



**HAL**  
open science

## Intérêt des instruments de Glide Path dans la préparation canalaire

William Hamman

► **To cite this version:**

William Hamman. Intérêt des instruments de Glide Path dans la préparation canalaire. Sciences du Vivant [q-bio]. 2021. hal-03298288

**HAL Id: hal-03298288**

**<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-03298288>**

Submitted on 23 Jul 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



## AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : [ddoc-thesesexercice-contact@univ-lorraine.fr](mailto:ddoc-thesesexercice-contact@univ-lorraine.fr)

## LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

[http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg\\_droi.php](http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php)

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

**ACADÉMIE DE NANCY-METZ**  
**UNIVERSITÉ DE LORRAINE**  
**FACULTÉ D'ODONTOLOGIE**

Année 2021

No 11563 C

---

**THÈSE**

pour le

**DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE**

par

**William HAMMAN**

**INTÉRÊT DES INSTRUMENTS DE *GLIDE PATH* DANS LA  
PRÉPARATION CANALAIRE**

Né le 16 octobre 1994 à Mulhouse (Haut-Rhin)

Présentée et soutenue publiquement le 15/01/2021

**Examineurs de la thèse :**

Président :

Pr. É. MORTIER

Membre :

Dr. R. GIESS

Invité :

Dr G. BAGARD

Directeurs de thèse :

Dr. R. BALTHAZARD

Dr. M. VINCENT

Par délibération en date du 11 décembre 1972, la Faculté de Chirurgie Dentaire arrête que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.



Président : Professeur Pierre **MUTZENHARDT**

Doyen : Professeur Jean-Marc **MARTRETTE**

Vice-Doyens : Dr Céline CLEMENT – Dr Rémy BALTHAZARD – Dr Anne-Sophie VAILLANT

Membres Honoraires : Dr L. BABEL – Pr. S. DURIVAUX – Pr A. FONTAINE – Pr G. JACQUART – Pr D. ROZENCWEIG - Pr ARTIS

Doyens Honoraires : Pr J. VADOT, Pr J.P. LOUIS

<b>Département odontologie pédiatrique</b> <b>Sous-section 56-01</b>	Mme <a href="#">JAGER Stéphanie</a>	Maître de conférences *
	M. PREVOST Jacques	Maître de conférences
	Mme HERNANDEZ Magali	Maître de conférences *
	Mme HILT Léa	Assistante
<b>Département orthopédie dento-faciale</b> <b>Sous-section 56-01</b>	Mme HOMBOURGER Morgane	Assistante
	M. <a href="#">VANDE VANNET Bart</a>	Professeur des universités *
	Mme SENG Marilyne	Assistante *
	Mme TRAN Mai-Linh	Assistante
<b>Département prévention, épidémiologie, économie de la santé, odontologie légale</b> <b>Sous-section 56-02</b>	Mme <a href="#">CLÉMENT Céline</a>	Maître de conférences *
	M. BAUDET Alexandre	Assistant *
	Mme CAIONE Mariette	Assistante
	M. <a href="#">AMBROSINI Pascal</a>	Professeur des universités *
<b>Département parodontologie</b> <b>Sous-section 57-01</b>	Mme BISSON Catherine	Maître de conférences *
	M. JOSEPH David	Maître de conférences *
	M. LACH Patrick	Assistant
	Mme ROCCHI Léa	Assistante
	M. VEYNACHTER Thomas	Assistant *
	Mme <a href="#">GUILLET-THIBAUT Julie</a>	Maître de conférences *
<b>Département chirurgie orale</b> <b>Sous-section 57-01</b>	M. BRAVETTI Pierre	Maître de conférences
	Mme KICHENBRAND Charlène	Maître de conférences *
	Mme PHULPIN Bérengère	Maître de conférences *
	M. CHAPUIS Hippolyte	Assistant*
	M. CLERC Sébastien	Assistant*
	Mme DE VERBIZIER Charlotte	Assistante
<b>Département biologie orale</b> <b>Sous-section 57-01</b>	M. <a href="#">YASUKAWA Kazutoyo</a>	Maître de conférences *
	M. MARTRETTE Jean-Marc	Professeur des universités *
	Mme EGLOFF-JURAS Claire	Maître de conférences *
	M. LOISON-ROBERT Ludwig	Maître de conférences *
<b>Département dentisterie restauratrice, endodontie</b> <b>Sous-section 58-01</b>	M. <a href="#">MORTIER Éric</a>	Professeur des universités *
	M. ENGELS-DEUTSCH Marc	Professeur des universités *
	M. AMORY Christophe	Maître de conférences
	M. BALTHAZARD Rémy	Maître de conférences *
	M. VINCENT Marin	Maître de conférences*
	Mme DAVRIL Jeanne	Assistante
	M. GIESS Renaud	Assistant *
	M. GRABER Clément	Assistant
<b>Département prothèses</b> <b>Sous-section 58-01</b>	M. <a href="#">DE MARCH Pascal</a>	Maître de conférences
	Mme CORNE Pascale	Maître de conférences *
	M. SCHOUVER Jacques	Maître de conférences
	Mme VAILLANT Anne-Sophie	Maître de conférences *
	M. CIESLAK Steve	Assistant
	Mme GERBER Caroline	Assistante *
	Mme PRINTZ Elodie	Assistante
	M. SYDA Paul-Marie	Assistant
	Mme WILK Sabine	Assistante
M. HIRTZ Pierre	Enseignant universitaire	
<b>Département fonction-dysfonction, imagerie, biomatériaux</b> <b>Sous-section 58-01</b>	Mme <a href="#">STRAZIELLE Catherine</a>	Professeur des universités *
	Mme MOBY (STUTZMANN) Vanessa	Maître de conférences *
	M. SALOMON Jean-Pierre	Maître de conférences
	Mme JANTZEN-OSSOLA Caroline	Assistante associée

Souligné : responsable de département \* temps plein

Mis à jour le 21/09/2020

## Remerciements aux membres du jury

**À NOTRE PRÉSIDENT DE JURY,**

**Monsieur le Professeur Éric MORTIER**

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur de l'université Henri Poincaré en physique-chimie de la matière et des matériaux

Habilité à diriger des recherches

Professeur des Universités - Praticien Hospitalier

Responsable du département de dentisterie restauratrice, endodontie

Chef du service d'odontologie du CHRU de Nancy

*Vous nous faites l'honneur de présider notre jury, veuillez trouver ici toute notre gratitude.*

*Nous vous remercions pour l'intérêt que vous avez porté à ce travail, pour la qualité de vos enseignements cliniques et théoriques, vos conseils et votre sympathie.*

*Veuillez trouver ici l'expression de notre reconnaissance et notre respect.*

**À NOTRE CODIRECTEUR DE THÈSE,**

**Monsieur le Docteur Rémy BALTHAZARD**

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur de l'Université de Lorraine en sciences des matériaux

Lauréat de l'Académie Nationale de Chirurgie Dentaire

Maître de Conférences – Praticien Hospitalier

Vice-Doyen de la faculté d'odontologie de Lorraine

*Nous vous remercions d'avoir codirigé ce travail,*

*Nous vous remercions pour votre implication, votre patience et votre soutien dans  
l'élaboration de travail,*

*Nous vous remercions chaleureusement pour la qualité de vos enseignements  
cliniques et théoriques, vos précieux conseils au sein du département d'endodontie,  
odontologie conservatrice,*

*Veillez trouver ici l'expression de notre reconnaissance et de notre respect.*

**À NOTRE CODIRECTEUR DE THÈSE,**

**Monsieur le Docteur Marin VINCENT**

Docteur en Chirurgie Dentaire

Maître de Conférences – Praticien Hospitalier

Docteur de l'Université de Lorraine en mécanique et énergétique

*Nous vous remercions d'avoir codirigé ce travail,*

*Nous vous sommes extrêmement reconnaissant pour votre aide et votre soutien  
dans la rédaction de ce travail,*

*Qu'il vous soit témoigné de notre profonde reconnaissance pour les connaissances  
que vous nous avez apporté.*

*Nous vous remercions pour votre grande bienveillance, votre écoute et votre  
gentillesse,*

*Veillez trouver ici le témoignage de notre estime et de nos remerciements les plus  
sincères.*

**À NOTRE JUGE,**

**Monsieur le Docteur Renaud GIESS**

Docteur en Chirurgie Dentaire

Assistant Hospitalo-Universitaire

*Je vous remercie pour l'honneur que vous nous faites d'assister à ce jury de Thèse.*

*Nous vous remercions pour vos précieux conseils durant notre cursus.*

*Que ce travail soit l'occasion pour nous de vous témoigner toute notre estime.*

**À NOTRE JUGE,**

**Monsieur le Docteur Guillaume BAGARD**

Docteur en Chirurgie Dentaire

*Nous vous remercions chaleureusement d'avoir si spontanément accepté d'assister  
à ce jury.*

*Nous vous remercions pour vos conseils durant nos études, et pendant les jours  
travaillés partagés au sein de votre cabinet.*

*Que ce travail soit l'occasion pour nous de vous témoigner toute notre gratitude et  
notre amitié.*

## **Autres remerciements**

**À mes parents**, merci pour votre éducation, votre amour et d'avoir tout fait pour que je puisse en arriver là aujourd'hui.

**À mon père**, merci de me transmettre la passion des bonnes choses.

**À ma mère**, merci de garder pour toi le secret du gâteau-pont !

**Zu meinem Bruder**, Behandeln ! Ein kleines Pint ? Wir treffen uns auf der Passhöhe ! Und vielen dank für dein Excel-Kenntnisse.

**À ma sœur**, le moment est venu d'ouvrir ton 3<sup>ème</sup> œil.

**À ma Famille, mes cousins, cousines.**

**À Claire** ma p'tite femme comme j'ai plaisir à t'appeler. Merci d'être là depuis tout ce temps et de faire de moi la meilleure version possible. Il me tarde d'écrire les prochaines pages de notre histoire, je t'aime.

**À Fred, MH et Flo**, merci pour votre accueil à bras ouverts au sein de la belle famille, et bien entouré avec **Gautier, Lulu**, la petite **Ambre** et **Aymeric**.

**À Henri et Simon** Les deux mégas, vous êtes là depuis le plus longtemps. Même si la vie nous a fait prendre des chemins différents et nous éloigne encore un peu géographiquement je suis content de vous avoir toujours auprès de moi et de vous retrouver quand la situation le permet ! Je vous souhaite le meilleur !

#### **Aux Butors :**

**Simon** Premier Lord Docteur, merci pour ces belles années, tous nos moments partagés, ces vanes de mauvais goûts et ta gentillesse. Vis tes rêves S'mon !

**Geget** L'homme qui donne goût au café, incroyable ! Merci pour ces belles années, ta bonne humeur, ces apéros, ces superbes gardes. A bientôt dans ta nouvelle maison pour le prochain heureux évènement !

**Gui** Butor de la première heure et comme pas deux, fier co-fondateur de notre belle CDC. Je te remercie pour la qualité de nos échanges et pour ces belles années.

**Arnaldo** Oyea ! Broyea regarde maman sans les mains, c'est le moment où je te remercie pour ces tags intempestifs, la recherche de la blague du jour et la surenchère permanente jusqu'à trouver les plus mauvaises. Je te souhaite le meilleur dans ta vie de bohème ! Oyea !

Vous serez toujours les bienvenus et prenez soin de vos p'tites femmes.



**À Mathias**, Au plus FIT des frères de faluche, merci pour cette belle épopée durant nos études, tous ces verres partagés et ton hébergement pendant nos gardes. Bon courage pour la suite dans le bordelais pour garder ton objectif fit mais je ne m'inquiète pas trop pour ça avec la richesse du terroir local !

**À Cec'**, un remerciement à base de POPOPOPOOOP tu connais après m'avoir devancé sur ce rythme qui a animé nos vacances à Brab's Chantal mouhaha! Merci pour tous ces bons moments.

**À Toto**, jeune praticien, grand botaniste et motard aguerri, que de talent ! A bientôt pour une balade !

**À Philou**, recrue de choix dans la CDC, prends soin de la toison et à très vite sur 2 roues !

**À Gomar et MC**, Bonjourno, c'est les coulevres, merci d'avoir égaillé ce stage à Metz riche en vanes de qualité ! Bises

**À Camut et Robs**, vous avez bien choisi votre parrain les gars, je suis content de vous avoir entraîné dans cette belle tradition estudiantine, bonne continuation à vous.

**À Élise**, Non ergo est de daemonium

**À Benzob**, grand joueur de Perudo, je te souhaite bon courage pour la suite du sujet !

**À vous**, qui avez été présents, pour une bière (ou deux), pour des belles histoires, pour tout durant ce beau parcours **Alexis et Camille, Pierre et Marine, Léa H, Raph etc ...** Merci.

**À Marin**, merci pour tout ce que tu m'as apporté, je suis heureux d'avoir terminé aussi tard tous ces vendredis dans cette si bonne humeur partagée avec **Mathilde**.

**À Guillaume** un peu moins formel, **et Olivier**, toujours de bons conseils, de bonnes anecdotes, de choses à montrer et à partager, merci pour votre confiance et votre sympathie, et merci à toute l'équipe du cabinet pour leur accueil.

**À Christophe**, Merci pour votre accueil au sein du cabinet et votre sympathie.

## Sommaire

<i>Introduction</i> .....	<b>17</b>
<b>1</b> <i>Le Glide Path en Endodontie</i> .....	<b>18</b>
<b>2</b> <i>Les instruments de Glide Path</i> .....	<b>21</b>
<b>3</b> <i>Étude de l'influence de différents instruments de Glide Path sur la mise en forme canaulaire</i> .....	<b>42</b>
<i>Conclusion</i> .....	<b>74</b>

## Liste des figures

Figure 1. Séquence instrumentale des limes Scout RaCe ® (Source : <a href="http://www.FKG.ch">www.FKG.ch</a> ). .....	21
Figure 2. Séquence instrumentale des limes Race iso 10 ® (Source : <a href="http://www.FKG.ch">www.FKG.ch</a> ). .....	22
Figure 3. Séquence instrumentale des limes Path File ® (Source : <a href="http://www.medicaexpo.fr">www.medicaexpo.fr</a> ). .....	23
Figure 4. Séquence instrumentale des limes G-Files (Source : <a href="http://www.dentalclick.fr">www.dentalclick.fr</a> ). .....	24
Figure 5. Séquence instrumentale des limes Mtwo ® (Source : <a href="http://www.medicaexpo.fr">www.medicaexpo.fr</a> ). .....	25
Figure 6. Séquence instrumentale des limes X-Plorer™ Canal Navigation Files (Source : <a href="https://clinicianschoice-">https://clinicianschoice-</a> .....)	26
Figure 7. Séquence instrumentale des limes EndoWave MGP « mechanical Glide Path » (Source : <a href="http://www.jmoritaeurope.de">www.jmoritaeurope.de</a> ). .....	27
Figure 8. Séquence instrumentale des limes PRE-SAF (Source : <a href="http://www.redentnova.com">www.redentnova.com</a> ). .....	28
Figure 9. Séquence instrumentale des limes V Glide Path 2 (Source : <a href="http://www.sswhitedental.com">www.sswhitedental.com</a> ). .....	29
Figure 10. Lime de rotation continue One G ® (Source : <a href="http://www.micro-mega.com">www.micro-mega.com</a> ). .....	30
Figure 11. Lime de rotation continue ProGlider ® (Source : <a href="http://www.dentclues.com">www.dentclues.com</a> ). .....	31
Figure 12. Lime de rotation continue Path Glider ® 15/.03 (Source : <a href="http://www.dentaltix.com">www.dentaltix.com</a> ). .....	32
Figure 13. Lime de rotation continue Path Glider ® 20/.03 (Source : <a href="http://www.dentaltix.com">www.dentaltix.com</a> ). .....	32
Figure 14. Lime de rotation continue EdgeGlidePath™ (Source : <a href="http://www.edgeendo.ca">www.edgeendo.ca</a> ). .....	33
Figure 15. Lime de rotation continue HyFlex™ EDM : Glide Path file 10/.05 (Source : <a href="http://www.dentalsky.com">www.dentalsky.com</a> ). .....	34
Figure 16. Lime de rotation continue HyFlex™ EDM : Glide Path file 15/.03 (Source : <a href="http://www.dentalsky.com">www.dentalsky.com</a> ). .....	35
Figure 17. Lime de rotation continue AlphaKite® (Source : <a href="http://www.komet-endo.com">www.komet-endo.com</a> ). .....	36
Figure 18. Lime de rotation continue Isi - OPEN® (Source : <a href="http://www.pro.pred.fr">www.pro.pred.fr</a> ). .....	37
Figure 19. Lime de rotation continue TruNatomy Glider® (Source : <a href="http://www.medicaexpo.fr">www.medicaexpo.fr</a> ). .....	38

