



HAL
open science

Moteurs endodontiques et localisateur électronique d'apex couplé: étude expérimentale in vitro

Virginie Marsolle

► **To cite this version:**

Virginie Marsolle. Moteurs endodontiques et localisateur électronique d'apex couplé: étude expérimentale in vitro. Sciences du Vivant [q-bio]. 2020. dumas-03094927

HAL Id: dumas-03094927

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03094927>

Submitted on 4 Jan 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.

U F R D'ODONTOLOGIE

Année 2020

Thèse n°74

THESE POUR L'OBTENTION DU
DIPLOME D'ETAT de DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement

Par **MARSOLLE Virginie**

Née le 22 mars 1992 à Cayenne (973), France

Le 21 décembre 2020

<p>MOTEURS ENDODONTIQUES ET LOCALISATEUR ELECTRONIQUE D'APEX COUPLE : ETUDE EXPERIMENTALE IN VITRO</p>

Sous la direction de : Jean-François PELI

Membres du jury :

Mme Marie-José BOILEAU	Professeur des Universités	Président
M. Jean-François PELI	Maître de Conférences des Universités	Directeur
M. Éric VACHEY	Maître de Conférences des Universités	Rapporteur
Mme Sophia CASENAVE	Assistante Hospitalo-Universitaire	Assesseur

UNIVERSITE DE BORDEAUX

MAJ
01/11/2020

Président

M. TUNON DE LARA Manuel

Directeur de Collège des Sciences de la Santé

M. PELLEGRIN Jean-Luc

COLLEGE DES SCIENCES DE LA SANTE UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE DES SCIENCES ODONTOLOGIQUES

Directrice	Mme BERTRAND Caroline	58-01
Directeur Adjoint à la Pédagogie	Mr DELBOS Yves	56-01
Directeur Adjoint – Chargé de la Recherche	M. CATROS Sylvain	57-01
Directeur Adjoint – Chargé des Relations Internationales	M.SEDARAT Cyril	57-01

ENSEIGNANTS DE L'UFR

PROFESSEURS DES UNIVERSITES

Mme	Caroline	BERTRAND	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Marie-José	BOILEAU	Orthopédie dento-faciale	56-01
M	Sylvain	CATROS	Chirurgie orale	57-01
M	Raphaël	DEVILLARD	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
Mme	Véronique	DUPUIS	Prothèse dentaire	58-01
M.	Bruno	ELLA NGUEMA	Sciences anatomiques et physiologiques - Biomatériaux	58-01
M.	Jean- Christophe	FRICAIN	Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique	57-01

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

Mme	Elise	ARRIVÉ	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
Mme	Audrey	AUSSEL	Sciences anatomiques et physiologiques	58-01
Mme	Cécile	BADET	Biologie Orale	57-01
M.	Etienne	BARDINET	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Michel	BARTALA	Prothèse dentaire	58-01
M.	Cédric	BAZERT	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Christophe	BOU	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
Mme	Sylvie	BRUNET	Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique	57-01
M.	Jacques	COLAT PARROS	Sciences anatomiques et physiologiques	58-01
M,	Jean- Christophe	COUTANT	Sciences anatomiques et physiologiques	58-01
M.	François	DARQUE	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	François	DE BRONDEAU	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Yves	DELBOS	Odontologie pédiatrique	56-01
M,	Emmanuel	D'INCAU	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Mathilde	FENELON	Chirurgie Orale	57-01
Mme	Elsa	GAROT	Odontologie pédiatrique	56-01
M.	Dominique	GILLET	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
Mme	Olivia	KEROUREDAN	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
M.	Jean-François	LASSERRE	Prothèse dentaire	58-01
M.	Yves	LAUVERJAT	Parodontologie	57-01
Mme	Odile	LAVIOLE	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Javotte	NANCY	Odontologie pédiatrique	56-01
M.	Adrien	NAVEAU	Prothèse dentaire	58-01
M.	Jean-François	PELI	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01

M.	Philippe	POISSON	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
M.	Patrick	ROUAS	Odontologie pédiatrique	56-01
M.	Johan	SAMOT	Biologie Orale	57-01
Mme	Maud	SAMPEUR	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Cyril	SEDARAT	Parodontologie	57-01
Mme	Noélie	THEBAUD	Biologie Orale	57-01
M.	Éric	VACHEY	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01

AUTRES ENSEIGNANTS

M.	Cédric	FALLA	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
M.	François	ROUZÉ L'ALZIT	Prothèse dentaire	58-01

ASSISTANTS

M.	Bastien	BERCAULT	Chirurgie Orale	57-01
M.	Baptiste	BERGES	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Mathilde	BOUDEAU	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
Mme	Virginie	CHUY	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
M	Pierre-Hadrien	DECAUP	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Laura	DONNET	Biologie Orale	57-01
Mme	Julia	ESTIVALS	Odontologie pédiatrique	56-01
Mr	Pierre-André	GUILLAUD	Parodontologie	57-01
Mme	Jane	GOURGUES	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
Mr	Louis	HUAULT	Sciences anatomiques et physiologiques	58-01
Mme	Mathilde	JACQUEMONT	Parodontologie	57-01
Mme	Clémence	JAECK	Prothèse dentaire	58-01
Mr	Aymeric	JOUBERT DU CELLIER	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
Mr	Jean-Baptiste	IRIBARREN	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
Mme	Claudine	KHOURY	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
Mme	Camille	LACAULE	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Antoine	LAFITTE	Orthopédie dento-faciale	56-01
Mme	Léa	MASSE	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Aude	MENARD	Prothèse dentaire	58-01
M	Florian	PITEU	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Rawen	SMIRANI	Parodontologie	57-01
Mme	Florianne	VILLAT	Dentisterie restauratrice et endodontie	5801
M.	Clément	VACHEY	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
M	Paul	VITIELLO	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Sophia	ZIANE	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01

A notre Présidente de thèse

Madame le Professeur Marie-José Boileau

Professeur des Universités – Praticien Hospitalier

Sous-section orthopédie dento faciale 56-01

Vous m'avez fait honneur en acceptant de présider le jury de ma thèse. Je vous remercie et je vous suis reconnaissante de m'avoir dispensée un enseignement de qualité tout au long de mon cursus. Veuillez recevoir le témoignage de ma gratitude et de mon plus profond respect.

A notre Directeur de thèse

Monsieur le Docteur Jean-François Péli

Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier

Sous-section Odontologie Conservatrice – Endodontie 58-01

Je vous remercie pour l'enseignement que vous m'avez apporté durant mon cursus et surtout durant ces deux dernières années. J'ai beaucoup apprécié de pouvoir travailler à vos côtés et vous avez toujours été disponible pour moi. Veuillez trouver ici le témoignage de ma sincère reconnaissance et de ma respectueuse admiration.

A notre Rapporteur de thèse

Monsieur le Docteur Éric VACHEY

Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier

Sous-section Odontologie Conservatrice – Endodontie 58-01

Je vous suis reconnaissante pour le temps que vous avez consacré à la relecture de mon travail. Je vous remercie pour vos enseignements et votre pédagogie tout au long de nos études. Soyez assuré de ma gratitude et de mes sincères considérations.

A notre Assesseur

Madame le Docteur Sophia CASENAVE

Assistant Hospitalo-Universitaire

Sous-section Odontologie Conservatrice – Endodontie 58-01

Je vous remercie de l'honneur que vous me faites de juger ma thèse. Vous avez toujours été disponible quand j'avais besoin d'aide à l'hôpital. Je vous admire pour votre dévouement et votre bonne humeur dont vous faites toujours preuve.

