,00	0,08	0,07	0,08	0,15	0,08	0,00	0,08	0,15	-0,07	-0,07	0,14	0,00	0,15	0,15	0,08	0,07
8,50	0,00	0,00	0,00	-0,08	0,00	0,00	0,08	0,08	0,00	0,07	0,08	0,00	0,07	0,14	0,08	0,03
9,00	0,00	-0,14	-0,02	0,00	0,00	-0,08	0,00	-0,08	-0,15	-0,15	-0,08	-0,15	0,00	0,07	0,00	-0,05
9,50	-0,15	-0,15	0,00	-0,15	0,00	-0,16	0,07	-0,23	-0,08	0,00	-0,07	-0,22	0,00	-0,06	-0,08	-0,08
10,00	-0,23	-0,23	-0,14	-0,15	-0,23	-0,15	0,00	0,00	-0,08	-0,07	-0,08	-0,30	0,00	-0,01	-0,07	-0,12

	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	MOYENNES
Niveaux / LT	Dte/gche	Dte/gche	Dte/gche	Dte/gche	Dte/gche	Dte/gche	Dte/gche	Dte/gche	Dte/gche	Dte/gche	Dte/gche	Dte/gche	Dte/gche	Dte/gche	Dte/gche	
2,00	-0,06	-0,06	-0,05	-0,01	-0,05	-0,11	-0,06	0,00	-0,11	-0,05	-0,10	-0,06	0,00	-0,16	-0,16	-0,07
2,50	-0,06	-0,09	0,10	-0,08	0,00	0,01	0,05	-0,10	-0,11	-0,08	0,00	-0,06	0,06	-0,15	-0,05	-0,04
3,00	0,16	0,00	-0,07	-0,13	0,09	0,08	-0,11	0,02	0,14	0,00	0,00	-0,02	-0,03	-0,18	-0,01	0,00
3,50	0,06	0,03	-0,04	-0,10	0,00	0,03	0,02	0,00	-0,10	0,03	0,04	0,00	0,00	-0,01	-0,10	-0,01
4,00	0,13	0,14	0,00	0,02	-0,04	0,16	-0,07	0,00	0,13	0,07	0,03	0,00	0,03	0,07	-0,06	0,04
4,50	-0,05	0,14	0,08	-0,07	-0,01	0,19	0,00	0,00	0,14	-0,07	-0,04	0,02	-0,05	0,10	-0,01	0,02
5,00	0,18	-0,06	0,07	0,00	0,02	0,07	0,00	-0,07	0,18	-0,05	0,06	-0,08	0,10	0,16	-0,03	0,04
5,50	-0,04	0,09	0,09	0,03	0,05	0,02	0,01	-0,01	0,04	0,05	0,01	-0,03	0,11	0,07	-0,08	0,03
6,00	-0,05	0,07	0,02	-0,01	-0,02	0,02	-0,03	0,04	-0,08	-0,07	-0,01	-0,02	0,18	0,02	-0,08	0,00

Tableau de moyennes pour Déviation axe
Effet : Vitesse * Niveau /LT * Intrument

	Nombre	Moyenne	Dév. Std.	Err. Std.
250 tr/mn, LT -2, RSPlus	14	116,564	47,848	12,788
250 tr/mn, LT -2, PTG	16	63,296	54,831	13,708
250 tr/mn, LT -2,5, RSPlus	15	99,575	49,468	12,773
250 tr/mn, LT -2,5, PTG	16	42,407	40,695	10,174
250 tr/mn, LT -3, RSPlus	16	54,331	50,220	12,555
250 tr/mn, LT -3, PTG	16	61,166	40,146	10,036
250 tr/mn, LT -3,5, RSPlus	15	99,069	57,977	14,970
250 tr/mn, LT -3,5, PTG	16	54,507	49,008	12,252
250 tr/mn, LT -4, RSPlus	15	135,815	100,490	25,946
250 tr/mn, LT -4, PTG	16	118,428	64,783	16,196
250 tr/mn, LT -4,5, RSPlus	16	203,496	105,448	26,362
250 tr/mn, LT -4,5, PTG	16	129,811	87,067	21,767
250 tr/mn, LT -5, RSPlus	15	229,689	111,253	28,725
250 tr/mn, LT -5, PTG	16	171,548	76,525	19,131
250 tr/mn, LT -5,5, RSPlus	15	253,942	73,719	19,034
250 tr/mn, LT -5,5, PTG	14	178,994	46,490	12,425
250 tr/mn, LT -6, RSPlus	15	251,303	57,649	14,885
250 tr/mn, LT -6, PTG	16	165,032	87,389	21,847
250 tr/mn, LT -6,5, RSPlus	15	225,864	86,134	22,240
250 tr/mn, LT -6,5, PTG	15	135,605	56,699	14,640
250 tr/mn, LT -7, RSPlus	16	220,891	92,467	23,117
250 tr/mn, LT -7, PTG	15	106,601	54,507	14,074
250 tr/mn, LT -7,5, RSPlus	16	123,804	59,718	14,930
250 tr/mn, LT -7,5, PTG	16	89,965	56,283	14,071
250 tr/mn, LT -8, RSPlus	16	90,642	28,718	7,180
250 tr/mn, LT -8, PTG	16	51,183	44,541	11,135
250 tr/mn, LT -8,5, RSPlus	16	58,133	57,758	14,439
250 tr/mn, LT -8,5, PTG	16	61,562	67,711	16,928
250 tr/mn, LT -9, RSPlus	16	71,483	64,564	16,141
250 tr/mn, LT -9, PTG	16	99,244	80,056	20,014
250 tr/mn, LT -9,5, RSPlus	16	143,969	82,060	20,515
250 tr/mn, LT -9,5, PTG	16	88,335	61,200	15,300
250 tr/mn, LT -10, RSPlus	16	169,931	91,893	22,973
250 tr/mn, LT -10, PTG	16	141,230	80,190	20,047