Figure 20. Lime de rotation continue Traverse™ (Source : www.kerrdental.com). ...	39
Figure 21. Lime en Réciprocité R-Pilot® (Source : www.vdw-dental.com).....	40
Figure 22. Lime en Réciprocité Wave One Gold Glider® (Source : www.dentsplysirona.com). .....	41
Figure 23. Bloc en résine Dentsply Sirona (Source : document personnel). .....	43
Figure 24. Microscope digital Dino-Lite sur support (Source : document personnel).	45
Figure 25. Banc d'essai pour le passage des instruments (Source : document personnel).....	46
Figure 26. Cellule de force montée sur le banc d'essai (Source : document personnel).....	46
Figure 27. Lime montée sur le contre-angle en rotation dans un bloc en résine (Source : document personnel).....	47
Figure 28. Programme du banc d'essai pour le passage des limes (Source : document personnel). .....	48
Figure 29. Photos seuillées avant <i>Glide Path</i> en rouge, après en noir et après mise en forme en vert (Source : document personnel). .....	52
Figure 30. Superposition des photos avant et après <i>Glide Path</i> (à gauche) et après <i>Glide Path</i> et mise en forme (à droite) (Source : document personnel).....	53
Figure 31. Graphique des forces en pénétration/retrait des limes de <i>Glide Path</i> (Source : document personnel).....	55
Figure 32. Graphique des forces en pénétration/retrait des limes de mise en forme (Source : document personnel).....	56
Figure 33. Graphiques des déviations de trajectoire après <i>Glide Path</i> (Source : Document personnel).....	60
Figure 34. Graphiques des déviations de trajectoire après mise en forme (Source : Document personnel).....	61

## Liste des tableaux

Tableau 1. Tableau récapitulatif des différentes limes utilisées dans l'étude avec la vitesse et le torque issue des données fabricants. ....	44
Tableau 2. Protocole de pénétration/retrait de 7,5 à 11,5 mm.....	49
Tableau 3. Protocole de pénétration/retrait de 11,5 à 13,5 mm.....	50
Tableau 4. Protocole de pénétration/retrait de 13,5 à 15,5 mm.....	51
Tableau 5. Valeurs théoriques et mesurées pour le <i>Glide Path</i> manuel et pour la mise en forme avec le One Curve. ....	63
Tableau 6. Valeurs théoriques et mesurées pour le <i>Glide Path</i> avec le One G et pour la mise en forme au One Curve. ....	64
Tableau 7. Valeurs théoriques et mesurées pour le <i>Glide Path</i> avec le ProGlider puis la mise en forme au One Curve. ....	65
Tableau 8. Valeurs théoriques et mesurées pour le <i>Glide Path</i> avec le HyFlex puis la mise en forme au One Curve.....	66
Tableau 9. Valeurs théoriques et mesurées pour les blocs avec AlphaKite puis la mise en forme au One Curve.....	67

## Introduction

L'endodontie repose sur la prévention ou la guérison de lésions péri-radicales d'origine endodontique (LIPOE) (West, 2008). Pour se faire, l'ensemble du système endo-canalair doit être préparé mécaniquement, nettoyé et désinfecté avant d'être obturé de façon tridimensionnelle. Plus précisément, le traitement endodontique consiste en grande partie en l'élimination des micro-organismes pathogènes, de la pulpe inflammée ou nécrosée, du biofilm bactérien et des boues dentinaires (West, 2008).

Selon West (2006), toute dent endodontiquement atteinte peut être sauvée de façon prévisible si le système canalair peut être scellé de façon chirurgicale ou non, si la dent est parodontalement saine ou peut être assainie, et si la dent est restaurable.

Le *Glide Path* va contribuer à cette réussite, il est le premier élément essentiel de la préparation radiculaire.

Le *Glide Path* est un terme dérivé de l'aviation qui décrit à l'origine l'approche d'un avion au moment de l'atterrissage qui doit être « lisse » et « sans effort » (G. Plotino, Endoacadémie 2019). Historiquement, le *Glide Path* a été décrit par John D West en 2001 dans la revue *Dental Today* dans son article *Finishing: the essence of exceptional endodontics* (West, 2001).

En odontologie le *Glide Path* se définit par l'obtention d'un « tunnel radiculaire » lisse de l'entrée du canal jusqu'au foramen apical. Son plus faible diamètre étant celui d'une lime K de 10/100 de millimètre (West, 2010).

Le *Glide Path* aussi appelé « pré-élargissement » par certains auteurs apporte un gain de temps considérable sur l'ensemble de l'acte endodontique, temps rendu entre autres à la désinfection canalair. Il permet de sécuriser et de simplifier notre exercice en facilitant le passage des instruments de mise en forme et en diminuant les risques de butées, faux canaux et bris instrumentaux tout en conservant la trajectoire originelle du canal.

Notre travail a pour objectif, après un rapide rappel des notions de *Glide Path* en endodontie et une présentation des principaux instruments, d'étudier l'influence des instruments de *Glide Path* mécanisés sur la préparation canalair.

# 1 Le *Glide Path* en Endodontie

Le *Glide Path*, (*Glide* signifiant toboggan et *Path* le passage) peut être assimilé à la négociation ou à l'exploration canalaire initiale ou encore à un pré-élargissement du canal (Plotino, 2019). Son but est de s'assurer de l'existence d'une perméabilité canalaire de l'orifice d'entrée jusqu'à la constriction apicale tout en préservant au mieux l'anatomie canalaire (West, 2010, Bürklein et Schäfer, 2013). Cette étape est primordiale pour les canaux présentant une forte courbure, là où le praticien peut être confronté à des difficultés opératoires pouvant compromettre la réussite du traitement endodontique (Jafarzadeh et Abbott, 2007).

De manière générale, l'exploration initiale du canal est menée avec des limes K de 8 ou 10/100 de millimètre qui doivent atteindre la longueur de travail sans effort et de façon reproductible. Cette étape est indispensable et permet d'avoir un ressenti tactile ainsi que d'acquérir des informations sur l'anatomie canalaire (Plotino, 2019).

L'exploration initiale est cependant à distinguer du pré-élargissement canalaire qui est entrepris pour réduire le risque de blocage et de rupture par torsion des instruments de mise en forme. Il est obtenu avec des limes manuelles de 15, 20/100 ou encore avec des instruments mécanisés adaptés pour élargir le canal afin de minimiser les contraintes sur la pointe des premiers instruments de mise en forme (West, 2010 ; Plotino, 2019).

Effectivement, les limes en Nickel-Titane (NiTi) mécanisées communément appelées lime de *Glide Path* sont en réalité des limes de pré-élargissement canalaire puisque leur utilisation est recommandée après avoir atteint l'apex avec une lime de 8-10/100 dans les cas de canaux courbes ou étroits pour faciliter le passage des limes de mise en forme (West, 2010 ; Plotino, 2019). Il apparaît donc comme inapproprié de comparer des limes manuelles en acier inoxydable avec des limes mécanisées en Nickel-Titane qui présentent généralement une taille et une conicité plus importante (Plotino et coll, 2020).

Comme mentionné plus haut, le *Glide Path* peut être réalisé soit manuellement avec des limes en acier de faible diamètre (10-15/100 de millimètre) et conicité (2%) pré-courbées soit à l'aide d'instruments mécanisés en NiTi. En comparaison aux limes en NiTi, l'utilisation de limes en acier présentent quelques inconvénients comme une résistance à la flexion plus importante, une procédure opératoire longue et des



résultats opérateur dépendants. De plus, dès 20/100 de millimètre, les limes sont trop rigides et imposent leur forme au canal (Plotino, 2019). Une procédure mal maîtrisée associée au manque de flexibilité et à une absence ou un manque de pré-courbure des limes en acier peut donc engendrer des erreurs opératoires : déplacement du foramen apical, bouchons apicaux, perte de longueur, etc. Plus la trajectoire canalaire est courbe et plus il est compliqué de la maintenir (Song et coll, 2004).

Les limes mécanisées en NiTi ont été développées pour répondre à cette problématique, il en existe une multitude. Elles sont beaucoup plus flexibles et plus résistantes à la torsion et à la fatigue que les limes manuelles en acier (Gambill et coll, 1996 ; Nakagawa et coll, 2004). De nombreuses études ont montré un net avantage du « cathétérisme mécanisé » par rapport au cathétérisme manuel sur le maintien de l'anatomie canalaire dans le cas de fortes courbures (Gergi et coll, 2010). D'un point de vue ergonomique, l'efficacité des instruments de *Glide Path* en NiTi apporte au praticien un gain de temps et de reproductibilité associée à plus de confort et de sécurité. Du côté du patient, cela réduirait les sensibilités post-opératoires objectivées par une diminution de la prise d'antalgique (Pasqualini et coll, 2012 ; Keskin et coll, 2019 ; Adigüzel et coll, 2019).

Le *Glide Path* se divise en deux voire trois étapes, la première consiste à identifier les entrées canalaires dont la localisation peut différer selon les variations anatomiques spécifiques à la dent. La seconde est de suivre le canal jusqu'à l'apex et de déterminer la longueur de travail. Plusieurs techniques peuvent être adoptées : estimation et détermination radiographique, sensibilité tactile, localisation électronique (West, 2006). La troisième étape intervient uniquement lorsqu'il n'est pas possible d'atteindre la longueur de travail (obstruction apicale, défaut d'angle d'incidence de la lime ou encore contrainte coronaire importante). Cette étape repose sur la réalisation de mouvements type *follow smooth balance* et *d'enveloppe* réalisés à l'aide des limes manuelles (West, 2010), parallèlement à une irrigation abondante à l'hypochlorite de sodium. Lorsque ce *Glide Path* est correctement mené, il permettra de diminuer la survenue des risques per-opératoires lors de la mise en forme canalaire (West, 2006 ; Kumar et Sarthaj, 2017) et une obturation tridimensionnelle optimisée (Kumar et Sarthaj, 2017). Ainsi, le *Glide Path* favorise un

acte endodontique plus sûr et reproductible et permet de réduire le risque d'erreurs opératoires.

Les principaux avantages des instruments de *Glide Path* en NiTi sont :

- Une diminution du temps opératoire (D'Amaris et coll, 2013 ; Jonker et coll, 2014 ; Han et coll, 2018) ;
- Une réduction du risque de création de butées, faux canaux ou déplacements apicaux (West, 2006 ; Kumar et Sarthaj, 2017) ;
- Un maintien de l'anatomie canalaire originale (Hartmann, 2018) ;
- Une diminution de la fatigue de l'opérateur (Cassim et van der Vyver, 2013) ;
- Une diminution d'extrusions de débris (Topçuoğlu et coll, 2016) ;
- Une diminution des douleurs post-opératoires (Pasqualini et coll, 2012 ; Keskin et coll 2019, Adigüzel et coll, 2019).

Les désavantages observés sont un coût plus élevé et une diminution de la sensibilité tactile (Cassim et van der Vyver, 2013).

D'un point vu pratique, il est recommandé de ne jamais forcer ou pousser un instrument de *Glide Path* en direction apicale, de travailler sous irrigation abondante à l'hypochlorite de sodium, de pré-courber les limes manuelles lors de l'exploration initiale et enfin, de prendre le temps d'appréhender chaque nouveau système endocanalaire avec attention en suivant leurs particularités anatomiques (West 2010).

Le *Glide Path* est achevé lorsque le canal radiculaire est élargi jusqu'à l'apex et que la longueur de travail est validée. Il existe une multitude d'instruments de *Glide Path* dont les principaux seront décrits dans la partie suivante.

## 2 Les instruments de *Glide Path*

Les caractéristiques des principaux instruments de *Glide Path* sont présentées dans cette partie.

Tous les instruments décrits ci-dessous sont à utiliser jusqu'à la longueur de travail et sans pression excessive.

Il est important de suivre les recommandations d'utilisation propres à chaque fabricant (vitesse, torque, etc.)

### 2.1 Les séquences pluri-instrumentales

#### 2.1.1 Scout RaCe ® (Figure 1)

- FKG, La-Chaux-De-Fonds, Suisse,
- Instruments en NiTi disponibles en 21, 25 et 31 mm,
- Trois limes à usages multiples avec une conicité de 2% :
  - o Première lime bagues violette et jaune de diamètre 10/100 de mm,
  - o Deuxième lime bagues blanche et jaune de diamètre 15/100 de mm,
  - o Troisième lime bagues jaune et jaune de diamètre 20/100 de mm.
- Vitesse de 600 à 800 tr/min,
- Torque de 1,5 N.cm.



Figure 1. Séquence instrumentale des limes Scout RaCe ® (Source : [www.FKG.ch](http://www.FKG.ch)).

### 2.1.2 Race iso 10 ® (Figure 2)

- FKG, La-Chaux-De-Fonds, Suisse.
- Instruments en NiTi disponibles en 21, 25 et 31 mm,
- Trois limes à usages multiples avec un diamètre de 10/100 de mm :
  - Première lime bagues jaune et violette avec une conicité de 2%,
  - Deuxième lime bagues rouge et violette avec une conicité de 4%,
  - Troisième lime bagues bleue et violette avec une conicité de 6%.
- Vitesse de 600 à 800 tr/min,
- Torque de 1,5 N.cm.



Figure 2. Séquence instrumentale des limes Race iso 10 ® (Source : [www.FKG.ch](http://www.FKG.ch)).

### 2.1.3 Path File ® (Figure 3)

- Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suisse,
- Instruments en NiTi disponibles en 21, 25 et 31 mm,
- 3 limes à usages multiples avec une conicité de 2% :
  - Première lime bague violette de diamètre 13/100 de mm,
  - Deuxième lime bague blanche de diamètre 16/100 de mm,
  - Troisième lime bague jaune de diamètre 19/100 de mm.
- Vitesse de 300 tr/min,
- Torque de 1,2 N.cm.



Figure 3. Séquence instrumentale des limes Path File ® (Source : [www.medicalexpo.fr](http://www.medicalexpo.fr)).

#### 2.1.4 G-Files ® (Figure 4)

- Coltène MicroMega, Besançon, France.
- Instruments en NiTi disponibles en 21, 25 et 29 mm,
- 2 limes à usages multiples avec une conicité de 3% :
  - Première lime (G1) bague rouge de diamètre 12/100 de mm,
  - Deuxième lime (G2) bague blanche de diamètre 17/100 de mm.
- Vitesse de 300 tr/min,
- Torque de 1,2 N.cm.



Figure 4. Séquence instrumentale des limes G-Files (Source : [www.dentalclick.fr](http://www.dentalclick.fr)).

### 2.1.5 MTwo (Figure 5)

- VDW GmbH, Munich, Germany,
- Instruments en NiTi disponibles en 21, 25 et 31 mm,
- Deux limes à usages multiples :
  - Première lime bague violette de diamètre 10/100 de mm et de conicité 4%,
  - Deuxième lime bague blanche de diamètre 15/100 de mm et de conicité 5%.
- Vitesse de 280 tr/min,
- Torque de 1,2 N.cm pour la première lime et de 1,3 N.cm pour la deuxième.



Figure 5. Séquence instrumentale des limes Mtwo ® (Source : [www.medicaexpo.fr](http://www.medicaexpo.fr)).

### 2.1.6 X-Plorer™ Canal Navigation Files (Figure 6)

- Clinician's Choice Dental Production, New Milford, USA,
- Instruments en NiTi disponibles en 21 et 25 mm,
- 4 limes à usages multiples:
  - Première lime bague blanche et bague grise de diamètre 15/100 de mm et de conicité 1%,
  - Deuxième lime bague jaune et bague grise de diamètre 20/100 de mm et de conicité 1%,
  - Troisième lime bague jaune et deux bagues grises de diamètre 20/100 de mm et de conicité de 2%,
  - Quatrième lime, optionnelle, bague rouge et deux bagues grises de diamètre 25/100 de mm et de conicité 2%.
- Vitesse de 400 tr/min,
- Torque entre 2 et 2,7 N.cm.