A la société DENTSPLY SIRONA® et à sa responsable régionale endodontie sud-ouest, Mme AUBIN Emelyne, je vous remercie d'avoir mis à ma disposition le matériel qui a permis de réaliser la partie expérimentale de ma thèse.

A Mr le docteur BOU Christophe,

Je vous suis très reconnaissant d'avoir fabriqué le simulateur utilisé dans ma thèse. Merci également pour votre enseignement et votre accompagnement en clinique.

A ma mère, mon père et ma grand-mère qui m'ont toujours soutenue et conseillée depuis le début. Sans vous, je n'aurais pas pu en arriver là aujourd'hui. Merci de m'avoir montré le bon exemple et l'envie de réussir.

A Mathieu, merci d'être à mes côtés. Je te remercie pour ta patience et tes encouragements au quotidien.

A tous mes amis, merci d'avoir été présents et pour tous ces bons moments partagés.

Table des matières

Tables des illustrations	8
Liste des abréviations	10
Introduction	11
Première partie : détermination de la longueur de travail	12
1. Anatomie de l'apex.....	13
2. La longueur de travail.....	16
2.1. Définition de la longueur de travail	16
2.2. Techniques de détermination de la longueur de travail	17
2.2.1. La sensibilité apicale.....	17
2.2.2. La sensibilité tactile	18
2.2.3. La technique radiographique.....	18
2.2.3.1. Incidences radiographiques	19
2.2.3.2. Détermination radiographique de la longueur de travail	19
2.2.3.3. Limites.....	20
2.2.4. Le cone beam computed tomography	21
2.2.5. La méthode électronique.....	22
2.2.5.1. Principes.....	22
2.2.5.2. Evolution de la méthode électronique	22
2.2.5.2.1. Les localisateurs d'apex de 1 ^{ère} génération	23
2.2.5.2.2. Les localisateurs d'apex de 2 ^e génération	23
2.2.5.2.3. Les localisateurs d'apex de 3 ^e génération	24
2.2.5.2.4. Les localisateurs d'apex de dernière génération	25
2.2.5.2.4.1. Localisateur seul.....	25
2.2.5.2.4.2. Localisateur couplé à un moteur endodontique.....	27
3. Intégration de la détermination électronique de la longueur de travail dans la préparation canalaire	29
1.1. La technique conventionnelle.....	29
1.2. Préparation canalaire et détermination de la longueur de travail couplées	31
Deuxième partie : étude expérimentale in vitro	33
1. Matériel et méthode	34
1.1. Sélection des échantillons	34

1.1.1.	Critères d'inclusion	34
1.1.2.	Critères d'exclusion.....	34
1.1.3.	Nombres	34
1.2.	Préparation des échantillons	34
1.3.	Support des dents pour la préparation des dents et la détermination électronique de la longueur de travail	36
1.3.1.	Principe du simulateur.....	36
1.3.2.	Description du simulateur.....	36
1.4.	Préparation canalair et obturation des échantillons.....	38
1.4.1.	Groupe 1 : détermination électronique de la longueur de travail et préparation en rotation continue séparées	39
1.4.2.	Groupe 2 : détermination de la longueur de travail et préparation en rotation continue simultanées.....	41
1.4.3.	Obturation canalair : groupe 1 et 2	44
1.5.	Méthodes d'évaluation.....	47
2.	Résultats.....	48
2.1.	Résultats de l'évaluation de l'obturation du tiers apical des échantillons du groupe 1 sous forme de graphique en secteur	48
2.1.1.	Moyenne des résultats donnés par les examinateurs	48
2.1.2.	Résultats par examinateurs.....	49
2.2.	Résultats de l'évaluation de l'obturation du tiers apical des échantillons du groupe 2 sous forme de graphique en secteur	52
2.2.1.	Moyenne des résultats donnés par les examinateurs	52
2.2.2.	Résultats par examinateurs.....	53
2.3.	Analyses statistiques	56
2.4.	Analyse des durées d'intervention (Temps de travail).....	58
3.	Discussion.....	59
	Conclusion.....	68
	Annexes	70
	Bibliographie	74

Tables des illustrations

Figure 1: schéma de la région apicale. 1. Constriction apicale ; 2. Jonction cémento dentinaire ; 3. Distance séparant le centre du foramen de la jonction cémento-dentinaire ; 4. Foramen ; 5. Distance séparant le centre du foramen du vertex. (2)	13
Figure 2 : les 4 types de constriction apicales. Type A : traditionnelle ; Type B : effilée ; Type C : multiple ; type D : parallèle.	14
Figure 3 : radiographies pré opératoires en incidence a. vestibulo linguale et b. mésio distale	35
Figure 4 : dent d'un échantillon conservée dans un pot rempli de sérum physiologique.....	36
Figure 5 : schémas de la vue 3D du simulateur a. de face et b. du dessus	37
Figure 6 : a. simulateur vue de profil. b. simulateur avec l'électrode passive vue de dessus.....	37
Figure 7 : Hydrogum, Dustfree alginate impression material ZHERMACK.....	38
Figure 8 : simulateur rempli d'alginate et contenant une dent de l'échantillon et une électrode passive : a. de face, b. de dessus, c. de profil	38
Figure 9 : Propex Pixi® (Dentsply Sirona, Suisse)	39
Figure 10 : photos d'un Propex Pixi® (Dentsply Sirona, Suisse) connecté au simulateur contenant une dent de l'échantillon	40
Figure 11 : radiographies per opératoire lime en place en incidence a. vestibulo-linguale et b. mésio-distale	40
Figure 12 : X-Smart Plus ® (Dentsply Sirona, France)	41
Figure 13 : séquence Protaper Gold ® (Dentsply Sirona, Suisse) utilisée pour la phase expérimentale	41
Figure 14 : PROPEX IQ® (Dentsply Sirona,Suisse) à gauche et X SMART IQ ® (Dentsply Sirona, Suisse) à droite	42
Figure 15 : IPAD ® (Apple, USA), du Propex IQ ® (Dentsply Sirona, Suisse), du X-Smart IQ ® (Dentsply Sirona, Suisse) et simulateur connectés entre eux	43
Figure 16 : capture d'écran de l'application endo IQ sur l'IPAD® quand l'instrument atteint le point de référence	43
Figure 17 : Radiographies maitre cone en place d'un échantillon du groupe 1 en incidence a. vestibulo-linguale et b. mésio-distale.....	44
Figure 18 : Radiographies maitre cône en place d'un échantillon du groupe 2 en incidence a. vestibulo-linguale et b. mésio-distale.....	45
Figure 19 : Endo Activator ® (Dentsply Maillefer, Suisse).....	45
Figure 20 : MM Seal™ (Coltene Micromega, France)	46
Figure 21 : Radiographies post opératoires d'un échantillon du groupe 1 en incidence a. vestibulo-linguale et b.mésio distale	47