Figure 25. Résultats obtenus pour le PTG et REVOS+ à 250 tours/minute

400 tr/mn, LT -2, RSPlus	15	100,257	47,988	12,391
400 tr/mn, LT -2, PTG	15	83,599	78,625	20,301
400 tr/mn, LT -2,5, RSPlus	15	83,364	49,732	12,841
400 tr/mn, LT -2,5, PTG	15	76,863	58,296	15,052
400 tr/mn, LT -3, RSPlus	15	64,145	38,452	9,928
400 tr/mn, LT -3, PTG	13	61,152	45,519	12,625
400 tr/mn, LT -3,5, RSPlus	15	87,715	61,544	15,891
400 tr/mn, LT -3,5, PTG	15	65,202	38,122	9,843
400 tr/mn, LT -4, RSPlus	14	109,887	64,290	17,182
400 tr/mn, LT -4, PTG	14	87,229	49,816	13,314
400 tr/mn, LT -4,5, RSPlus	15	152,153	91,443	23,610
400 tr/mn, LT -4,5, PTG	16	27,992	29,788	7,447
400 tr/mn, LT -5, RSPlus	14	196,684	118,276	31,611
400 tr/mn, LT -5, PTG	16	57,246	43,039	10,760
400 tr/mn, LT -5,5, RSPlus	13	208,710	63,097	17,500
400 tr/mn, LT -5,5, PTG	16	64,473	47,717	11,929
400 tr/mn, LT -6, RSPlus	14	231,049	85,773	22,924
400 tr/mn, LT -6, PTG	16	75,468	61,738	15,434
400 tr/mn, LT -6,5, RSPlus	15	209,151	96,484	24,912
400 tr/mn, LT -6,5, PTG	16	75,837	72,167	18,042
400 tr/mn, LT -7, RSPlus	15	152,828	103,729	26,783
400 tr/mn, LT -7, PTG	16	46,972	36,073	9,018
400 tr/mn, LT -7,5, RSPlus	15	134,866	74,613	19,265
400 tr/mn, LT -7,5, PTG	16	75,378	54,707	13,677
400 tr/mn, LT -8, RSPlus	15	90,076	49,600	12,807
400 tr/mn, LT -8, PTG	16	99,311	64,828	16,207
400 tr/mn, LT -8,5, RSPlus	15	44,533	45,975	11,871
400 tr/mn, LT -8,5, PTG	16	70,775	50,835	12,709
400 tr/mn, LT -9, RSPlus	15	61,186	62,021	16,014
400 tr/mn, LT -9, PTG	16	93,339	69,524	17,381
400 tr/mn, LT -9,5, RSPlus	15	94,293	77,831	20,096
400 tr/mn, LT -9,5, PTG	16	102,011	71,792	17,948
400 tr/mn, LT -10, RSPlus	15	115,085	96,526	24,923
400 tr/mn, LT -10, PTG	16	80,158	69,582	17,396

Figure 26. Résultats obtenus pour le PTG et REVOS+ à 400 tours/minute

VALIDATION DE LA MÉTHODE CBCT ET ANALYSE DU RESPECT DE L'ANATOMIE CANALAIRE : ProTaper Gold vs REVOS+

RESUMÉ EN FRANÇAIS :

Les instruments endodontiques ont largement évolué lors des dernières décennies. Si aujourd'hui, la plupart sont en Nickel-Titane et traitées thermiquement pour plus de flexibilité, ça n'est pas le cas des instruments précédents, en acier ou en Ni-Ti classique. Le but de l'étude est d'analyser la déviation canalaire de ces instruments Ni-Ti thermoformés.

Premièrement, la méthode d'analyse de la trajectoire par CBCT sera comparée à la méthode d'analyse utilisée aujourd'hui, par photographies et superpositions et considérée comme plus performante. Des simulateurs de canal en forme de J sont préparés à la lime 15 puis au ProTaper Gold. La déviation canalaire est mesurée grâce à la méthode 2D et 3D.

Ensuite, la méthode par CBCT sera appliquée à la comparaison de deux instruments le REVOS+ et le ProTaper Gold afin d'étudier les déviations canalaires et la trajectoire canalaire préparée sur des simulateurs équivalents à la première étude. La vitesse est un facteur influant sur la déviation. Après analyse le REVOS+ présente une déviation légèrement supérieure au PTG, le test PLSD de Fisher le confirme.

CBCT METHOD VALIDATION AND CANAL ANATOMY RESPECT ANALYSIS : ProTaper Gold vs REVOS+

DISCIPLINE ADMINISTRATIVE : Chirurgie dentaire

MOTS-CLÉS : Endodontie, Déviation canalaire, CBCT, ProTaper Gold, REVOS+

INTITULÉ ET ADRESSE DE L'UFR OU DU LABORATOIRE :

Université Toulouse III-Paul Sabatier
Faculté de santé – Département d'Odontologie, 3 chemin des Maraîchers
31062 Toulouse Cedex 09

DIRECTEUR DE THÈSE : Pr Franck DIEMER