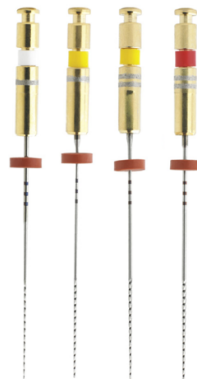


Figure 6. Séquence instrumentale des limes X-Plorer™ Canal Navigation Files

(Source : <https://clinicianschoice->



### 2.1.7 Endowave Mechanical Glide Path File (Figure 7)

- J Morita, Californie, USA,
- Instrument en NiTi disponible en 25 mm,
- 3 limes à usages multiples avec une conicité de 2% :
  - Première lime bague rose de diamètre 10/100 de mm,
  - Deuxième lime bague blanche de diamètre 15/100 de mm,
  - Troisième lime bague jaune de diamètre 20/100 de mm.
- Vitesse de 800 tr/min,
- Torque de 0,3 N.cm.

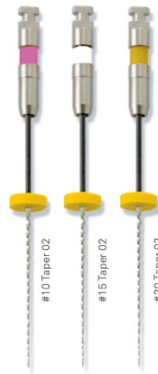


Figure 7. Séquence instrumentale des limes EndoWave MGP « mechanical Glide Path » (Source : [www.jmoritaeurope.de](http://www.jmoritaeurope.de)).

### 2.1.8 PRE-SAF (Figure 8)

- ReDent Nova, Ltd, Israel,
- Instruments en NiTi disponibles en 21, 25 et 31 mm,
- 2 limes à usages multiples:
  - Première lime (PRE-SAF 1) bague blanche et bague jaune de diamètre 15/100 de mm et de conicité 2%,
  - Deuxième (PRE-SAF 2) bague rouge et bague jaune de diamètre 20/100 de mm et de conicité 4%.
- Vitesse de 500 à 600 tr/min,
- Torque de 1 N.cm pour PRE-SAF 1 et 1,5 N/cm pour PRE-SAF 2.



Figure 8. Séquence instrumentale des limes PRE-SAF (Source : [www.redentnova.com](http://www.redentnova.com)).

### 2.1.9 V Glide Path 2 (Figure 9)

- SS White Dental Inc, Lakewood, New Jersey, USA.
- 2 limes à usages multiples disponibles en 21 et 25 mm :
  - o Première lime bague rose de diamètre 13/100 de mm et de conicité 3%,
  - o Deuxième lime bague blanche de diamètre de 17/100 de mm et de conicité 4%.
- Vitesse de 250 tr/min,
- Torque 1,5 N.cm.



Figure 9. Séquence instrumentale des limes V Glide Path 2 (Source : [www.sswhitedental.com](http://www.sswhitedental.com)).

## 2.2 Mono-instrumentales

### 2.2.1 Rotation continue

- One G<sup>®</sup> (Figure 10)
  - Coltène MicroMega, Besançon, France,
  - 1 lime à usage unique disponible en 21, 25 et 29 mm,
  - Diamètre 14/100 de mm et conicité 3%,
  - Vitesse comprise entre 250 et 400 tr/min,
  - Torque maximal de 1,2 N.cm.



Figure 10. Lime de rotation continue One G<sup>®</sup> (Source : [www.micro-mega.com](http://www.micro-mega.com)).

- ProGlider® (Figure 11)

- Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suisse,
- En alliage NiTi M-Wire,
- 1 lime à usage unique disponible en 21, 25 et 31 mm,
- Diamètre 16/100 de mm et conicité 2% à la pointe, puis conicité variable,
- Vitesse de 300 tr/min,
- Torque de 2 N.cm.



Figure 11. Lime de rotation continue ProGlider® (Source : [www.dentclues.com](http://www.dentclues.com)).

- Path Glider® (Figures 12 et 13)

- Komet, Lemgo, Germany,
- Lime à usage unique disponible en 21, 25 et 31 mm,
- Diamètre 15/100 de mm et conicité 3%,
- Existence d'une seconde lime de diamètre 20/100 de mm et de conicité 3% également,
- Vitesse de 300 tr/min,
- Torque de 0.5 N.cm.



Figure 12. Lime de rotation continue Path Glider® 15/03 (Source : [www.dentaltix.com](http://www.dentaltix.com)).



Figure 13. Lime de rotation continue Path Glider® 20/03 (Source : [www.dentaltix.com](http://www.dentaltix.com)).

- EdgeGlidePath™ (Figure 14)

- EdgeEndo, Albuquerque, NewMexic USA,
- En alliage NiTi Fire- Wire™ (AHT Annealed Heat Treatment),
- 1 lime à usage unique disponible en 21, 25 et 31 mm,
- Diamètre 16/100 de mm et conicité 2%,
- Vitesse de 300 à 500 tr/min,
- Torque de 3 N.cm.



Figure 14. Lime de rotation continue EdgeGlidePath™ (Source : [www.edgeendo.ca](http://www.edgeendo.ca)).

- HyFlex™ EDM : *Glide Path* file limes 10/.05 (Figure 15)

- Coltene-Whaledent, Allstetten, Switzerland,
- Lime en NiTi usinée par électro-érosion créant une surface unique sur la lime,
- 1 lime à usages multiples de longueur 25 mm,
- Diamètre 10/100 de mm et conicité 5%,
- Vitesse de 300 tr/min,
- Torque de 1,8 N.cm.



Figure 15. Lime de rotation continue HyFlex™ EDM : *Glide Path* file 10/.05 (Source : [www.dentalsky.com](http://www.dentalsky.com)).



- HyFlex™ EDM : *Glide Path* file (Figure16)

- Coltene-Whaledent, Allstetten, Switzerland,  
Lime en NiTi usinée par électro-érosion,
- 1 lime à usages multiples disponible en 21 et 25 mm.
- Diamètre 15/100 de mm et conicité 3%,
- Vitesse de 300 tr/min,
- Torque de 1,8 N.cm.



Figure 16. Lime de rotation continue HyFlex™ EDM : *Glide Path* file 15/.03 (Source : [www.dentalsky.com](http://www.dentalsky.com)).

- AlphaKite® AK03 (Figure 17)

- Komet, Lemgo, Germany,
- En alliage de NiTi recouvert d'une couche de Nitrure de titane (TiN),
- 1 lime à usages multiples disponible en 25 mm,
- Diamètre 15/100 de mm et conicité 3%,
- Vitesse de 250 tr/min recommandée à 500 tr/min maximum,
- Torque de 0,4 N.cm.



Figure 17. Lime de rotation continue AlphaKite® (Source : [www.komet-endo.com](http://www.komet-endo.com)).

- Isi - OPEN® (Figure 18)

- PRED, Arceuil, France,
- 1 lime à usages multiples disponible en 25 mm,
- Diamètre 20/100 de mm et conicité 4%,
- Vitesse de 400 tr/min,
- Torque de 1 N.cm.



Figure 18. Lime de rotation continue Isi - OPEN® (Source : [www.pro.pred.fr](http://www.pro.pred.fr)).

- TruNatomy Glider™ (Figure 19)

- Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suisse,
- En alliage NiTi wire traité thermiquement,
- 1 lime à usages multiples disponible en 21, 25 et 31 mm,
- Diamètre 17/100 de mm et conicité 2%,
- Vitesse de 500 tr/min,
- Torque de 1,5 N.cm.



Figure 19. Lime de rotation continue TruNatomy Glider® (Source : [www.medicalexpo.fr](http://www.medicalexpo.fr)).

- *Glide Path Traverse*<sup>™</sup> (Figure 20)

- Kerr, Berlin, Allemagne,
- 1 lime à usage unique disponible 21, 25 et 31 mm,
- Diamètre 13/100 de mm et conicité 6%,
- Vitesse de 500 tr/min,
- Torque de 1,5 N.cm.



Figure 20. Lime de rotation continue Traverse<sup>™</sup> (Source : [www.kerrdental.com](http://www.kerrdental.com)).

## 2.2.2 Réciprocité

- R-PILOT™ (Figure 21)

- VDW GmbH, Munich, Germany,
- En alliage NiTi M-Wire,
- 1 lime à usage unique disponible en 21, 25 et 31 mm,
- Diamètre 12,5/100 de mm et conicité 4%,
- Rotation à 150° en sens antihoraire puis 30° en sens horaire à 300 tr/min.



Figure 21. Lime en Réciprocité R-Pilot® (Source : [www.vdw-dental.com](http://www.vdw-dental.com)).

- Wave One Gold Glider® (Figure 22)

- Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suisse,
- En alliage NiTi Gold,
- 1 lime à usage unique disponible en 21, 25 et 31 mm,
- Diamètre 15/100 de mm et conicité 2% à la pointe puis variable,
- Rotation à 170° en sens antihoraire puis 50° en sens horaire à 350 tr/min.



Figure 22. Lime en Réciprocité Wave One Gold Glider® (Source : [www.dentsplysirona.com](http://www.dentsplysirona.com)).

### 3 Étude de l'influence de différents instruments de *Glide Path* sur la mise en forme canalaire

#### 3.1 Introduction

Les objectifs de notre travail sont les suivants :

- Analyser le respect de la trajectoire canalaire après passage des instruments de *Glide Path*,
- Étudier l'influence du *Glide Path* sur la mise en forme canalaire.

Nous allons ainsi tenter de répondre à plusieurs questions :

- Est-ce que les instruments de *Glide Path* maintiennent la trajectoire canalaire initiale ?
- Quelles sont les forces et les contraintes supportées par les instruments pendant le *Glide Path* ?
- Le *Glide Path* a-t-il une influence sur la mise en forme canalaire en termes de déviation de trajectoire ?
- Le *Glide Path* a-t-il une influence quant aux contraintes exercées sur les instruments lors de la mise en forme ?

Dans un premier temps, l'anatomie canalaire (courbure, respect de la trajectoire et de la position du foramen apical) et les contraintes de mise en forme seront étudiées suite à la préparation de simulateurs endodontiques en résine présentant une courbure de  $40^\circ$ .

Dans un second temps, les résultats de notre étude seront analysés et comparés à ceux de la littérature.



## 3.2 Matériels et Méthodes

### 3.2.1 Simulateurs endodontiques

L'ensemble des essais a été réalisé sur des simulateurs en résine *Endo Training Bloc J-Shape* Ø15.02 Taper. (REF BDDBLC0J30015 ; Denstply Sirona) présentant un canal de 15,5 mm de longueur de travail (LT) avec une courbure de 40° (Figure 23).



Figure 23. Bloc en résine Dentsply Sirona (Source : document personnel).

### 3.2.2 Instruments endodontiques (Tableau 1)

- Limes manuelles K en 10 et 15/100 (REF 21949402 ; Coltène MicroMega) pour le groupe témoin.
- One G, 13/.04 (REF 20948202 ; Coltène MicroMega), vitesse 350 tr/min et torque 1.2 N.cm ;  
Section de coupe dissymétrique ; 3 arrêtes de coupes sur 3 rayons différents.
- ProGlider, 16/.02 (REF A 0926 225 001 03 ; Dentsply-Maillefer) vitesse 300 tr/min et torque 2 N.cm ;  
Section carrée, seul instrument à conicité variable, 2% à la pointe et jusqu'à 8% à l'extrémité « coronaire ».

- Hyflex, 15/.03 (REF 60023492 ; Coltène), vitesse 300 tr/min et torque 1.8 N.cm ;  
Instrument à mémoire de forme avec une section de coupe variable en forme de parallélépipède à l'extrémité apicale, trapézoïdale au milieu et triangulaire dans la partie supérieure.
- AlphaKite, 15/.03 (REF AK03L25 204 015 ; Komet), vitesse 250 tr/min et torque 0,4 N.cm ;  
Section transversale en forme de delta.
- One Curve 25/.06 (REF 20149412 ; Coltène MicroMega), vitesse 350 tr/min et torque 2,4 N.cm ;  
Alliage C-Wire, section variable, triangulaire à 3 arrêtes de coupe à la pointe puis en forme de « S » à 2 arêtes de coupe dans la partie supérieure.

Une lime neuve de *Glide Path* et de mise en forme est utilisée pour chaque simulateur endodontique utilisé.

Tableau 1. Tableau récapitulatif des différentes limes utilisées dans l'étude avec la vitesse et le torque issue des données fabricants.

Instruments	Manuelles (témoin)	One G	ProGlider	HyFlex	AlphaKite	One Curve (mise en forme)
Diamètre/conicité	15/.02	14/.03	16/.02	15/.03	15/.03	25/.06
Vitesse optimale en Tr/min		350	300	300	250	350
Torque en N.cm		1.2	2	1.8	0.4	2.4

### 3.2.3 Protocole

Le protocole de l'ensemble des manipulations permettant le relevé des déviations de trajectoire et l'analyse des forces est le suivant :

- Perméabilisation des simulateurs endodontiques et mesure de chaque bloc avec une lime K 8/100 puis 10/100 de mm.
- Coloration à l'encre de Chine et photographie initiale de chaque bloc.

Les photographies sont réalisées avec un microscope digital Dino-Lite sur pied avec socle pour conserver la position des blocs en résine (Figure 24).

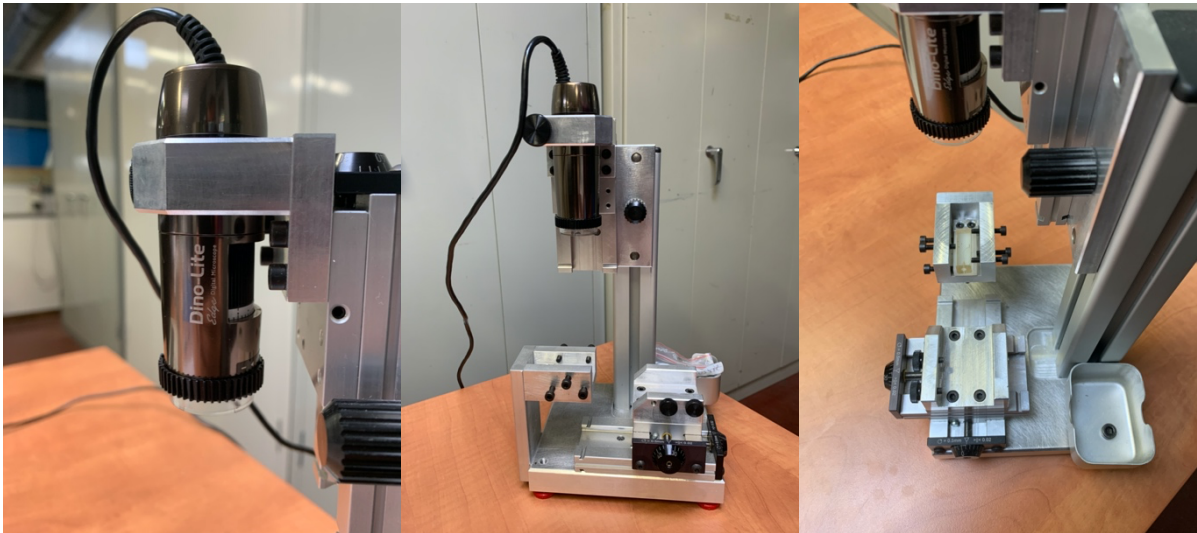


Figure 24. Microscope digital Dino-Lite sur support (Source : document personnel).

- Passage sur un banc d'essai (banc AMETEK LS1 calibré le 9/06/2020) utilisé avec le logiciel NEXYGEN Plus 3.0, couplé à un moteur endodontique E-STATIS (SciSCAN SN- 0299) (Figure 25). Le moteur endodontique est équipé d'un contrôleur de couple afin de respecter les recommandations fabricant. Le banc est équipé d'un capteur de force S2M/50 N nous permettant d'enregistrer les contraintes exercées sur les instruments endodontiques lors de leur utilisation (Figure 26).