Figure 22 : Radiographies post opératoires d'un échantillon du groupe 2 en incidence a. vestibulo-linguale b. mésio distale	47
Figure 23: exemple d'une des diapositives envoyées aux examinateurs pour évaluation.	48
Figure 24 : Diagramme circulaire représentatif des moyennes des notes attribuées aux échantillons du groupe 1	49
Figure 25 : Diagramme circulaire représentatif des notes attribuées aux échantillons du groupe 1 par l'examineur 1	49
Figure 26 : Diagramme circulaire représentatif des notes attribuées aux échantillons du groupe 1 par l'examineur 2.....	50
Figure 27 : Diagramme circulaire représentatif des notes attribuées aux échantillons du groupe 1 par l'examineur 3.....	51
Figure 28 : Diagramme circulaire représentatif des notes attribuées aux échantillons du groupe 1 par l'examineur 4.....	51
Figure 29 : Diagramme circulaire représentatif des notes attribuées aux échantillons du groupe 1 par l'examineur 5.....	52
Figure 30 : Diagramme circulaire représentatif des moyennes des notes attribuées aux échantillons du groupe 2.....	53
Figure 31 : Diagramme circulaire représentatif des notes attribuées aux échantillons du groupe 2 par l'examineur 1.....	53
Figure 32 : Diagramme circulaire représentatif des notes attribuées aux échantillons du groupe 2 par l'examineur 2.....	54
Figure 33 : Diagramme circulaire représentatif des notes attribuées aux échantillons du groupe 2 par l'examineur 3.....	55
Figure 34 : Diagramme circulaire représentatif des notes attribuées aux échantillons du groupe 2 par l'examineur 4.....	55
Figure 35 : Diagramme circulaire représentatif des notes attribuées aux échantillons du groupe 2 par l'examineur 5.....	56
Figure 36 : note moyenne du respect de la longueur de travail par examinateur et par groupe (* = $p < 0,05$)	56
Figure 37 : note moyenne du respect de la longueur de travail par groupe (* = $p < 0,05$).....	57
Figure 38 : radiographies post opératoire centrées sur le tiers apical de a. L'échantillon n°1 et b. l'échantillon n°4	63
Figure 39 : radiographie post opératoire centrée sur le tiers apical de l'échantillon n°8	63
Figure 40 : diapositives de a. l'échantillon n°9 et b. de l'échantillon n°45	64

LISTE DES ABREVIATIONS

ALARA : as low as reasonably achievable (aussi bas que raisonnablement possible)

CBCT : Cone Beam Computed Tomography

JCD : jonction cémento dentinaire

LEA : localisateur d'apex électronique

LIPOE : lésion inflammation péri-radiculaires d'origine endodontique

LT : longueur de travail

INTRODUCTION

Le traitement endodontique a pour objectif de prévenir voire de guérir les maladies de la pulpe et des tissus péri radiculaires et de permettre la conservation pérenne de l'organe dentaire sur l'arcade.

Le succès du traitement canalaire dépend de l'élimination des microorganismes, du tissu pulpaire infecté et nécrotique, suivi d'une obturation homogène et étanche de l'ensemble du réseau canalaire.

Par conséquent, l'obtention d'une détermination précise de la longueur de travail (LT) lors de la préparation du canal est l'une des étapes critiques de la thérapeutique endodontique.

Les 2 principales méthodes de détermination de la LT sont la radiographie et l'électronique qui font depuis longtemps l'objet d'innovations technologiques. Les meilleurs résultats sont obtenus par la corrélation des résultats de la radiographie et de l'électronique.

Les innovations technologiques, dont le couplage des localisateurs électronique d'apex aux moteurs endodontiques, permettent de simplifier et de raccourcir le temps de réalisation du traitement endodontique. Ne se font-elles pas au détriment de la fiabilité et de la précision de détermination de la longueur de travail ?

La qualité des traitements endodontiques réalisée grâce à ces appareils est-elle inférieure, équivalente ou supérieure à celle de traitements endodontiques obtenus à partir d'un protocole conventionnel incluant l'obtention d'une longueur de travail et d'une mise en forme canalaire en deux étapes distinctes ?

Pour tenter d'apporter des réponses à ces questions, il sera abordé dans une première partie la description de l'anatomie apicale.

Ensuite, la description et les différentes méthodes de détermination de la longueur de travail seront développés.

Puis le fonctionnement et l'utilisation des localisateurs d'apex seul ou couplé à un moteur d'endodontie seront détaillés.

Dans une seconde partie, qui constitue la phase expérimentale in vitro, des traitements canalaires réalisés selon 2 méthodes seront comparés : la préparation canalaire avec un localisateur d'apex utilisé seul et une préparation canalaire avec par un localisateur couplé à un moteur d'endodontie.

PREMIERE PARTIE :
DETERMINATION DE LA LONGUEUR DE TRAVAIL

1. ANATOMIE DE L'APEX

L'**apex** est la région terminale de l'organe dentaire et reste une zone anatomique complexe.

En 1955, Kuttler est le 1^{er} à schématiser l'extrémité apicale d'une racine dentaire sur des bases statistiques d'après une étude sous microscope de l'anatomie apicale des dents. C'est le concept apical de Kuttler (1) (Fig 1).

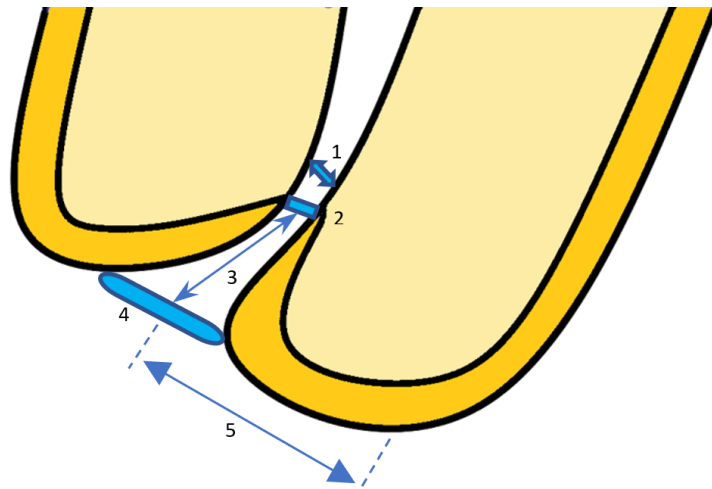


Figure 1: schéma de la région apicale. 1. Constriction apicale ; 2. Jonction cémento dentinaire ; 3. Distance séparant le centre du foramen de la jonction cémento-dentinaire ; 4. Foramen ; 5. Distance séparant le centre du foramen du vertex. (2)

La **région apicale** d'une dent comporte :

- La constriction apicale appelée aussi foramen mineur.
- La jonction cémento dentinaire (JCD)
- Le foramen apical appelé aussi foramen majeur.
- Le cône dentinaire
- Le cône cémentaire
- Le dôme apical ou apex anatomique correspondant au vertex de la dent (sommet de la racine)

La **jonction cémento-dentinaire (JCD)** est la limite histologique entre le cément et la dentine intra canalaire, soit la limite entre le ligament parodontal (desmodonte) et la pulpe. C'est une zone de cicatrisation et de réparation tissulaire contenant des cellules indifférenciées.

La JCD est inconstante : sur une paroi, elle peut être jusqu'à 3 mm plus haute par rapport à la paroi opposée (3).

La **constriction apicale** est la portion du canal dont de diamètre est le plus étroit.

Cette constriction et la JCD coïncident dans 40% des cas ou sont très proches l'un de l'autre (1).

Le diamètre de la constriction apicale varie de 210 à 224 μm en fonction de l'âge du sujet (1).

La constriction est le plus souvent située à moins de 1 mm de l'apex (4).

La constriction apicale est inconstante :

Bien que présente dans 94% des cas, elle peut être absente en cas de pathologie péri apicale ou de résorption radiculaire.