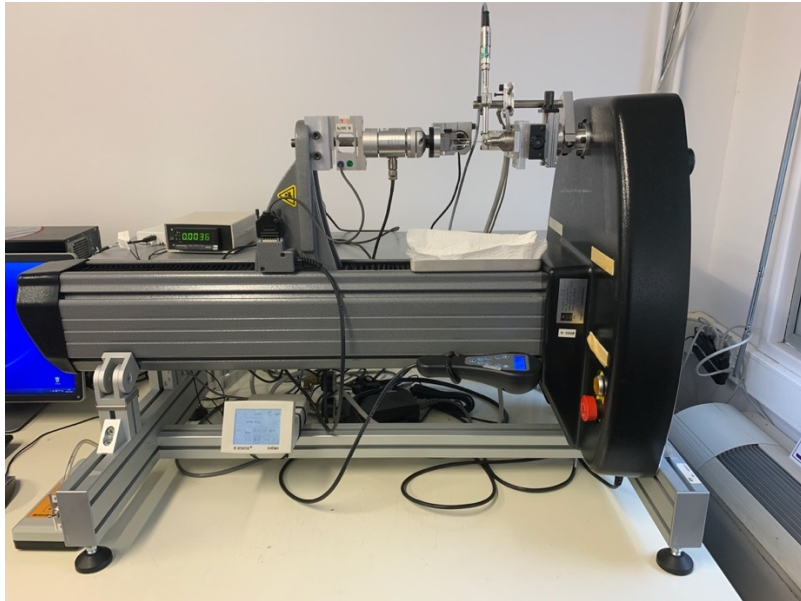


Figure 25. Banc d'essai pour le passage des instruments (Source : document personnel).



Figure 26. Cellule de force montée sur le banc d'essai (Source : document personnel).

- L'instrument étudié est placé dans la tête du contre-angle maintenu en position fixe (Figure 27).

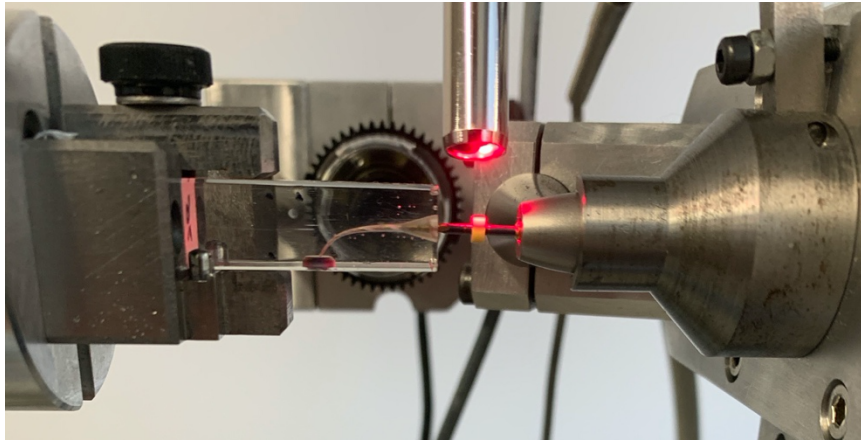


Figure 27. Lime montée sur le contre-angle en rotation dans un bloc en résine  
(Source : document personnel).

- Après mise en place, un calibrage de la vitesse de rotation est effectué par l'intermédiaire d'un laser (Figure 27).
- La lime est placée à l'entrée du canal dans une position reproductible. Pour ce faire, un morceau de ruban adhésif est placé à l'entrée du bloc de résine et la pointe de l'instrument est amenée au contact de celui-ci. Le retrait de la lime est ensuite progressivement effectué jusqu'à l'obtention d'une force nulle (relevée par de la cellule de force) puis le ruban adhésif est retiré.
- Un protocole de pénétration/retrait est ensuite réalisé (Vincent, 2017) (Figure 28). Ce protocole comprend 25 cycles de charge/décharge divisés en 9 groupes. Une irrigation est réalisée entre chaque groupe pour éliminer les débris ainsi qu'une vérification du maintien de la perméabilité apicale à l'aide d'une lime K 10/100 de mm.

```

Set Ext1 = [0mm]
'Ext1 prend la valeur du 0 de la précharge

Stage [-1mm], [0,5mm/s] pour retirer le scotch facilement
MsgBox "retirer scotch pour le 0", 0, "lancer essai" 'retirer scotch

Stage [7.5mm], [5mm/s]
Stage [7mm], [5mm/s]
Stage [8mm], [5mm/s]
Stage [7.5mm], [5mm/s]
Stage [8.5mm], [5mm/s]
Stage [8mm], [5mm/s]
'Irrigation 1
Stage [-100mm],[15mm/s]
Pause [15s]
Stage [0mm], [15mm/s]

Stage [9mm], [5mm/s]
Stage [8.5mm], [5mm/s]
Stage [9.5mm], [5mm/s]
Stage [9mm], [5mm/s]
Stage [10mm], [5mm/s]
Stage [9.5mm], [5mm/s]
'Irrigation 2
Stage [-100mm],[15mm/s]
Pause [15s]
Stage [0mm], [15mm/s]

Stage [10.5mm], [5mm/s]
Stage [10mm], [5mm/s]
Stage [11mm], [5mm/s]
Stage [10.5mm], [5mm/s]
Stage [11.5mm], [5mm/s]
Stage [11mm], [5mm/s]
'Irrigation 3
Stage [-100mm],[15mm/s]
Pause [15s]
Stage [0mm], [15mm/s]

Stage [11.75mm], [2mm/s]
Stage [11.5mm], [2mm/s]
Stage [12mm], [2mm/s]
Stage [11.75mm], [2mm/s]
Stage [12.25mm], [2mm/s]
Stage [12mm], [2mm/s]
Stage [12.5mm],[2mm/s]
Stage [12.25mm],[2mm/s]
'Irrigation 4
Stage [-100mm],[15mm/s]
Pause [15s]
Stage [0mm], [15mm/s]

Stage [12.75mm], [2mm/s]
Stage [12.5mm], [2mm/s]
Stage [13mm], [2mm/s]
Stage [12.75mm], [2mm/s]
Stage [13.25mm], [2mm/s]
Stage [13mm], [2mm/s]
Stage [13.5mm],[2mm/s]
Stage [13.25mm],[2mm/s]
'Irrigation 5
Stage [-100mm],[15mm/s]
Pause [15s]
Stage [0mm], [15mm/s]

Stage [13.75mm], [2mm/s]
Stage [13.5mm], [2mm/s]
Stage [14mm], [2mm/s]
Stage [13.75mm], [2mm/s]
'Irrigation 6
Stage [-100mm],[15mm/s]

Pause [15s]
Stage [0mm], [15mm/s]

Stage [14.25mm], [2mm/s]
Stage [14mm], [2mm/s]
Stage [14.5mm],[2mm/s]
Stage [14.25mm],[2mm/s]
'Irrigation 7
Stage [-100mm],[15mm/s]
Pause [15s]
Stage [0mm], [15mm/s]

Stage [14.75mm], [2mm/s]
Stage [14.5mm], [2mm/s]
Stage [15mm],[2mm/s]
Stage [14.75mm],[2mm/s]
'Irrigation 8
Stage [-100mm],[15mm/s]
Pause [15s]
Stage [0mm], [15mm/s]

Stage [15.25mm], [2mm/s]
Stage [15mm], [2mm/s]
Stage [15.5mm],[2mm/s]
Stage [15.25mm],[2mm/s]

'fin essai : retour à position initiale
Stage [-1mm], [2mm/s]

'rupture ?
question=MsgBox("essai validé (pas de rupture, vissage...)", vbYesNo, "fin essai")
if question = vbYes then
Set validation = [1]
else
Set validation = [0]
end if

Set TH1 = InputAtMax ("TH") 'channel
Result "température", TH1

Set V1 = InputAtMax ("Vitesse") 'channel
Set C1 = [[InputAtMax ("Couple")]*[1cm]] 'channel
Result "Vitesse1", V1
Result "Couple1", C1
Result "Puissance", [[[V1*[3.14]/30]*C1]*[1s]]/[[100]*[1N]*[1m]]

Result "essai validé", validation

```

Figure 28. Programme du banc d'essai pour le passage des limes (Source : document personnel).

Tableau 2. Protocole de pénétration/retrait de 7,5 à 11,5 mm.

			Pénétration (mm)	Vitesse (mm/s)	Arrêt (s)
Groupe 1	Cycle 1	Charge	7,5	5	
		Décharge	7	5	
	Cycle 2	Charge	8	5	
		Décharge	7,5	5	
	Cycle 3	Charge	8,5	5	
Décharge		8	5		
	Irrigation 1	-100	15	15	
Groupe 2	Cycle 4	Charge	9	5	
		Décharge	8,5	5	
	Cycle 5	Charge	9,5	5	
		Décharge	9	5	
	Cycle 6	Charge	10	5	
Décharge		9,5	5		
	Irrigation 2	-100	15	15	
Groupe 3	Cycle 7	Charge	10,5	5	
		Décharge	10	5	
	Cycle 8	Charge	11	5	
		Décharge	10,5	5	
	Cycle 9	Charge	11,5	5	
Décharge		11	5		
	Irrigation 3	-100	15	15	

Dans la première partie du protocole, la lime descend jusqu'à la courbure, en trois groupes de trois cycles de charge/décharge avec une amplitude de 0,5 mm à une vitesse de 5 mm/s.

Tableau 3. Protocole de pénétration/retrait de 11,5 à 13,5 mm.

			Pénétration (mm)	Vitesse (mm/s)	Arrêt (s)
Groupe 4	Cycle 10	Charge	11,75	2	
		Décharge	11,5	2	
	Cycle 11	Charge	12	2	
		Décharge	11,75	2	
	Cycle 12	Charge	12,25	2	
		Décharge	12	2	
	Cycle 13	Charge	12,5	2	
		Décharge	12,25	2	
	Irrigation 4		-100	15	15
	Groupe 5	Cycle 14	Charge	12,75	2
Décharge			12,5	2	
Cycle 15		Charge	13	2	
		Décharge	12,75	2	
Cycle 16		Charge	13,25	2	
		Décharge	13	2	
Cycle 17		Charge	13,5	2	
		Décharge	13,25	2	
Irrigation 5		-100	15	15	

Dans la deuxième partie du protocole, la lime négocie la courbure, en deux groupes de quatre cycles de charge/décharge avec une amplitude de 0,25 mm à une vitesse de 2 mm/s.



Tableau 4. Protocole de pénétration/retrait de 13,5 à 15,5 mm.

			Pénétration (mm)	Vitesse (mm/s)	Arrêt (s)
Groupe 6	Cycle 18	Charge	13,75	2	
		Décharge	13,5	2	
	Cycle 19	Charge	14	2	
		Décharge	13,75	2	
Irrigation 6			-100	15	15
Groupe 7	Cycle 20	Charge	14,25	2	
		Décharge	14	2	
	Cycle 21	Charge	14,5	2	
		Décharge	14,25	2	
Irrigation 7			-100	15	15
Groupe 8	Cycle 22	Charge	14,75	2	
		Décharge	14,5	2	
	Cycle 23	Charge	15	2	
		Décharge	14,75	2	
Irrigation 8			-100	15	15
Groupe 9	Cycle 24	Charge	15,25	2	
		Décharge	15	2	
	Cycle 25	Charge	15,5	2	
		Décharge	15,25	2	
Irrigation 9			-100	15	15

Dans la troisième partie du protocole, la lime descend jusqu'à l'apex, en quatre groupes de deux cycles de charge/décharge avec une amplitude de 0,25 mm à une vitesse de 2 mm/s.

- Chaque séquence d'irrigation est réalisée à hauteur de 1 mL d'alcool à 60° (préparation pharmaceutique) à l'aide d'une seringue et d'une aiguille d'irrigation Monoject™ 27G x 1-1/4" (COVIDIEN™ REF 1180327114E).
- À la fin du protocole de pénétration/retrait, les simulateurs endodontiques sont retirés puis séchés. Le colorant est ensuite placé dans le canal mis en forme avant de réaliser une photographie en position reproductible.
- Une fois ce protocole réalisé pour le passage des instruments de *Glide Path*, le protocole est répété une seconde fois pour la mise en forme à l'aide d'un instrument One Curve® (REF 20149412 ; vitesse 300 tr/min et torque de 2,4 N.cm ; Coltène MicroMega).

### 3.2.4 Étude de la déviation de trajectoire

En tout, trois photographies sont réalisées :

- Une photographie avant *Glide Path* (après passage d'une lime 10),
- Une photographie après *Glide Path*,
- Une photographie après mise en forme à l'aide du One Curve.

Le traitement des images est ensuite réalisé à l'aide du logiciel libre GIMP (GNOME™), en réalisant une binarisation avec un seuil fixé à 127. La trajectoire canalaire est colorée en rouge pour les photographies avant *Glide Path*, laissée en noir pour celles après *Glide Path*, et colorée en vert pour les photographies après mise en forme (Figure 29).



Figure 29. Photos seuillées avant *Glide Path* en rouge, après en noir et après mise en forme en vert (Source : document personnel).

Les photographies après passage d'une lime de 10/100 de mm, après *Glide Path* mécanisé et après mise en forme sont ensuite rendues transparentes puis superposées à l'aide du logiciel Microsoft Powerpoint. Le repositionnement est permis grâce à 3 points marqués sur les blocs au préalable (Figures 30).

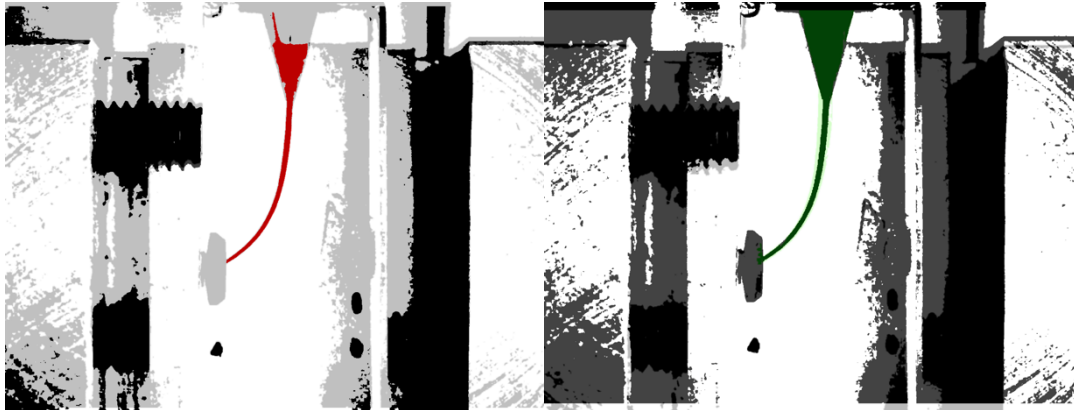


Figure 30. Superposition des photos avant et après *Glide Path* (à gauche) et après *Glide Path* et mise en forme (à droite) (Source : document personnel).

Les mesures de déviations de trajectoire sont ensuite réalisées à l'aide du logiciel ImageJ (*National Institutes of Health*). Ces mesures sont relevées sur les faces interne et externe de la courbure, de l'apex jusqu'à 7 mm, tous les millimètres.

### 3.2.5 Statistiques

Les résultats sont exprimés en médiane +/- écart type. Les données ont été analysées en utilisant des tests non-paramétriques de type Kruskal-Wallis. Une correction de Dunns avec  $\alpha = 0,05$  a ensuite été réalisée pour les comparaisons multiples deux-à-deux. Les résultats sont considérés comme significatifs lorsque  $p < 0.05$ . L'ensemble des analyses statistiques a été réalisé à l'aide du logiciel GraphPad® Prism (GraphPad Software San Diego, CA, USA).

### 3.3 Résultats

Aucune rupture instrumentale et aucun dévissage n'a été constaté lors de l'étude.

Seuls 4 instruments de la série AlphaKite n'ont pas atteint la « zone apicale » lors du *Glide Path*. De plus, une valeur de force jugée aberrante suite au passage d'un AlphaKite au niveau apical n'a pas été retenue dans les résultats.

#### 3.3.1 Mesure des forces en pénétration / retrait

Suite au traitement des données recueillies par la cellule de force, les valeurs minimales et maximales des cycles 3 à 9 ont été retenues (les cycles 1 et 2 présentant des forces très faibles et sans différences significatives). Les figures 31 et 32 représentent les résultats des forces de pénétration/retrait des limes de *Glide Path* (Figure 31) et de mise en forme (Figure 32). Les résultats sont exprimés avec les médianes +/- écart-types.

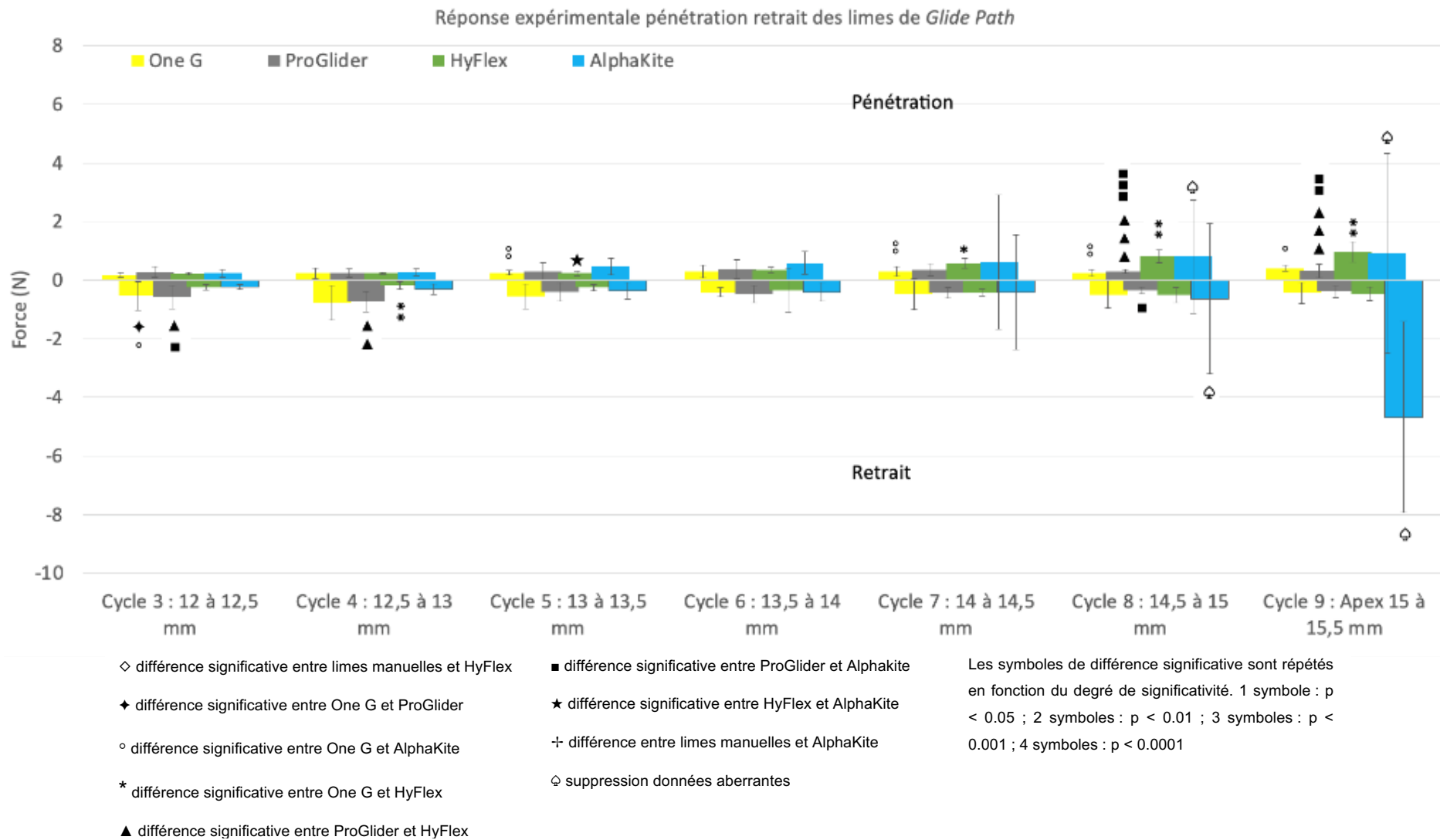


Figure 31. Graphique des forces en pénétration/retrait des limes de *Glide Path* (Source : document personnel).

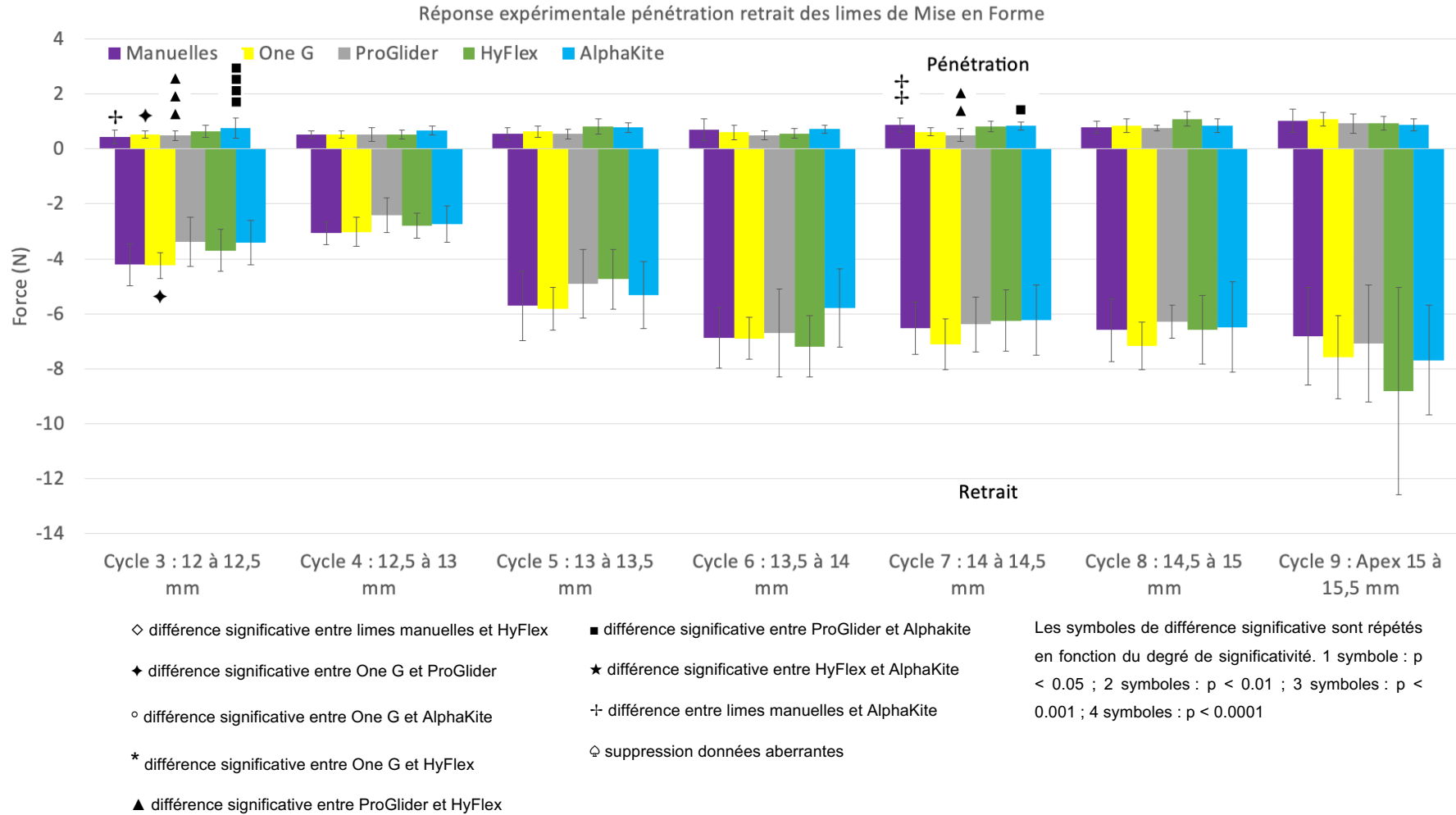


Figure 32. Graphique des forces en pénétration/retrait des limes de mise en forme (Source : document personnel).

### Glide Path :

En pénétration, tous les instruments de *Glide Path* présentent des forces croissantes identiques et sans différence significative aux cycles 3, 4 et 6.

- Au cycle 5, Alphakite présente des forces en pénétration significativement supérieures à One G ( $p < 0,01$ ) et HyFlex ( $p < 0,05$ ).
- Au cycle 7, One G présente des forces en pénétration significativement plus faibles que Alphakite ( $p < 0,01$ ) et HyFlex ( $p < 0,05$ ).
- Au cycle 8, One G et ProGlider présentent des forces en pénétration significativement inférieures à AlphaKite (respectivement  $p < 0,01$  et  $p < 0,001$ ) et HyFlex (respectivement  $p < 0,01$  et  $p < 0,001$ ).
- Au cycle 9, One G et ProGlider présentent des forces en pénétration significativement inférieures à AlphaKite (respectivement  $p < 0,05$  et  $p < 0,01$ ) et HyFlex ( $p < 0,001$  pour One G et ProGlider).

Au retrait :

- Au cycle 3, One G présente des forces significativement inférieures à AlphaKite ( $p < 0,05$ ) et ProGlider ( $p < 0,05$ ). ProGlider présente quant à lui, des forces significativement inférieures à AlphaKite ( $p < 0,05$ ) et HyFlex ( $p < 0,05$ ).
- Au cycle 4, ProGlider présente des forces significativement inférieures à HyFlex ( $p < 0,01$ ), lui-même présentant des forces significativement inférieures à One G ( $p < 0,01$ ).
- Au cycle 8, ProGlider présente des forces significativement inférieures à AlphaKite ( $p < 0,05$ ).

### Mise en forme :

Pour la mise en forme avec One Curve, en pénétration les forces sont croissantes du cycle 3 à 9.

- Au cycle 3, One Curve présente des forces significativement moins importantes après *Glide Path* avec One G et Alphakite par rapport à ProGlider (respectivement  $p < 0,05$  et  $p < 0,0001$ ). À l'inverse, après *Glide Path* avec ProGlider, les forces en pénétration sont significativement

inférieures à celle obtenues après passage de l'HyFlex ( $p < 0,001$ ). De plus, les forces obtenues en pénétration avec One Curve après passage des limes manuelles sont significativement moins importantes qu'après AlphaKite ( $p < 0,05$ ).

- Au cycle 7, après passage des limes manuelles les forces en pénétration sont significativement inférieures à celle obtenues avec AlphaKite ( $p < 0,01$ ), lui-même engendrant des forces lors de la mise en forme significativement inférieures à celles obtenues avec ProGlider ( $p < 0,05$ ). Les forces obtenues après ProGlider sont significativement inférieures à celle obtenues après HyFlex ( $p < 0,01$ ).

Au retrait :

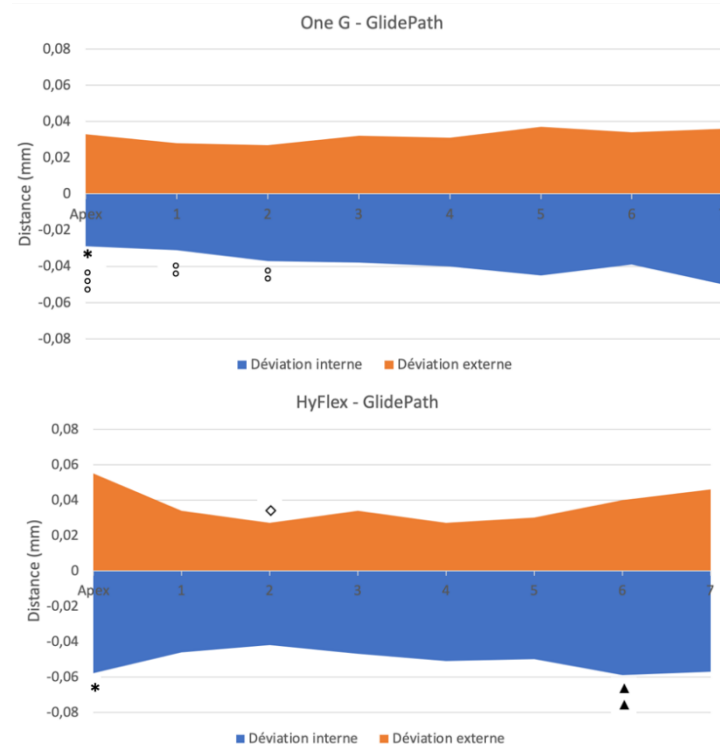
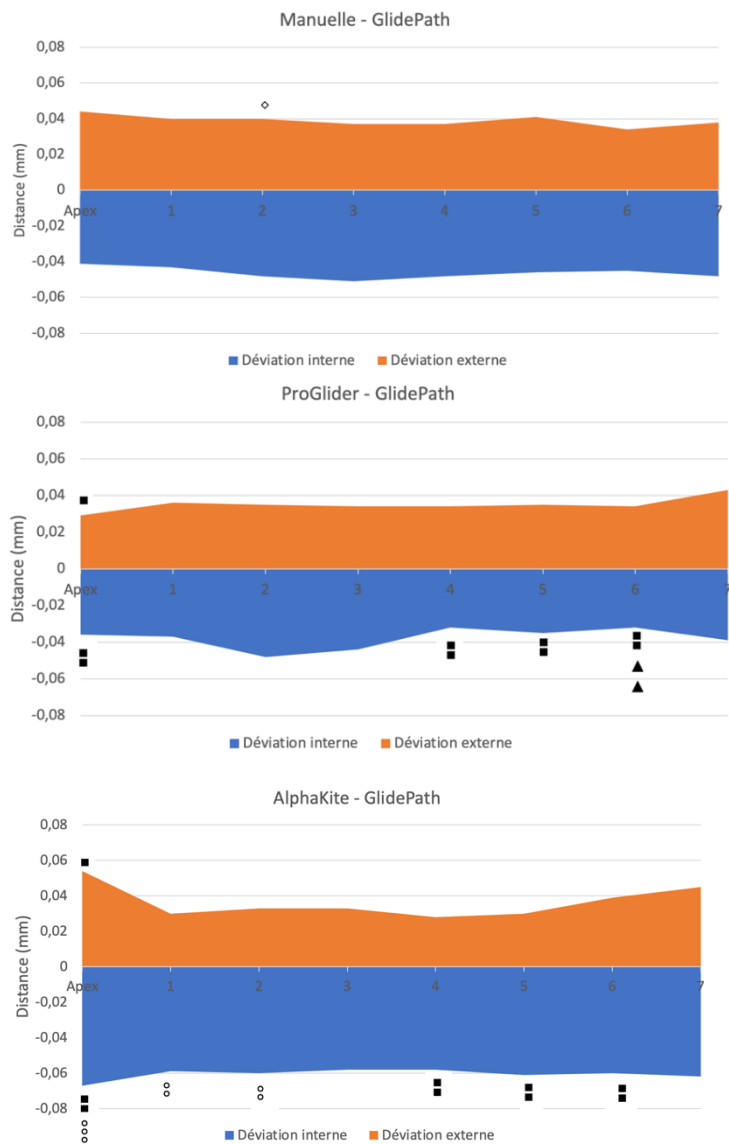
- Au cycle 3, après passage de One G, les forces sont significativement inférieures à celles relevées après passage de ProGlider.
- Les forces sont croissantes et augmentent fortement à partir du cycle 5.
- La présence d'écart-types importants explique l'absence de différences significatives après passage des différents instruments de *Glide Path*.



### 3.3.2 Mesures des déviations de trajectoire

Les mesures de déviation de trajectoire sont déterminées par superposition des images seuillées. Elles sont calculées à l'intérieur et à l'extérieur de la courbure des différents canaux, de l'apex jusqu'à 7 mm et ce tous les millimètres.

Les moyennes des déviations interne et externe relevées après *Glide Path* et après mise en forme sont présentées pour chaque instrument dans les figures 33 et 34.