Elle peut présenter de grandes variabilités morphologiques selon la classification de Dummer et Al (5) (Fig 2) :

- Type A : constriction simple (concept traditionnel) (46 %)
- Type B : constriction effilée avec la portion la plus étroite proche de l'apex (30 %)
- Type C : constrictions multiples (19 %). Sont une source d'erreur importante
- Type D : constriction suivie d'une portion canalaire parallèle et étroite (5 %)

Un cinquième type a également été observé où le canal avait été complètement obstrué par la dentine secondaire ou le cément (6% du total).

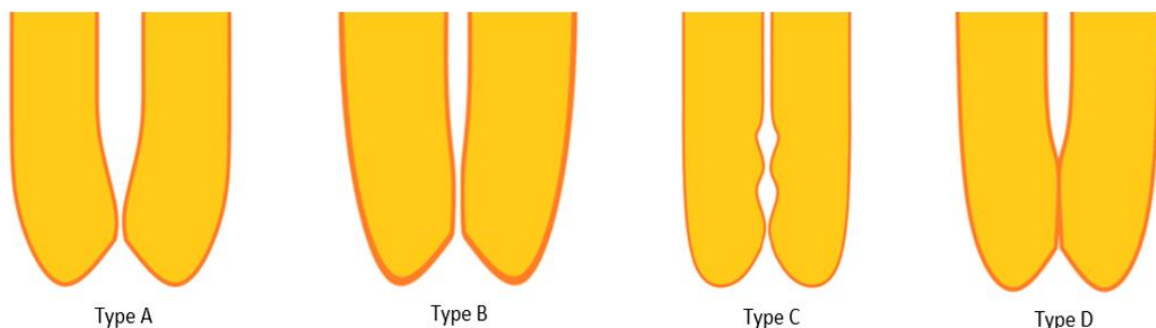


Figure 2 : les 4 types de constrictions apicales. Type A : traditionnelle ; Type B : effilée ; Type C : multiple ; type D : parallèle.

La partie la plus coronaire du canal constitue un long **cône dentinaire** dont le sommet (apical) correspond à la JCD.

Ce cône dentinaire est opposé par son sommet à un **cône cémentaire**, plus court. Ce dernier s'ouvre vers le péri apex par le foramen apical qui constitue sa base.

La longueur moyenne du cône cémentaire est de 0,524 mm pour les 18-25 ans et de 0,629 mm pour les plus de 55 ans.

Cette croissance s'explique par une cémentogenèse (apposition cémentaire) continue dans cette zone.

D'après Green, le diamètre du foramen apical varie de 20 μm à 2000 μm avec une moyenne de 570 μm (6).

D'après Kuttler, le diamètre du foramen apical est de 502 μm chez les 18-25 ans, et de 681 μm chez les plus de 55 ans.

Des études ne concernant que les dents antérieures, relèvent un diamètre foraminaux moyen variant entre 243 μm et 297 μm (6).

Des diamètres moyens de 0,3mm à 0,4 mm sont mesurés pour les dents antérieures et de 0,3 mm à 0,65 mm pour les dents postérieures. (6), (7).

Le foramen apical n'est pas toujours localisé au niveau de l'apex anatomique de la dent et il est très souvent dévié de l'axe canalaire, et ceci le plus souvent en direction distale (3).

En fonction des études, l'axe du cône cémentaire ne se situe pas dans l'axe canalaire principal dans 50 à 98 % des cas. (1), (7), (8).

De plus, la position du foramen apical se situera plus en retrait que celle visible sur la radiographie (6).

Le foramen apical peut être éloigné de l'apex anatomique à des distances variant entre 0,2 et 3 mm voire plus (9).

La tendance générale est que la distance apex-foramen est plus grande sur les dents postérieures et les dents plus âgées que sur les dents antérieures et plus jeunes.

Elle peut être modifiée par la formation pathologique ou physiologique de ciment et de dentine (rétrécissement canalaire et élargissement du foramen). Parfois, elle peut même être détruite (ex : lors des lésions péri-apicales).

Conclusion : La région apicale marque la fin de toute racine dentaire. Cette zone présente de nombreux éléments anatomiques et peut faire l'objet d'importantes modifications physiologique et pathologique. C'est aussi la zone qui marque la frontière entre la pulpe et le

desmodonte au niveau de la JCD et qui présente le plus petit diamètre radiculaire au niveau de la constriction apicale. C'est une zone importante pour la cicatrisation post traitement endodontique.

2. LA LONGUEUR DE TRAVAIL (LT)

2.1.Définition de la longueur de travail

Il s'agit de la longueur séparant la **limite apicale** de préparation d'un **repère coronaire** fixe choisi et facilement repérable. On parle aussi de distance en millimètres entre la pointe de la lime et le stop de l'instrument.

L'établissement de la longueur de travail est une étape importante du traitement endodontique car une détermination inexacte de cette distance peut conduire à l'échec. Une sur ou sous-estimation de la longueur de travail augmente le risque d'échec du traitement endodontique (10), (11).

Les techniques de préparation canalaire devraient avoir pour objectif de limiter la préparation à la JCD qui constitue une barrière naturelle entre le contenu canalaire et les tissus apicaux (12), (13). En effet, elle constitue une **limite apicale histologique** et marque la transition entre la pulpe et le desmodonte. La préparation doit rester confinée à la portion dentinaire du canal. Le cône cémentaire ne possède pas de tissu pulpaire et il sera le siège d'une cicatrisation apicale après traitement endodontique. L'apposition cémentaire va venir recouvrir l'obturation et ainsi compléter l'étanchéité du traitement (14). Cependant cette limite est uniquement histologique et impossible à localiser cliniquement.

D'autres auteurs estiment que la constriction apicale doit constituer la limite apicale de préparation et d'obturation (1), (15).

L'intérêt du choix de cette **constriction apicale** est qu'elle se situe à proximité de la JCD. Cette limite étant la portion de diamètre la plus étroite du canal, elle permet de constituer un « cône d'arrêt » lors de l'obturation et permet d'améliorer l'étanchéité et de limiter le dépassement de matériau.

La limite idéale de préparation doit aussi se situer au niveau de la constriction apicale, voir en deçà. Lorsque le ciment et/ou la gutta percha sont extrudés au niveau des tissus péri apicaux, les canaux apicaux et les ramifications apicales, il persiste toujours une réaction inflammatoire sévère vis-à-vis de ces corps étrangers malgré une absence de douleur au niveau clinique. Ces conclusions sont tirées d'études histologiques in vivo en cas de pulpes nécrosées ou vitales et en présence de bactéries ayant pénétrées jusqu'au foramen voir au niveau des tissus péri apicaux (15).

De plus, la constriction apicale est un élément anatomique intéressant car, comme l'indique Inoue (16), elle aurait une spécificité électronique c'est-à-dire une résistance de 6500 Ω . Cette spécificité a été utilisée dans la première génération de localisateurs d'apex électroniques.

La région apicale peut présenter de **nombreuses variations physiologiques et pathologiques** :

- La morphologie de la constriction apicale peut être classée selon 4 types. La constriction unique et traditionnelle décrite par Kuttler ne représente que 46% des cas.
- Dans le cas d'une racine présentant une lésion inflammatoire péri radiculaire d'origine endodontique (LIPOE), une résorption de l'apex peut être observée. En conséquence, il peut y avoir destruction de la structure apicale, donc disparition de la JCD et de la constriction apicale (17). Dans ce cas, il faudra établir un cône d'arrêt en stoppant la préparation à 0,5 mm en amont du foramen apical (18).
- Les dents à apex immature compliquent l'établissement d'une limite apicale. Il est parfois nécessaire de réaliser une apexogénèse et une apexification afin d'établir une fermeture apicale.