- ◇ différence significative entre limes manuelles et HyFlex
- ◆ différence significative entre One G et ProGlider
- différence significative entre One G et AlphaKite
- \* différence significative entre One G et HyFlex
- ▲ différence significative entre ProGlider et HyFlex
- différence significative entre ProGlider et Alphakite
- ★ différence significative entre HyFlex et AlphaKite
- ± différence entre limes manuelles et AlphaKite
- ◊ suppression données aberrantes

Les symboles de différence significative sont répétés en fonction du degré de significativité. 1 symbole :  $p < 0.05$  ; 2 symboles :  $p < 0.01$  ; 3 symboles :  $p < 0.001$  ; 4 symboles :  $p < 0.0001$

Figure 33. Graphiques des déviations de trajectoire après *Glide Path* (Source : Document personnel).

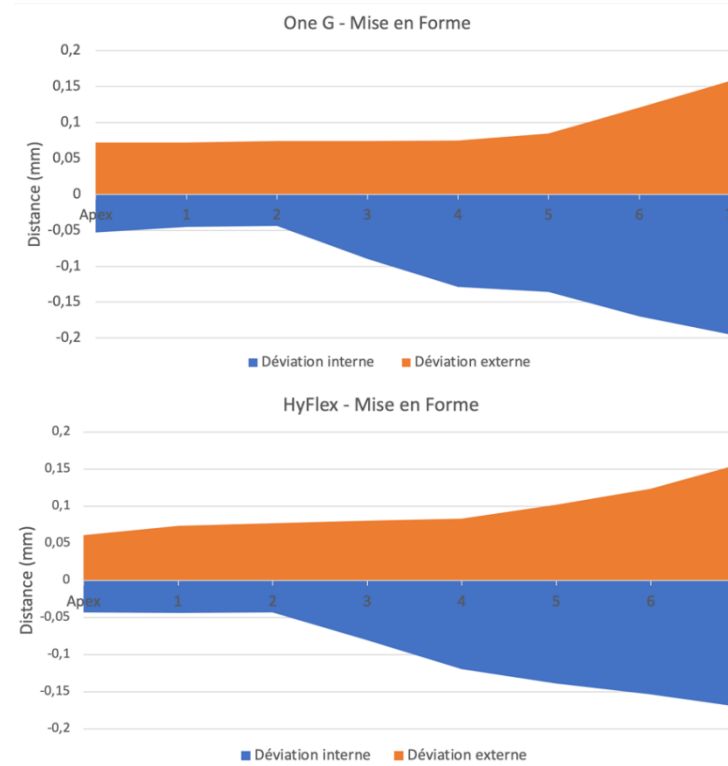
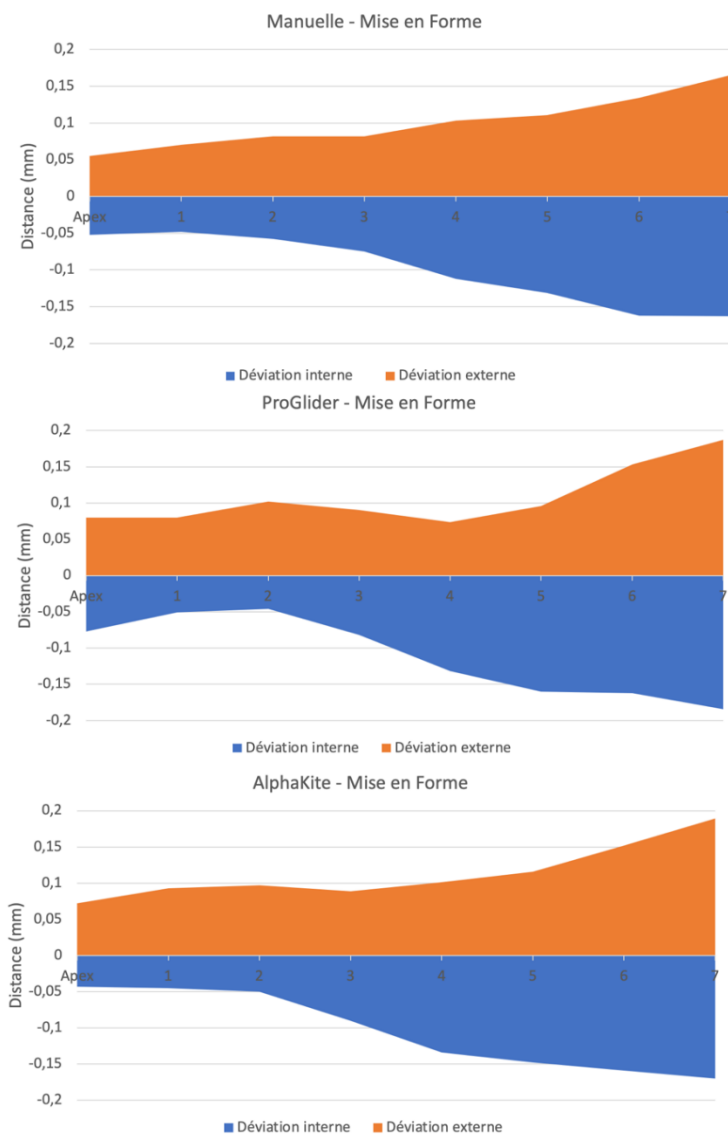


Figure 34. Graphiques des déviations de trajectoire après mise en forme (Source : Document personnel).

- *Glide Path*

Concernant les déviations sur la partie externe du canal, nous pouvons noter qu'à 2 mm de l'apex, les limes manuelles engendrent une déviation significativement supérieure aux limes HyFlex ( $p < 0,05$ ). Il est également à noter qu'à l'apex, la déviation retrouvée après ProGlider est significativement inférieure à celle retrouvée après AlphaKite ( $p < 0,05$ ).

S'agissant de la déviation de la partie interne, les déviations retrouvées à 6 mm, 5 mm, 4 mm et à l'apex suite au passage du ProGlider sont significativement supérieures à celles retrouvées après AlphaKite ( $p < 0,01$  pour chaque point). Concernant HyFlex, à 6 mm, la déviation est significativement supérieure à celle retrouvée après ProGlider ( $p < 0,01$ ). Pour One G, à 2 mm, 1 mm et à l'apex, les déviations sont significativement moins importantes qu'avec AlphaKite (respectivement  $p < 0,01$  à 1 mm et 2 mm et  $p < 0,001$  à l'apex). Toujours pour One G, à l'apex, la déviation est significativement moins importante que pour HyFlex ( $p < 0,05$ ). Les trajectoires sont globalement moins respectées avec les limes HyFlex et Alphakite. AlphaKite a de plus une forte tendance à générer une déviation interne.

- Mise en forme

Suite à la mise en forme avec One Curve, aucune différence significative n'a été relevée entre les différents groupes. Les valeurs sont globalement similaires quelle que soit la lime de *Glide Path* utilisée en amont. Nous pouvons toutefois observer une légère tendance à la déviation externe entre l'apex et LT-2 mm.

### 3.3.3 Différences relevées entre les valeurs théoriques et mesurées

Les tableaux suivants reprennent les valeurs mesurées (de l'apex à LT-7 mm) et les comparent avec les valeurs théoriques (correspondant aux diamètres réels des instruments utilisés pour le *Glide Path* et la mise en forme) (Tableaux 5 à 9).

Tableau 5. Valeurs théoriques et mesurées pour le *Glide Path* manuel et pour la mise en forme avec le One Curve.

	<b>Cathétérisme Théorique (mm)</b>	<b>Cathétérisme Mesurée (mm)</b>	<b>Cathétérisme mesurée – théorique (mm)</b>	<b>MeF Théorique (mm)</b>	<b>MeF Mesurée (mm)</b>	<b>MeF mesurée – théorique (mm)</b>
<b>Apex</b>	0,15	0,185	0,035	0,25	0,292	0,042
<b>1 mm</b>	0,17	0,203	0,033	0,31	0,321	0,011
<b>2 mm</b>	0,19	0,228	0,038	0,37	0,368	-0,002
<b>3 mm</b>	0,21	0,248	0,038	0,43	0,405	-0,025
<b>4 mm</b>	0,23	0,265	0,035	0,49	0,48	-0,01
<b>5 mm</b>	0,25	0,287	0,037	0,55	0,529	-0,021
<b>6 mm</b>	0,27	0,299	0,029	0,61	0,595	-0,015
<b>7 mm</b>	0,29	0,326	0,036	0,67	0,654	-0,016

- *Glide Path*

Les diamètres mesurés sont plus importants que les diamètres théoriques correspondants sur toute la longueur du canal.

- Mise en forme

Les diamètres mesurés sont plus importants au niveau apical et à 1 mm (respectivement 0,042 mm et 0,011 mm). Au-delà de 1 mm, ils apparaissent comme légèrement inférieurs aux valeurs théoriques.

Tableau 6. Valeurs théoriques et mesurées pour le *Glide Path* avec le One G et pour la mise en forme au One Curve.

	<b>Cathétérisme Théorique (mm)</b>	<b>Cathétérisme Mesurée (mm)</b>	<b>Cathétérisme mesurée – théorique (mm)</b>	<b>MeF Théorique (mm)</b>	<b>MeF Mesurée (mm)</b>	<b>MeF mesurée – théorique (mm)</b>
<b>Apex</b>	0,14	0,162	0,022	0,25	0,287	0,037
<b>1 mm</b>	0,17	0,179	0,009	0,31	0,296	-0,014
<b>2 mm</b>	0,2	0,204	0,004	0,37	0,322	-0,048
<b>3 mm</b>	0,23	0,23	0	0,43	0,394	-0,036
<b>4 mm</b>	0,26	0,251	-0,009	0,49	0,455	-0,035
<b>5 mm</b>	0,29	0,282	-0,008	0,55	0,503	-0,047
<b>6 mm</b>	0,32	0,293	-0,027	0,61	0,584	-0,026
<b>7 mm</b>	0,35	0,326	-0,024	0,67	0,679	0,009

- *Glide Path*

Le diamètre moyen déterminé au niveau apical est plus important que le diamètre théorique (0,022 mm). Les valeurs moyennes mesurées entre 1 et 5 mm sont similaires aux valeurs théoriques correspondantes alors qu'elles sont inférieures à 6 et à 7 mm.

- Mise en forme

Suite à la mise en forme le diamètre moyen déterminé au niveau apical est plus important que le diamètre théorique (0,037 mm). À l'inverse, les diamètres moyens obtenus entre 1 et 6 mm sont inférieurs aux diamètres théoriques correspondants alors qu'à 7 mm le diamètre moyen est similaire au diamètre théorique.

Tableau 7. Valeurs théoriques et mesurées pour le *Glide Path* avec le ProGlider puis la mise en forme au One Curve.

	<b>Cathétérisme Théorique (mm)</b>	<b>Cathétérisme Mesurée (mm)</b>	<b>Cathétérisme mesurée – théorique (mm)</b>	<b>MeF Théorique (mm)</b>	<b>MeF Mesurée (mm)</b>	<b>MeF mesurée – théorique (mm)</b>
<b>Apex</b>	0,16	0,165	0,005	0,25	0,322	0,072
<b>1 mm</b>	0,18	0,193	0,013	0,31	0,324	0,014
<b>2 mm</b>	0,2	0,223	0,023	0,37	0,371	0,001
<b>3 mm</b>	0,22	0,238	0,018	0,43	0,41	-0,02
<b>4 mm</b>	0,24	0,246	0,006	0,49	0,452	-0,038
<b>5 mm</b>	0,26	0,27	0,01	0,55	0,526	-0,024
<b>6 mm</b>	0,28	0,286	0,006	0,61	0,601	-0,009
<b>7 mm</b>	0,3	0,322	0,022	0,67	0,693	0,023

- *Glide Path*

Les diamètres mesurés sont plus importants que les diamètres théoriques correspondants sur toute la longueur du canal. Toutefois, les valeurs apparaissent comme similaires à l'apex, 4 et 6 mm.

- Mise en forme

Les diamètres moyens déterminés au niveau apical et à 1 mm sont plus importants que les diamètres théoriques correspondants (respectivement 0,072 et 0,014 mm). À l'inverse, les diamètres moyens obtenus entre 3 et 6 mm sont inférieurs aux diamètres théoriques correspondants alors qu'à 7 mm le diamètre moyen est supérieur au diamètre théorique.

Tableau 8. Valeurs théoriques et mesurées pour le *Glide Path* avec le HyFlex puis la mise en forme au One Curve.

	<b>Cathétérisme Théorique (mm)</b>	<b>Cathétérisme Mesurée (mm)</b>	<b>Cathétérisme mesurée – théorique (mm)</b>	<b>MeF Théorique (mm)</b>	<b>MeF Mesurée (mm)</b>	<b>MeF mesurée – théorique (mm)</b>
<b>Apex</b>	0,15	0,213	0,063	0,25	0,317	0,067
<b>1 mm</b>	0,18	0,2	0,02	0,31	0,317	0,007
<b>2 mm</b>	0,21	0,209	-0,001	0,37	0,329	-0,041
<b>3 mm</b>	0,24	0,241	0,001	0,43	0,402	-0,028
<b>4 mm</b>	0,27	0,258	-0,012	0,49	0,461	-0,029
<b>5 mm</b>	0,3	0,28	-0,02	0,55	0,521	-0,029
<b>6 mm</b>	0,33	0,319	-0,011	0,61	0,596	-0,014
<b>7 mm</b>	0,36	0,343	-0,017	0,67	0,674	0,004

- *Glide Path*

Les diamètres moyens déterminés au niveau apical et à 1 mm sont plus importants que les diamètres théoriques (respectivement 0,063 et 0,020 mm). Les valeurs moyennes mesurées entre 4 et 7 mm sont inférieures aux valeurs théoriques correspondantes

- Mise en forme

Pour ce qui est de la mise en forme, le diamètre moyen au niveau apical est plus important que le diamètre théorique (0,067 mm). Les diamètres moyens obtenus entre 2 et 6 mm sont inférieurs aux diamètres théoriques correspondants alors qu'à 7 mm le diamètre moyen est similaire au diamètre théorique.



Tableau 9. Valeurs théoriques et mesurées pour les blocs avec AlphaKite puis la mise en forme au One Curve.

	<b>Cathétérisme Théorique (mm)</b>	<b>Cathétérisme Mesurée (mm)</b>	<b>Cathétérisme mesurée – théorique (mm)</b>	<b>MeF Théorique (mm)</b>	<b>MeF Mesurée (mm)</b>	<b>MeF mesurée – théorique (mm)</b>
<b>Apex</b>	0,15	0,221	0,071	0,25	0,336	0,086
<b>1 mm</b>	0,18	0,209	0,029	0,31	0,347	0,037
<b>2 mm</b>	0,21	0,233	0,023	0,37	0,38	0,01
<b>3 mm</b>	0,24	0,251	0,011	0,43	0,43	0
<b>4 mm</b>	0,27	0,266	-0,004	0,49	0,501	0,011
<b>5 mm</b>	0,3	0,291	-0,009	0,55	0,555	0,005
<b>6 mm</b>	0,33	0,319	-0,011	0,61	0,63	0,02
<b>7 mm</b>	0,36	0,347	-0,013	0,67	0,706	0,036

- *Glide Path*

Les diamètres moyens mesurés entre l'apex et 3 mm sont plus importants que les diamètres théoriques. Les valeurs moyennes mesurées entre 4 et 7 mm sont inférieures aux valeurs théoriques correspondantes.

- Mise en forme

Les diamètres moyens mesurés sont globalement supérieurs aux diamètres théoriques sur toute la longueur du canal avec une différence majeure au niveau apical.

Tous les instruments de *Glide Path* engendrent un élargissement apical. Au niveau apical, le plus petit diamètre moyen est retrouvé avec ProGlider (0,005 mm) et le plus important avec AlphaKite (0,071 mm).

En moyenne, les limes manuelles engendrent plus de déformation.

S'agissant de la mise en forme, l'apex est la zone qui présente la plus grande différence entre valeurs mesurées et théoriques et ce, toujours dans le sens d'un élargissement.

## 3.4 Discussion

### 3.4.1 Forces en pénétration / retrait

- Lors du Glide Path

En pénétration, tous les instruments de *Glide Path* présentent des forces croissantes identiques et sans différence significative aux cycles 3, 4 et 6. Les différences significatives deviennent d'autant plus marquées après la courbure apicale, lors des cycles 8 et 9. Les instruments One G et ProGlider subissent 2,5 fois moins de force que les instruments HyFlex et AlphaKite.