Conclusion : La détermination correcte et précise de la longueur de travail est une étape importante de la préparation canalaire pour contrôler les dépassements lors de l'obturation. Pour la majorité des auteurs, la limite idéale est la constriction apicale proche de la JCD. Différentes méthodes permettant de déterminer la limite apicale de préparation ont été mises au point.

2.2. Techniques de détermination de la longueur de travail

2.2.1. La sensibilité apicale

Cette technique repose sur la perception d'une douleur lorsqu'un instrument de cathétérisme parvient à atteindre le desmodonte au-delà du foramen apical. Les causes de douleurs d'origine intra canalaire sont multiples : pression sur les récepteurs pulpaire et desmodontaux, tissus pulpaire résiduels dans les canaux, seuil de sensibilité patient-dépendant. Ce sont autant de sources d'erreur dans la détermination de la LT

Cette technique est considérée comme obsolète du fait de ses nombreux inconvénients, de son imprécision fondamentale, de l'inconfort engendré pour le patient et puisque la majorité des traitements sont réalisés sous anesthésie locale.

2.2.2. La sensibilité tactile

Le principe repose sur l'introduction dans le canal d'une lime de faible diamètre jusqu'à ce que celle-ci bloque dans le canal dans les limites de la LT estimée à partir de la radiographie préopératoire. Ce blocage est censé correspondre à la constriction apicale. Le taux de succès de cette technique varie entre 60% (19) et 75% (20). La sensibilité tactile présente de nombreux défauts : empirique, non reproductible, peu fiable, aléatoire, dépendante du sens clinique du praticien et des variations physiologiques et pathologiques de la région apicale (19).

Elle peut être utile pour une approche plus précise de la LT lors du cathétérisme associé à la LT provisoire estimée à partir de la radiographie pré opératoire.

2.2.3. La technique radiographique

Cette technique reste d'actualité et encore très couramment utilisée en pratique quotidienne. Elle commence par l'examen minutieux de la radiographie préopératoire et plus particulièrement de l'estimation de la longueur des racines et du degré d'ouverture foraminale. Actuellement, il est admis que la radiographie numérique est égale à la radiographie conventionnelle en termes de qualité. Elle reste plus utile que la méthode conventionnelle pour sa rapidité d'acquisition et sa faible dose de rayonnements requise (21).

L'apex radiographique se définit comme l'extrémité anatomique de la racine vue sur radiographie.

La détermination de la longueur de travail par la méthode radiographique nécessite d'obtenir des radiographies les moins déformées possibles pour pouvoir être exploitables. Afin de recueillir un maximum de données à partir de ces clichés, il faudra les acquérir sous différentes incidences.

2.2.3.1.Incidences radiographiques :

- Plans bissecteurs

La règle d'isométrie de Cieszynski recommande de placer le tube radiologique de manière perpendiculaire à la bissectrice de l'angle formé par l'axe de la dent et celui du capteur afin de diminuer les déformations. L'ajustage au bon angle s'avère être compliquée en réalité. Cette règle ne permet pas de résoudre le problème des distorsions occasionnées par les obstacles anatomiques sur l'image (22).

- Plans parallèles

Le capteur peut être placé de manière parallèle au grand axe de la dent à traiter grâce à un angulateur (de RINN par exemple). La combinaison d'un tube radiographique long cône et d'un angulateur peut réduire les déformations et les agrandissements de manière importante. Il est alors possible de réaliser des mesures à partir de ces images, à condition que le film n'ait pas été déformé en bouche par la pression d'un obstacle anatomique (23).

- Variations d'incidence dans un plan horizontal ou incidences obliques

La règle de Clark et Walton permet de résoudre le problème des canaux superposés. Pour qu'il soit possible de distinguer les canaux les uns des autres, il faut anguler de 15° à 20° le tube radiologique en direction mésiale ou distale.

Par exemple, dans le cas d'une image prise en incidence mésiale, le canal le plus vestibulaire est celui qui est le plus près du bord distal de la radiographie (le plus déplacé du côté opposé).

Une courbure apicale devient identifiable alors qu'elle peut être non visible en incidence centrée. Si la courbure est en direction distale sur la radiographie, alors la courbure est vestibulaire. Si la courbure est en direction mésiale de la radiographie alors la courbure est linguale (règle de Slowey) (24).

2.2.3.2.Détermination radiographique de la longueur de travail

La première radiographie à être prise est la **radiographie pré opératoire**. Elle a pour objectif de déterminer l'anatomie canalaire, de visualiser le nombre de courbures, de racines, les degrés d'ouverture foraminale, la présence ou absence de pathologies et d'estimer la longueur de travail (LT estimée ou provisoire). Cette mesure ne peut pas servir de longueur de travail réelle et définitive car elle ne tient pas compte des courbures dans les 3 plans de l'espace (mésiales, distales, vestibulaires et linguales).

Pour pallier à ce problème, Ingle (1957) propose de mesurer la longueur entre l'apex radiographique et un repère coronaire sur la radiographie préopératoire. La longueur mesurée est soustraite de 2mm et est reportée sur une lime de petit diamètre à partir du stop. Cette soustraction est appuyée par des études épidémiologiques réalisées par Sjogren et al. en 1990. Selon ces travaux, le meilleur pronostic d'un traitement canalaire est observé lorsque l'obturation radiculaire se trouve à moins de 2 mm de l'apex radiographique.

Une seconde **radiographie per opératoire** permet d'évaluer la distance qui sépare la pointe de l'instruments de l'apex radiographique. Selon que la pointe de l'instrument soit trop courte ou dépasse de l'apex radiographique, la longueur mesurée est augmentée ou diminuée. Cependant, un demi millimètre sera soustrait à cette mesure afin de laisser une marge de sécurité. Une deuxième radiographie per opératoire permet de valider cette longueur de travail (25).

2.2.3.3.Limites

La technique des plans parallèles n'est pas complètement fiable si elle est utilisée seule. Les longueurs estimées sur des pluri radiculées seraient en réalité plus courtes (26).

Les causes de ces erreurs sont multiples :

- Une radiographie fournit une image bidimensionnelle d'une structure tridimensionnelle et cette technique reste dépendante de l'exposition et de l'interprétation des clichés.
- En fonction de l'âge du patient, il n'y a que 20 à 32% des cas dans lesquels le foramen apical se situe au niveau de l'apex radiologique (27).
- Il n'est pas possible d'objectiver une déviation vestibulaire ou linguale sur une radiographie (5). La projection en deux dimensions de la dent sur l'image radiologique ne permet pas de voir ces déviations. Il en résulte une sur estimation de la longueur de travail avec dépassement des instruments au-delà de l'apex (28).

- Lorsque la densité osseuse est élevée et/ou que les racines se superposent à certains éléments anatomiques (comme le foramen mentonnier ou le processus zygomatique du maxillaire), l'interprétation des clichés s'avère plus compliquée (29).
- Comme il est improbable de repositionner l'angulateur à la même position lors de plusieurs clichés radiologiques consécutifs, la comparaison des images entre elles est compliquée (30).
- D'autres problèmes d'interprétation peuvent être causés par l'expérience du praticien ainsi que son matériel.
- Il faut rappeler que cette méthode radiographique quand elle est utilisée seule, peut nécessiter de prendre un plus grand nombre de clichés. L'exposition aux rayonnements est donc d'autant plus augmentée qu'il y a de radiographies réalisées.