Ces forces sont liées au phénomène d'aspiration que l'instrument subit. La cellule de force enregistre d'une part les forces nécessaires pour retenir l'instrument et d'autre part la composante verticale des contraintes de flexion subies par l'instrument.

La lime HyFlex est la seule présentant un traitement thermique martensitique à température ambiante la rendant plus flexible mais également plus molle. Cette dernière est donc moins coupante/travaillante que les autres, ce qui peut expliquer que les forces observées soient plus importantes. La lime Alphakite est la seule présentant une limite de torque inférieure à 0,5 N.cm. Les forces de pénétration sont donc plus importantes, permettant de compenser le potentiel de coupe diminué.

Au retrait, les forces sont plus importantes pour les limes One G et ProGlider sur la partie coronaire du canal correspondant aux cycle 3 et 4. Concernant le ProGlider, sa conicité importante (8%) en coronaire explique sans doute les résultats obtenus. De plus, du fait d'une section carrée et d'un diamètre apical en 16/100 de mm, l'instrument subit probablement plus de contraintes coronaires. Les résultats du One G sont plus difficiles à expliquer, ce dernier présentant un diamètre de pointe proche d'AlphaKite et une conicité similaire. La vitesse plus élevée et l'angle de coupe de One G inhérent à sa triple hélice pourraient expliquer en partie ces résultats.

Aux Cycles 8 et 9, la lime AlphaKite présente des forces significativement plus élevées par rapport aux autres instruments, soldées à cinq reprises sur dix par un arrêt du moteur suite à l'atteinte du couple maximum et donc un arrêt du protocole.

L'hypothèse émise serait que le couple fabricant est trop faible (0,4 N.cm). Effectivement, ces valeurs significativement plus élevées ont été relevées au niveau apical, là où les contraintes de torsion sont les plus importantes et où le couple transmis à l'instrument est également le plus important.

- Lors de la mise en forme

Lors de la mise en forme, les forces relevées en pénétration/retrait restent similaires quels que soient les instruments de *Glide Path* utilisés en amont. Nous remarquons une nette augmentation des forces en retrait à partir du 5<sup>e</sup> cycle, correspondant au début de la courbure, et jusqu'au 9<sup>e</sup> cycle. Au retrait et au niveau apical, les forces relevées sont plus importantes suite aux *Glide Path* réalisés avec les instruments HyFlex. Encore une fois, nous pouvons penser que l'alliage martensitique de l'HyFlex entraîne une perte d'efficacité de coupe, un écrasement de l'alliage et une augmentation des forces appliquées sur la lime marquée par une légère déviation apicale. Le pré-élargissement est ainsi moins important et, comme le relèvent nos résultats, l'instrument de mise en forme est soumis à plus de contraintes, sans différence significative cependant.

Enfin, malgré plusieurs arrêts aux cycles 8 et 9, le *Glide Path* réalisé avec l'AlphaKite n'a engendré aucune contrainte supplémentaire lors de la mise en forme à l'aide de l'instrument One Curve. Il reste néanmoins important de souligner que les résultats exposés des instruments Alphakite ne prennent pas en compte les quatre arrêts de protocole au niveau apical. Encore une fois, le profil et le traitement thermique C-Wire du One Curve permettent sans doute de compenser les défauts liés au pré-élargissement.

### 3.4.2 Déviations de trajectoire

- Suite au Glide Path

Après passage des instruments de *Glide Path*, nous observons que les apex sont significativement plus ouverts lors de l'utilisation des limes HyFlex et AlphaKite avec une tendance à la déviation interne. Ces résultats peuvent s'expliquer pour une part du fait de l'état martensitique des limes HyFlex à température ambiante. Ces limes subissent probablement une déformation plus importante sur elles-mêmes lors du pré-élargissement et présentent une capacité de coupe plus faible. Elles vont ainsi potentiellement subir plus de contraintes et ce tout particulièrement dans les zones apicales, pouvant expliquer une ouverture plus importante. D'autre part, pour AlphaKite, la faible vitesse de rotation et le faible couple rendent sans doute la lime moins efficace et plus sujette aux contraintes ; cette hypothèse pourrait expliquer les arrêts constatés au niveau apical et une ouverture apicale plus importante.

Le centrage plus important observé après passage du One G pourrait s'expliquer par la présence d'un profil à 3 arrêtes de coupes positionnées sur trois rayons différents. L'instrument One G est donc probablement plus flexible et permettrait une meilleure élimination des débris et un meilleur respect de la courbure canalaire. Les limes manuelles et le ProGlider offrent également un bon centrage apical. Le ProGlider présente un léger déplacement interne de 2 à 6 mm, soit au moment de négocier la courbure du bloc, qui peut être lié à sa conicité variable importante dans sa portion « coronaire ». Le fait d'utiliser une lime manuelle de faible diamètre et de la pré-courber permet un bon respect de la zone apicale (Hartmann et coll, 2007).

Nos résultats montrent un élargissement plus important avec les limes manuelles, celui-ci restant néanmoins centré (Alovisi et coll., 2017). Cette observation est liée à la technique manuelle qui reste plus opérateur-dépendante et moins reproductible que les techniques mécanisées. Comme le souligne également la littérature, les résultats obtenus suite au *Glide Path* mécanisé sont similaires ou meilleurs à ceux obtenus avec un cathétérisme manuel en termes de centrage canalaire et déplacement apical (Alves et coll. 2012, Pasqualini et coll, 2012, D'Amario et coll, 2013, Kirchhof et coll, .2015, Turker et Uzunoglu, 2015 ; Hartmann et coll, 2018). De

plus, le cathétérisme manuel est moins rapide à effectuer (D'Amario et coll, 2013, Jonker et coll, 2014, Han, et coll, 2018).

- Suite à la mise en forme

Malgré les différences significatives observées entre les différents instruments de *Glide Path*, nous n'observons aucune différence significative après mise en forme à l'aide de l'instrument One Curve. Ces résultats peuvent en partie s'expliquer du fait du profil particulier du One Curve passant d'une triple hélice dans sa zone apicale à une double hélice dans la zone « coronaire ». De plus, le traitement thermique C-Wire du One Curve peut sans doute compenser ces différences.

Nous pouvons observer pour tous les instruments une tendance à la déviation externe entre l'apex et LT-2 mm, correspondant à la zone la plus apicale de la courbure canalaire où sont majoritairement concentrées les contraintes.

La zone coronaire de la courbure est quant à elle marquée par une déviation vers l'intérieur, expliquée par le retrait répété de la lime dans le protocole de pénétration/retrait. Ces résultats sont en cohérence avec la littérature montrant un redressement progressif des courbures lors de la mise en forme canalaire (Peters, 2004).

Globalement, les mises en forme obtenues avec les instruments One Curve sont similaires quels que soient les instruments de *Glide Path* utilisés.

De la même façon et en accord avec nos résultats, la littérature ne montre pas de différence de mise en forme concernant le centrage canalaire et le déplacement apical après passage d'instruments de *Glide Path* mécanisés et d'instruments manuels (Uroz-Torres et coll, 2009, Meireles et coll, 2012, Zanette et coll, 2014, Carvalho et coll, 2015, Turker, Uzunoglu 2015, Coelho et coll, 2016 ; Hartmann et coll, 2018). Cependant, à l'inverse, Alovisei et coll. (2017) ont montré un meilleur centrage canalaire après mise en forme suite à un cathétérisme manuel par rapport à un *Glide Path* mécanisé, ce que nous n'observons pas dans notre étude, chaque trajectoire étant similaire.

### 3.4.3 Différences relevées entre les valeurs théoriques et mesurées

S'agissant des limes manuelles, les diamètres moyens mesurés les plus importants peuvent, encore une fois, s'expliquer du fait d'une rigidité accrue et donc d'une plus grande difficulté à gérer les courbures. Toutefois, le diamètre apical n'apparaît, en moyenne, pas plus élargi qu'avec les limes de *Glide Path* en NiTi. Concernant les instruments de *Glide Path* en NiTi, aucun ne se détache réellement des autres, ils génèrent tous, excepté ProGlider, un diamètre apical mesuré plus important que le diamètre théorique. Le même résultat a été mesuré pour l'instrument One Curve. Ce résultat peut probablement s'expliquer par l'accumulation des contraintes au niveau de la pointe des instruments au sein de cette zone apicale. Toujours s'agissant du *Glide Path*, il est à noter que ProGlider est l'instrument qui permet l'obtention d'un diamètre apical le plus proche du diamètre de l'instrument alors qu'à l'inverse AlphaKite est l'instrument qui génère le plus de différence. Encore une fois, le profil et les paramètres d'utilisation des différents instruments peuvent expliquer en partie ces résultats. Enfin, concernant la mise en forme, il est encore une fois à noter que la nature de l'instrument de *Glide Path* n'influence pas les résultats obtenus après passage du One Curve.

L'obtention de valeurs négatives tant pour le *Glide Path* que pour la mise en forme pourrait quant à elle s'expliquer par un écrasement de l'alliage de NiTi sous la contrainte imposée par le faible diamètre initial et la courbure du canal. Enfin, le manque potentiel de précision lié à la technique d'analyse peut également jouer un rôle dans l'explication de ces résultats. Aucune valeur négative n'a été retrouvée avec les limes manuelles.

## Conclusion

Le *Glide Path* manuel ou mécanisé est indispensable au bon déroulement et à la réussite du traitement endodontique. Il permet de limiter le risque d'erreurs opératoires et de sécuriser l'acte endodontique. L'utilisation de limes mécanisées en NiTi permet, entre autres, de diminuer le temps de travail et de réduire les erreurs opératoires par rapport à un *Glide Path* manuel. Toutefois, leur coût relativement élevé rend difficile leur usage systématique en endodontie.

Dans la limite de notre étude et s'agissant du *Glide Path*, les meilleurs résultats ont été obtenus avec le One G, suivi par le ProGlider et enfin l'HyFlex. Le cathétérisme manuel donne des résultats similaires ou égaux à ceux obtenus à l'aide des instruments mécanisés (Elnaghy et Elsaka 2014, Dhingra et coll, 2015, Ocampo et coll, 2015, Amaral et coll, 2016).

Concernant la mise en forme, l'instrument de *Glide Path* utilisé n'influence pas le résultat obtenu.

L'instrument de mise en forme pourrait compenser, dans une certaine mesure, les différences retrouvées après passage des limes de *Glide Path*. Ainsi, la réalisation d'une nouvelle étude avec différents instruments de mise en forme serait intéressante afin de voir si l'instrument de *Glide Path* n'a réellement aucune influence sur la mise en forme.

Aussi, une étude sur dents naturelles permettrait une transposition clinique plus juste. Cependant, une telle étude compliquerait la comparaison des résultats du fait d'une absence de reproductibilité de l'anatomie radiculaire des dents naturelles.



## Références bibliographiques

1. Adigüzel M, Yılmaz K, Tüfenkçi P. Comparison of postoperative pain intensity after using reciprocating and continuous rotary glide path systems: a randomized clinical trial. *Restor Dent Endod*. 2019; 44(1): e9.
2. Ajuz NCC, Armada L, Gonçalves LS, Debelian G, Siqueira JF. Glide path preparation in S-shaped canals with rotary pathfinding nickel-titanium instruments. *J Endod*. 2013; 39(4): 534 7.
3. Al Raeesi D, Kwak SW, Ha JH, Sulaiman S, El Abed R, Kim HC. Mechanical Properties of Glide Path Preparation Instruments with Different Pitch Lengths. *J Endod*. 2018; 44(5): 864 8.
4. Alovisi M, Cemenasco A, Mancini L, Paolino D, Scotti N, Bianchi CC, et coll. Micro-CT evaluation of several glide path techniques and ProTaper Next shaping outcomes in maxillary first molar curved canals. *Int Endod J*. 2017; 50(4): 387 97.
5. Alves V de O, Bueno CE da S, Cunha RS, Pinheiro SL, Fontana CE, de Martin AS. Comparison among manual instruments and PathFile and Mtwo rotary instruments to create a glide path in the root canal preparation of curved canals. *J Endod*. 2012; 38(1): 117 20.
6. Aydın U, Karataslioglu E. Evaluation of canal transportation after preparation with Reciproc single-file systems with or without glide path files. *J Conserv Dent*. 2017; 20(4): 230 3.
7. Aydın ZU, Keskin NB, Özyürek T, Geneci F, Ocak M, Çelik HH. Microcomputed Assessment of Transportation, Centering Ratio, Canal Area, and Volume Increase after Single-file Rotary and Reciprocating Glide Path Instrumentation in Curved Root Canals: A Laboratory Study. *J Endod*. 2019; 45(6): 791 6.
8. Ba-Hattab R, Pröhl AK, Lang H, Pahncke D. Comparison of the shaping ability of GT® Series X, Twisted Files and AlphaKite rotary nickel-titanium systems in simulated canals. *BMC Oral Health*. 2013; 13: 72.
9. Bergmans L, Van Cleynenbreugel J, Wevers M, Lambrechts P. Mechanical root canal preparation with NiTi rotary instruments: rationale, performance and safety: Status report for the American Journal of Dentistry. *Am J Dent*. 2001; 14(5): 324 33.

10. Berutti E, Cantatore G, Castellucci A, Chiandussi G, Pera F, Migliaretti G, et coll. Use of nickel-titanium rotary PathFile to create the glide path: comparison with manual preflaring in simulated root canals. *J Endod.* 2009; 35(3): 408 12.
11. Berutti E, Negro AR, Lendini M, Pasqualini D. Influence of manual preflaring and torque on the failure rate of ProTaper rotary instruments. *J Endod.* 2004;30(4):228 30.
12. Berutti E, Paolino DS, Chiandussi G, Alovise M, Cantatore G, Castellucci A, et coll. Root canal anatomy preservation of WaveOne reciprocating files with or without glide path. *J Endod.* 2012; 38(1): 101 4.
13. Bürklein S, Poschmann T, Schäfer E. Shaping ability of different nickel-titanium systems in simulated S-shaped canals with and without glide path. *J Endod.* 2014; 40(8): 1231 4.
14. Bürklein S, Schäfer E. Critical evaluation of root canal transportation by instrumentation. *Endod Topics.* 2013; 29(1): 110 24.
15. Cassim I, van der Vyver PJ. The importance of glide path preparation in endodontics: a consideration of instruments and literature. *SADJ.* 2013; 68(7): 322, 324 7.
16. Česaitienė G, Venskutonis T, Mačiulskienė V, Cicėnas V, Samaitis V, Jasiūnienė E. Micro-Computed Tomography (Micro-CT) Evaluation of Effects of Different Rotary Glide Path Techniques on Canal Transportation and Centering in Curved Root Canals. *Med Sci Monit.* 2019; 25: 6351 8.
17. Coelho MS, Fontana CE, Kato AS, de Martin AS, da Silveira Bueno CE. Effects of Glide Path on the Centering Ability and Preparation Time of Two Reciprocating Instruments. *Iran Endod J.* 2016; 11(1): 33 7.
18. D'Amario M, Baldi M, Petricca R, De Angelis F, El Abed R, D'Arcangelo C. Evaluation of a new nickel-titanium system to create the glide path in root canal preparation of curved canals. *J Endod.* 2013; 39(12): 1581 4.
19. de Carvalho GM, Sponchiado Junior EC, Garrido ADB, Lia RCC, Garcia L da FR, Marques AAF. Apical Transportation, Centering Ability, and Cleaning Effectiveness of

Reciprocating Single-file System Associated with Different Glide Path Techniques. *J Endod.* 2015; 41(12): 2045 9.

20. Dhingra A, Manchanda N. Modifications in Canal Anatomy of Curved Canals of Mandibular First Molars by two Glide Path Instruments using CBCT. *J Clin Diagn Res.* 2014; 8(11): ZC13-17.

21. Dhingra A, Nagar N, Sapra V. Influence of the glide path on various parameters of root canal prepared with WaveOne reciprocating file using cone beam computed tomography. *Dent Res J (Isfahan).* 2015; 12(6): 534 40.