Pendant longtemps, la constriction apicale et la jonction cémento dentinaire ont été considérées comme un seul et même élément, et situées à 1 mm en moyenne de l'apex radiculaire. Ces estimations ont conduit les cliniciens à enseigner que la longueur de travail est à 1 mm de l'apex radiographique. La préparation a été ainsi considérée, sur une base statistique, être dans la région de la jonction cémento dentinaire.

De nombreuses études sur cette zone complexe de la racine montre que cette technique n'est plus fiable, pour trois raisons principales :

- La jonction cémento dentinaire est très rarement située à la constriction apicale.
- L'épaisseur du ciment varie d'une dent à l'autre et entre les patients.
- L'épaisseur du ciment change avec la physiologie (augmente avec le vieillissement) et pathologie (résorption liée au canal infecté).

La technique de détermination de la longueur de travail à partir de la seule radiographie reste donc relativement empirique et statistique. Elle nécessite la réalisation de radiographies de bonne qualité (incidences et contrastes). Les corrélations entre anatomie radiographique et anatomie macroscopique voire histologique sont difficiles. Il en résulte pour la détermination de la LT avec la méthode radiographique seule une tendance à la sur-instrumentation lors de la préparation.

2.2.4. Le Cone Beam Computed Tomography (CBCT)

Des études et des revues systématiques de la littérature tendent à montrer que les CBCT peuvent être utilisés pour la mesure de la longueur de travail (31), (32). D'autres ne parviennent pas à une telle conclusion, mettant en avant le fait que l'hétérogénéité des résultats est trop importante (33).

Seuls des CBCT pré existants au traitement endodontique pourraient être utilisés pour la mesure de la longueur de travail. En revanche, prescrire un nouveau CBCT spécifiquement pour la détermination de la longueur de travail est contraire au principe ALARA (34), (35) .

Cette technique de mesure est relative récente et trop peu d'études existent à ce sujet.

2.2.5. La méthode électronique

2.2.5.1. Principes

En 1918, Custer élabore les « bases de fonctionnement » des localisateurs d'apex électroniques (36) . Il émet l'hypothèse selon laquelle la longueur du canal pourrait être évaluée à l'aide d'un courant électrique. Ces travaux mettent à jour que la conductivité relevée à l'intérieur du canal radiculaire et ce quel que soit son contenu a une conductivité plus basse que celle des tissus périapicaux.

Suzuki expérimente sur les dents de chien, le passage d'un courant continu. Il enregistre une résistance d'une valeur constante de 6500 Ω entre le ligament parodontal et la muqueuse orale (37).

Sunada se base sur les travaux de Suzuki pour réaliser le 1^{er} localisateur d'apex qu'il testera sur l'homme (38). Il enregistre également une valeur de 6500 Ω , c'est la théorie des caractéristiques biologiques.

Le principe de ce LEA repose sur le fait que cet appareil crée un circuit électrique « qui permet de détecter les tissus parodontaux au niveau du foramen apical ». Il y a une baisse brutale de la résistance électrique à l'approche du ligament parodontal (dans le dernier millimètre apical).

Lorsque la pointe de la lime atteint le ligament parodontal au travers de la constriction apicale ou d'une perforation, on note une résistance constante de 6500 Ω quel que soit le type de dent ou l'âge du patient.

Les tissus pulpaire et les fluides intra canalaire sont considérés comme des conducteurs tandis que la dentine, le cément, l'os alvéolaire apparaissent comme des isolants électriques.

2.2.5.2. Evolution de la méthode électronique

2.2.5.2.1. Les localisateurs d'apex de 1^{ère} génération

Le Root Canal Meter ® (Onuki Medical Co., Japon) de 1969 fonctionne selon le principe de la résistance et d'un courant alternatif d'onde sinusoïdale de 150 Hz. En raison de courants élevés utilisés par cet appareil, des douleurs étaient souvent ressenties (39).

Pour tenter de résoudre ce problème de douleur, l'Endodontic Meter ® (Onuki Medical Co., Japon) puis l'Endodontic Meter S II ® (Onuki Medical Co., Japon) voient le jour. Ces appareils fonctionnaient grâce au courant continu et le courant utilisé était alors inférieur à 5 μ A.

Parmi les appareils de la première génération, il y a également eu le Dentometer (Dahlin Electromedicine, Danemark) et l'Endo Radar (Elettronica Liarre, Italie). Ces appareils se sont révélés peu fiables par rapport aux radiographies, la plupart des mesures étant significativement plus longues ou plus courtes que la longueur de travail acceptable.

En 1979, Les travaux de Dahlin permettent de préciser que le foramen apical présente une impédance de 7150 ohms et une impédance de 8500 ohms pour la JCD (28).

Les mesures de ces appareils pouvaient être perturbées par la présence de saignements, d'exsudats et surtout d'électrolytes (hypochlorite de sodium).

2.2.5.2.2. Les localisateurs d'apex de 2^e génération

Les localisateurs d'apex de 2^e génération étaient de type impédance avec passage d'un courant alternatif de haute fréquence.

Cette propriété est utilisée pour mesurer la distance à laquelle se trouve la lime dans le canal. L'impédance mesurée est plus importante à l'apex que dans la partie coronaire (40). Cependant, la mesure relevée au niveau de la constriction apicale se caractérise par une chute brutale de l'impédance.

Inoue en 1973 modifie l'Endometer® (Löhr/Global Dental Inc, USA), en y ajoutant un composant audiométrique qui permet d'avoir un aperçu de la longueur canalaire via des signaux sonores basses fréquences (16). Il conçoit ainsi un nouvel appareil : le Sono explorer® (Hayashi Dental Supply, Tokyo, Japan).

L'Endocater® (Hayashi Dental Supply, Japon) a été développé en 1979 par Hasegawa et fonctionne avec une haute fréquence (400 kHz).

Tout comme les appareils de la 1^{ère} génération, la plupart de ces dispositifs nécessitaient un pré-calibrage. Ils fonctionnaient en présence de liquide mais il pouvait quand même y avoir des erreurs de mesures en présence d'électrolytes dans les canaux. Ils étaient également difficiles à utiliser et étaient opérateur dépendant.

2.2.5.2.3. Les localisateurs d'apex de 3^e génération

Les localisateurs d'apex de 3^e génération sont similaires à ceux de la 2^e génération, sauf qu'ils utilisent plusieurs fréquences pour déterminer la distance à laquelle se trouve l'extrémité apicale.

La détermination électronique de la longueur de travail par « ratio method » ou ratio d'impédance est élaborée par Kobayashi 1991.

Entre les 2 électrodes de l'appareil circule un courant alternatif à l'origine d'une onde composite de 2 fréquences différentes : une haute fréquence FH (H pour High) de 8kHz et une basse fréquence FL (L pour Low) de 0,4 kHz. L'appareil calcule simultanément l'impédance de ces fréquences ainsi que le ratio de ces impédances. Ce ratio est constant et proche de 1 jusqu'à 1 mm du foramen (41). Au-delà, l'impédance correspondant à la plus basse des deux fréquences diminue moins vite que celle de la haute fréquence et provoque une chute du ratio.

Le ratio continue ensuite à diminuer jusqu'au franchissement du foramen. Ce rapport permet de déterminer la position de la lime dans le canal qui est représentée sur l'écran de l'appareil.

Le 1^{er} appareil issu de cette méthode à être commercialisé sera le Root ZX® (Morita Japon), il restera une référence par la suite.