22. Elnaghy AM, Elsaka SE. Evaluation of root canal transportation, centering ratio, and remaining dentin thickness associated with ProTaper Next instruments with and without glide path. *J Endod.* 2014; 40(12): 2053 6.

23. Etesami MJ, Derakhshan SL, Moghadam KN, Saravi ME. In vitro comparison rate of dental root canal transportation using two single file systems on the simulated resin blocks. *JDM.* 2016; 29(1): 47 52.

24. Gambill JM, Alder M, del Rio CE. Comparison of nickel-titanium and stainless steel hand-file instrumentation using computed tomography. *J Endod.* 1996; 22(7): 369 75.

25. Gergi R, Rjeily JA, Sader J, Naaman A. Comparison of canal transportation and centering ability of twisted files, Pathfile-ProTaper system, and stainless steel hand K-files by using computed tomography. *J Endod.* 2010; 36(5): 904 7.

26. Ha JH, Jeon HJ, Abed RE, Chang SW, Kim SK, Kim HC. Effect of repetitive pecking at working length for glide path preparation using G-file. *Restor Dent Endod.* 2015; 40(2): 123 7.

27. Ha JH, Park SS. Influence of glide path on the screw-in effect and torque of nickel-titanium rotary files in simulated resin root canals. *Restor Dent Endod.* 2012; 37(4): 215 9.

28. Han Y, Bai YH, Hou XM. [Glide path management of rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals]. *Beijing Da Xue Xue Bao.* 2018; 50(1): 148 53.

29. Hartmann MSM, Barletta FB, Camargo Fontanella VR, Vanni JR. Canal transportation after root canal instrumentation: a comparative study with computed tomography. *J Endod.* 2007;33(8):962-5.
30. Hartmann RC, Peters OA, de Figueiredo J a. P, Rossi-Fedele G. Association of manual or engine-driven glide path preparation with canal centring and apical transportation: a systematic review. *Int Endod J.* 2018; 51(11): 1239 52.
31. Jafarzadeh H, Abbott PV. Ledge formation: review of a great challenge in endodontics. *J Endod.* 2007; 33(10): 1155 62.
32. Jain N, Pawar AM, Ukey PD, Jain PK, Thakur B, Gupta A. Preservation of root canal anatomy using self-adjusting file instrumentation with glide path prepared by 20/0.02 hand files versus 20/0.04 rotary files. *J Conserv Dent.* 2017; 20(2): 81 5.
33. Jonker CH, Van der Vyver PJ, De Wet FA. The influence of glide path preparation on the failure rate of WaveOne reciprocating instruments. *SADJ.* 2014; 69(6): 266 9.
34. Keskin C, Sivas Yilmaz Ö, Inan U, Özdemir Ö. Postoperative pain after glide path preparation using manual, reciprocating and continuous rotary instruments: a randomized clinical trial. *Int Endod J.* 2019; 52(5): 579 87.
35. Keskin C, Saryılmaz E, Demiral M. Shaping ability of Reciproc Blue reciprocating instruments with or without glide path in simulated S-shaped root canals. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 2018; 12(1): 63 7.
36. Kirchhoff AL, Chu R, Mello I, Garzon ADP, dos Santos M, Cunha RS. Glide Path Management with Single- and Multiple-instrument Rotary Systems in Curved Canals: A Micro-Computed Tomographic Study. *J Endod.* 2015; 41(11): 1880 3.
37. Kumar A, Sarthaj S. Glide Path in Endodontics. *J Conserv Dent.* 2017; 2(2):48-51. 2017;2(2):48-51
38. Maia Filho EM, Dos Reis Santos RM, Lima DM, da Silva Pereira SM, Soares JA, de Jesus Tavares RR, et coll. Shaping Ability of ProTaper Next, WaveOne, and Reciproc in Simulated Root Canals. *J Contemp Dent Pract.* 2016; 17(11): 902 6.
39. Meireles D, Marques A, Garcia L, Garrido A, Sponchiado Jr E. Assessment of apical deviation of root canals after debridement with the hybrid, ProTaper and PathFile systems. *J Interdiscip Dent.* 2012; 2: 20 4.

40. Nakagawa RKL, Alves JL, Buono VTL, Bahia MGA. Flexibility and torsional behaviour of rotary nickel-titanium PathFile, RaCe ISO 10, Scout RaCe and stainless steel K-File hand instruments. *Int Endod J.* 2014; 47(3): 290 7.
41. Navós BV, Hoppe CB, Mestieri LB, Böttcher DE, Só MVR, Grecca FS. Centering and transportation: in vitro evaluation of continuous and reciprocating systems in curved root canals. *J Conserv Dent.* 2016; 19(5): 478 81.
42. Nazarimoghadam K, Daryaeian M, Ramazani N. An In Vitro Comparison of Root Canal Transportation by Reciproc File With and Without Glide Path. *Journal of dentistry (Tehran, Iran).* 2014; 11: 554 9.
43. Özyürek T, Uslu G, Yılmaz K, Gündoğar M. Effect of Glide Path Creating on Cyclic Fatigue Resistance of Reciproc and Reciproc Blue Nickel-titanium Files: A Laboratory Study. *J Endod.* 2018; 44(6): 1033 7.
44. Özyürek T, Yılmaz K, Uslu G. Shaping Ability of Reciproc, WaveOne GOLD, and HyFlex EDM Single-file Systems in Simulated S-shaped Canals. *J Endod.* 2017; 43(5): 805 9.
45. Paleker F, van der Vyver PJ. Comparison of Canal Transportation and Centering Ability of K-files, ProGlider File, and G-Files: A Micro-Computed Tomography Study of Curved Root Canals. *J Endod.* 2016; 42(7): 1105 9.
46. Paleker F, van der Vyver PJ. Glide Path Enlargement of Mandibular Molar Canals by Using K-files, the ProGlider File, and G-Files: A Comparative Study of the Preparation Times. *J Endod.* 2017; 43(4): 609 12.
47. Pasqualini D, Bianchi CC, Paolino DS, Mancini L, Cemenasco A, Cantatore G, et coll. Computed micro-tomographic evaluation of glide path with nickel-titanium rotary PathFile in maxillary first molars curved canals. *J Endod.* 2012; 38(3): 389 93.
48. Pasqualini D, Mollo L, Scotti N, Cantatore G, Castellucci A, Migliaretti G, et coll. Postoperative pain after manual and mechanical glide path: a randomized clinical trial. *J Endod.* 2012; 38(1): 32 6.
49. Patiño PV, Biedma BM, Liébana CR, Cantatore G, Bahillo JG. The influence of a manual glide path on the separation rate of NiTi rotary instruments. *J Endod.* 2005; 31(2): 114 6.

50. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod.* 2004; 30(8): 559-67.
51. Plotino G, Nagendrababu V, Bukiet F, Grande NM, Veettil SK, De-Deus G, et coll. Influence of Negotiation, Glide Path, and Preflaring Procedures on Root Canal Shaping-Terminology, Basic Concepts, and a Systematic Review. *J Endod.* 2020; 46(6): 707-729.
52. Ruddle CJ, Machtou P, West JD. Endodontic canal preparation: innovations in glide path management and shaping canals. *Dent Today.* 2014; 33(7): 118-23.
53. Shi L, Wagle S. Comparing the Centering Ability of Different Pathfinding Systems and Their Effect on Final Instrumentation by Hyflex CM. *J Endod.* 2017; 43(11): 1868-71.
54. Song YL, Bian Z, Fan B, Fan MW, Gutmann JL, Peng B. A comparison of instrument-centering ability within the root canal for three contemporary instrumentation techniques. *Int Endod J.* 2004; 37(4): 265-71.
55. Topçuoğlu HS, Topçuoğlu G, Kafdağ Ö, Arslan H. Cyclic fatigue resistance of new reciprocating glide path files in 45- and 60-degree curved canals. *Int Endod J.* 2018; 51(9): 1053-8.
56. Topçuoğlu HS, Düzgün S, Akpek F, Topçuoğlu G, Aktı A. Influence of a glide path on apical extrusion of debris during canal preparation using single-file systems in curved canals. *Int Endod J.* juin 2016;49(6):599-603.
57. Türker SA, Uzunoğlu E. Apical root canal transportation of different pathfinding systems and their effects on shaping ability of ProTaper Next. *J Clin Exp Dent.* 2015; 7(3): e392-395.
58. Uroz-Torres D, González-Rodríguez MP, Ferrer-Luque CM. Effectiveness of a manual glide path on the preparation of curved root canals by using Mtwo rotary instruments. *J Endod.* 2009; 35(5): 699-702.
59. van der Vyver PJ, Paleker F, Vorster M, de Wet FA. Micro-computed tomographic evaluation of two single rotary glide path systems. *Int Endod J.* 2018; 52(3): 352-358.

60. Vincent M. Développement d'un instrument endodontique en alliage à mémoire de forme monocristallin cuivreux [thèse de doctorat]. [Nancy] : Université de Lorraine, EMMA, 2017. 156 p.
61. Vorster M, van der Vyver PJ, Paleker F. Influence of Glide Path Preparation on the Canal Shaping Times of WaveOne Gold in Curved Mandibular Molar Canals. *J Endod.* 2018; 44(5): 853 5.
62. Vorster M, van der Vyver PJ, Paleker F. Canal Transportation and Centering Ability of WaveOne Gold in Combination with and without Different Glide Path Techniques. *J Endod.* 2018; 44(9): 1430 5.
63. West JD. Finishing: the essence of exceptional endodontics. *Dent Today.* 2001; 20(3): 36 41.
64. West J. Endodontic Update 2006. *J Esthet Restor Dent.* 2006; 18(5): 280 300.
65. West J. Manual versus mechanical endodontic glidepath. *Dent Today.* 2011; 30(1): 136, 138, 140 passim.
66. West JD. The endodontic Glidepath: « Secret to rotary safety ». *Dent Today.* 2010; 29(9): 86, 88, 90 3.
67. Yilmaz A, Kucukay ES, Istektepe M, Sisli SN, Ersev H, Karagoz-Kucukay I. Comparison of the Shaping Ability of WaveOne Reciprocating Files with or without Glide Path in Simulated Curved S-shaped Root Canals. *J Int Soc Prev Community Dent.* 2017; 7(Suppl 1): S13 7.
68. Zanette F, Grazziotin-Soares R, Flores ME, Camargo Fontanella VR, Gavini G, Barletta FB. Apical root canal transportation and remaining dentin thickness associated with ProTaper Universal with and without PathFile. *J Endod.* 2014; 40(5): 688 93.
69. Zheng L, Ji X, Li C, Zuo L, Wei X. Comparison of glide paths created with K-files, PathFiles, and the ProGlider file, and their effects on subsequent WaveOne preparation in curved canals. *BMC Oral Health.* 2018; 18(1): 152.

## Références bibliographiques électroniques

70. Bellhari K. Le défi des canaux courbes : Apport du cathétérisme mécanisé en endodontie [Internet]. Clinic. 2014 [cité 16 janv 2020] ; 35 : 1-7. Disponible sur : [https://www.academia.edu/9926697/Glide\\_path\\_instrument.\\_Apport\\_du\\_cath%C3%A9trisme\\_m%C3%A9canis%C3%A9\\_en\\_endodontie](https://www.academia.edu/9926697/Glide_path_instrument._Apport_du_cath%C3%A9trisme_m%C3%A9canis%C3%A9_en_endodontie)

71. Endo Académie. Glide Path et pré-élargissement canalaire (Dr Gianluca Plotino) [Internet]. Endo Academie. 2019 [cité 6 févr 2020]. Disponible sur : <https://www.endo-academie.fr/glide-path/>



## Liste des abréviations

NiTi : Nickel-Titane

MeF : Mise en Forme

GP : *Glide Path*

## Table des matières

<b>Introduction</b> .....	<b>17</b>
<b>1 Le Glide Path en Endodontie</b> .....	<b>18</b>
<b>2 Les instruments de Glide Path</b> .....	<b>21</b>
<b>2.1 Les séquences pluri-instrumentales</b> .....	<b>21</b>
2.1.1 Scout RaCe® (Figure 1) .....	21
2.1.2 Race iso 10® (Figure 2) .....	22
2.1.3 Path File® (Figure 3) .....	23
2.1.4 G-Files® (Figure 4) .....	24
2.1.5 MTwo (Figure 5) .....	25
2.1.6 X-Plorer™ Canal Navigation Files (Figure 6) .....	26
2.1.7 Endowave Mechanical Glide Path File (Figure 7) .....	27
2.1.8 PRE-SAF (Figure 8) .....	28
2.1.9 V Glide Path 2 (Figure 9) .....	29
<b>2.2 Mono-instrumentales</b> .....	<b>30</b>
2.2.1 Rotation continue .....	30
2.2.2 Réciprocité .....	40
<b>3 Étude de l'influence de différents instruments de Glide Path sur la mise en forme canales</b> .....	<b>42</b>
<b>3.1 Introduction</b> .....	<b>42</b>
<b>3.2 Matériels et Méthodes</b> .....	<b>43</b>
3.2.1 Simulateurs endodontiques .....	43
3.2.2 Instruments endodontiques (Tableau 1) .....	43
3.2.3 Protocole .....	45
3.2.4 Étude de la déviation de trajectoire .....	52
3.2.5 Statistiques .....	53
<b>3.3 Résultats</b> .....	<b>54</b>
3.3.1 Mesure des forces en pénétration / retrait .....	54
3.3.2 Mesures des déviations de trajectoire .....	59
3.3.3 Différences relevées entre les valeurs théoriques et mesurées .....	63
<b>3.4 Discussion</b> .....	<b>69</b>
3.4.1 Forces en pénétration / retrait .....	69
3.4.2 Déviations de trajectoire .....	71

3.4.3	Différences relevées entre les valeurs théoriques et mesurées .....	73
	<b>Conclusion.....</b>	<b>74</b>

**HAMMAN William – Intérêt des instruments de *Glide Path* dans la préparation canalaire.**

Nancy 2021 : 85 pages, 34 figures, 9 tableaux

Th. : Chir.-Dent. : Nancy 2021

**Mots-clefs :**

- Endodontie
- *Glide Path*
- Étude

**Résumé :**

Les instruments de *Glide Path* mécanisés sont utilisés en complément, voire en remplacement des instruments de cathétérisme manuel. Ils trouvent toute leur utilité dans des cas de canaux très fins, courbés ou calcifiés pouvant être complexes à perméabiliser manuellement. Leur but est de pré-élargir le canal dans le respect de sa morphologie originale afin de faciliter et de sécuriser le passage des instruments de mise en forme. Cette limitation des contraintes sur lesdits instruments de mise en forme limite les risques de rupture, de butée, de faux canal et de déviation de la trajectoire lors de la préparation canalaire tout en permettant un gain de temps nécessairement rendu à la désinfection canalaire. Ces instruments s'inscrivent parfaitement dans l'optique actuelle de simplification et de sécurisation de l'acte endodontique.

**Jury :**

Président :

Pr. É. MORTIER

Membres :

Dr. R. GIESS

Invité :

Dr G. BAGARD

Directeurs :

Dr. R. BALTHAZARD

Dr. M. VINCENT

**Adresse de l'auteur :**

HAMMAN William  
91 avenue de Strasbourg  
54000 NANCY

Vu la demande du doyen de la faculté d'odontologie de Lorraine sur le rapport du jury :

Président : É. MORTIER – Professeur des universités  
Membre du jury : R. BALTHAZARD – Maître de conférences des universités (Co-directeur de thèse)  
Membre du jury : M. VINCENT – Maître de conférences des universités (Co-directeur de thèse)  
Membre du jury : R. GIESS – Assistant hospitalier universitaire  
Membre invité : G. BAGARD – Docteur en chirurgie dentaire

le président de l'université de Lorraine autorise

**Monsieur William HAMMAN**

né à MULHOUSE (Haut-Rhin) le 16 octobre 1994,

à soutenir et imprimer sa thèse en vue d'obtenir le diplôme d'État de docteur en chirurgie dentaire intitulée :

**« INTÉRÊT DES INSTRUMENTS DE *GLIDE PATH* DANS LA PRÉPARATION CANALAIRE »**

Nancy, le 18 décembre 2020

N° autorisation : 11563 C

Le président de l'université de Lorraine



**P. MUTZENHARDT**