Des résultats d'études démontrent que sa précision est de 90% à 0,5 mm du foramen ou de la JCD selon le point de référence choisi. D'autres études estiment sa précision à 100% si 1 mm est toléré (42) .

D'autres appareils sont développés pour pouvoir fonctionner avec 5 fréquences et capable de traiter 4 ratios : Endo Analyser® (Analytic Technology, USA) et Apex Finder AFA® (Analytic Technology, USA). Mais les études relatent des taux de précision allant de 95% à 34,4% (39).

Le Datapex ® (Dentsply Maillefer, Suisse) issu de travaux sur la variation de la conductance, est le successeur de la gamme de localisateurs d'apex Sono Explorer®. Il utilise un certain nombre de fréquences pour analyser le canal en utilisant les deux meilleures fréquences pour sa lecture. Sa précision serait de 94% avec des instruments en Nickel-Titane.

Des LEA de 3^e génération tels que Justy II® (Yoshida Co., Japon), the Mark V Plus® (Moyco/Union Broach, USA) and the Endy 5000® (Loser, Allemagne) sont restés très minoritaires sur le marché.

2.2.5.3. Les localisateurs d'apex de dernière génération

Ils fonctionnent sur le même principe que ceux de troisième génération en utilisant des courants de fréquences différentes.

2.2.5.3.1. Localisateur seul

Le 1^{er} appareil de 4^e génération est le Bingo 1020 (Forum Engineering Technologies, Israël). Il fonctionne avec 2 fréquences distinctes de 400 Hz et 8 kHz similaires aux appareils de 3^e génération mais une seule fréquence est utilisée à la fois. Des études in vitro ont montré que cet appareil était aussi précis que le Root Z ® (Morita, Japon). Il a ensuite été commercialisé sous le nom de Ray-Pex 4 ® (Dentsply, Suisse).

La méthode de fonctionnement des LEA ayant peu variée par la suite, leur évolution s'est tournée vers l'optimisation et la simplification du geste opératoire.

Avantages:

- Egal voire supérieur en termes de précision et de fiabilité par rapport à la méthode radiographique. Certaines études rapportent des précisions entre 81,5% et 97% (43), (44), (45), (44) .
- Fonctionnel dans des milieux secs, remplis de pus, de sang, d'hypochlorite de sodium, d'EDTA et d'autres solutions irrigations utilisées en endodontie (46).
- Facilite le diagnostic d'une perforation ou d'une fracture radiculaire (47).

- Réduit le nombre de clichés radiographiques nécessaires par rapport à la méthode radiographique lorsque celle-ci est utilisée seule.
- Appareil auto calibré.
- Lecture analogique avec signal sonore.
- Utilisation possible avec des limes K.

Inconvénients communs à toutes les générations d'appareil

- Risque d'erreur dû à des dérivations électriques en présence :
 - D'excédent de liquide (sang, irrigant, salive, pus)
 - D'éléments métalliques (amalgame, coiffe, crampon) à limite cervicale sous gingivale
 - De calcification canalaire
 - Un apex ouvert
 - Une lime de faible diamètre qui ne serait pas en contact étroit avec les parois canalaire
- Autres sources d'erreur :
 - Une batterie déchargée
 - Un canal dont la perméabilité n'a pas encore été confirmée en cas de retraitement orthograde
- Ne pas utiliser de digue
- Déconseillé voir contre indiqué chez les porteurs de pace maker ou de défibrillateur implantable. Il est considéré que le courant du localisateur d'apex peut dérégler certains appareils mais ce n'est pas confirmé par la littérature. Certaines études tendent à montrer que les localisateur d'apex ne perturbent pas les pace maker et défibrillateurs (48), (49), (50).

Conclusion :

Les appareils de détermination électronique de la limite apicale sont actuellement très fiables quel que soit le contenu canalaire.

Malgré les nombreux avantages et l'importante fiabilité des localisateurs d'apex, il est fortement recommandé de confirmer la longueur de travail avec une radiographie lime en place

dans le canal. C'est donc la corrélation entre la méthode radiographique et la méthode électronique qui donne aujourd'hui l'approche la plus précise dans la détermination de la LT.

2.2.5.4.1. Localisateur couplé à un moteur endodontique

Dans un souci d'ergonomie, de gain de temps et de simplification des gestes opératoires, ont été conçus des moteurs d'endodontie couplés à des LEA.

Le moteur et le LEA sont soit reliés l'un à l'autre par des câbles et peuvent fonctionner en mode combinée, soit le LEA est intégré directement dans l'appareil.

La détermination de la limite apicale et la préparation canalaire peuvent donc se faire simultanément. L'électrode passive reste inchangée et constitue l'électrode labiale. En revanche l'électrode active devient dans ce cas l'instrument de préparation canalaire.

Lorsque le LEA fait partie intégrante du moteur, sa fonction de localisation de l'apex peut cependant être interrompue pour que le moteur puisse fonctionner indépendamment.

Tout comme les LEA utilisés seul, un point de référence pour la détermination de la longueur de travail et une limite à ne pas dépasser (« Apex » ou « Over ») est déterminée par le fabricant et s'affiche à l'écran. La progression de la lime est matérialisée sur une échelle par l'augmentation ou la diminution de barres en direction de l'apex. L'échelle est légendée par des valeurs numériques : 0,0 ; 0.5 ; 1 ; 1.5 ; 2 etc... Ces indications sur l'écran ne correspondent pas à une longueur ou une distance précise en millimètres ou dans une autre unité linéaire. Elles reflètent uniquement la progression de la lime vers l'apex.

Certains appareils permettent de modifier la position de ce point de référence et de l'éloigner ou de le rapprocher de l'apex.

Si les réglages le permettent, le praticien peut choisir d'activer certaines fonctionnalités dont l'objectif est d'éviter une sur instrumentation canalaire :

- « Auto apical stop » : stop automatique de la rotation lorsque le 0 ou « apex » est atteint.
- Stop automatique : Si la pièce à main enregistre un couple supérieur au couple maximum défini, la pièce à main s'arrête.
- « Auto apical reverse » : inversion automatique de la rotation lorsque le 0 ou « apex » est atteint.

- Inversion automatique : Si la pièce à main enregistre un couple supérieur au couple maximum défini, la pièce à main tourne automatiquement dans le sens inverse.

Exemples de modèles pouvant être combinés à des localisateurs d'apex ou ayant un localisateur d'apex intégré :

- Gold Reciproc Motor ® (VDW GmbH, Munich, Allemagne).
- Tri Auto ZX® (Morita, Japon).
- Dentaport ZX ® (Morita, Japon).
- Endo Master ® (EMS, Suisse).
- X Smart IQ ®/Propex IQ ® (Dentsply Maillefer, Suisse).
- Motopex ® (Guilin Woodpecker Medical Instrument Co, China).
- Dual Move®/Dual Pex ® (Micro Mega, France).
- Endy 6200 ® (Ionyx, France).

Avantages :

- Sécurisation de la préparation canalaire en évitant une sur instrumentation grâce à la fonction d'inversion automatique (51)
- Gain de temps
- Meilleure ergonomie (certains moteurs équipés de leur propre LEA fonctionnent sur batterie)
- Simplification de la mise en œuvre clinique
- Réduction de la douleur dans les 24h qui suivent le traitement par rapport à la technique conventionnelle (52)
- Parfois aussi précis que certains localisateurs d'apex utilisés seuls (53)

Inconvénients :

- La longueur de travail ne peut être mesurable lors de l'utilisation simultanée du moteur et du LEA :

- Les indications d'échelle sur l'écran ne correspondent pas à une longueur ou une distance précise en millimètres ou dans une autre unité linéaire.
- Un instrument rotatif de mise en forme canalaire qui serait arrêté pendant son fonctionnement dans le canal ne peut être retiré car il pourrait se retrouver bloqué.
- Risque de sous ou sur instrumentation canalaire si l'appareil n'est pas correctement paramétré ou que le praticien n'est pas vigilant.
- L'utilisation d'instruments de préparation en rotation provoque une accumulation de débris dentinaires qui peut perturber la conductivité électrique du canal et diminuer la précision du localisateur d'apex (54).

Conclusion : Le principe de fonctionnement des moteurs de préparation canalaire en rotation couplés à un LEA est bien établi sur les modèles actuels et leur évolution s'est tournée vers l'amélioration des conditions de travail du chirurgien-dentiste. Ces appareils en plus de présenter les mêmes inconvénients que les localisateurs d'apex utilisés séparément, ne s'avèrent pas supérieurs en termes de précision. Leur intérêt réel dans la pratique quotidienne reste discuté.

3. Intégration de la détermination électronique de la longueur de travail dans la préparation canalaire

3.2. La technique conventionnelle

Avant d'utiliser un localisateur d'apex, il faut s'assurer que le patient n'est pas porteur d'un pace maker ou de défibrillateur implantable qui est une contre-indication formelle à l'usage de ce type d'appareil.

La radiographie pré opératoire est un pré requis afin d'anticiper toutes éventuelles difficultés auxquelles pourraient être confronté l'opérateur. L'imagerie permettra d'avoir une première estimation de la longueur de travail et devra être prise selon la technique des plans parallèles.

Avant l'aménagement de la cavité d'accès, toutes les anciennes restaurations et coiffes prothétiques (surtout métallique) devront être déposées quand cela est possible et une reconstitution pré endodontique devra être mise en œuvre si nécessaire.

La digue devra être posée et il faudra s'assurer de son étanchéité.

La cavité d'accès sera aménagée en respectant l'anatomie de la dent de manière à mettre en évidence les entrées canalaire tout en préservant le maximum de tissu. La cavité d'accès sera débarrassée de son contenu et irriguée avec de l'hypochlorite de sodium.

Les entrées canalaire sont redressées et/ou les contraintes coronaires seront supprimées par un instrument de forte conicité type « orifice opener ».

La recherche de la perméabilité est réalisée avec une lime K8 ou K10. En cas de difficulté, une technique de pénétration initiale et préparation simultanées peut être mise en œuvre (passage par exemple de l'instrument S1 de la séquence Protaper®) pour éliminer les interférences coronaires.

L'excès d'irrigant dans la cavité d'accès doit être éliminé car il représente souvent une source d'erreur pour les mesures.

L'appareil de mesure électronique doit ensuite être utilisé selon les recommandations du fabricant.

L'électrode passive labiale est placée à la commissure labiale et l'appareil est allumé.

Les 2 électrodes sont mises en contact pour vérifier le bon fonctionnement de l'appareil : l'appareil doit alors afficher « apex » ou un équivalent (0,0).

Une lime de faible diamètre (10 en général) est utilisée pour la mesure de la longueur de travail dans la plupart des cas. En cas de canaux larges, une lime de plus grand diamètre devra être utilisée car la mesure n'est fiable que si l'instrument est au contact des parois canalaire. L'instrument ne doit pas flotter dans les canaux.

La lime à utiliser est reliée à l'électrode active canalaire et insérée dans le canal. Elle est ensuite amenée progressivement en direction apicale avec des mouvements de ¼ de tours, jusqu'à ce que l'appareil indique par un affichage ou un signal sonore que le foramen est atteint.

Une fois le foramen atteint, la procédure est répétée plusieurs fois pour s'assurer de la reproductibilité de la détection du foramen. La progression de la lime est arrêtée et le stop de la lime est ajustée au repère coronaire choisi par l'opérateur.

La lime est retirée du canal et la distance entre le stop et la pointe de la lime est relevée.

Un demi-millimètre est soustrait à cette mesure afin d'obtenir une longueur de travail à la position supposée de la constriction apicale.

Cette mesure pour être considérée comme reproductible doit rester constante après plusieurs mesures consécutives.

Les graduations indiquées à l'écran ne sont qu'à titre indicatif et ne représentent pas la progression réelle en mm de la lime vers l'apex.

Au-delà d'une distance de 1 mm du foramen, l'appareil ne peut pas fournir d'informations fiables. Ceci s'explique par le fait que l'appareil détecte la chute du ratio d'impédance qui se situe à environ 1 mm du foramen.

Une fois la mesure électronique effectuée, une radiographie per opératoire lime en place doit être prise. Elle permettra de valider la longueur de travail électronique, si la pointe de l'instrument ne se situe pas trop en deçà ou trop au-delà de l'apex radiographique.

Il existe une exception en cas de canaux courbes. Dans cette situation, il est préférable de reprendre la mesure de la longueur de travail au cours de la préparation canalaire avant de préparer le dernier tiers. La mise en forme et donc l'élargissement canalaire réduit souvent la LT initiale. Dans le cas où les instruments travaillent en appui pariétal du côté de la concavité du canal, la longueur du trajet à effectuer par la lime serait raccourcie. Il y aurait donc de fortes chances d'avoir un dépassement de la limite apicale lors de la préparation(23).

Puis selon la séquence utilisée par l'opérateur, chaque instrument de préparation canalaire sera utilisé dans l'ordre et jusqu'à la longueur de travail choisie.

Conclusion : La détermination électronique de la longueur de travail est intégrée à l'étape de cathétérisme. Elle se fait éventuellement après la réalisation du cône d'arrêt et de l'élimination des interférences (pénétration initiale et préparation simultanées). L'objectif est de déterminer lors d'une première étape, la longueur de travail, suivi de la préparation canalaire par un système mécanisé dans un second temps.

3.3. Préparation canalaire et détermination de la longueur électronique de travail couplées

Tout comme les LEA utilisés seuls, les mêmes précautions et les mêmes étapes cliniques précédant l'usage du LEA doivent être respectées.

Avant la mise en route du moteur, l'extrémité du contre angle doit en général être équipée d'une protection en silicone. Celle-ci permet d'éviter tout contact entre le contre-angle et la bouche du patient, ce qui pourrait entraîner des erreurs de mesure du localisateur d'apex. La lime prête à être utilisée doit ensuite être clipsée dans la tête du contre angle.

Puis le clip labial est relié au moteur ou au localisateur d'apex combiné (s'il s'agit d'un appareil indépendant du moteur) par un câble de mesure.

Un calibrage est souvent demandé avant la préparation canalaire. Le clip labial doit être mis en contact un certain temps avec l'instrument du contre angle. Un indicateur sonore ou visuel indique que l'appareil est ensuite prêt à être utilisé.

Le clip labial est accroché à la joue du patient (souvent le côté opposé à la dent sous la digue).

L'instrument est inséré dans le canal à préparer et la rotation est activée (soit manuellement soit automatiquement par l'appareil).

Un signal sonore et/ou visuel renseigne sur la progression de l'instrument à mesure que celui-ci se rapproche du point de référence déterminé par le fabricant ou que celui-ci dépasse du foramen.

La fonction de stop ou d'inversion automatique (quand elle existe) peut être activée pour sécuriser la préparation canalaire.

La préparation canalaire est terminée lorsque tous les instruments rotatifs choisis pour le traitement ont été utilisés et amenés jusqu'au point de référence de l'appareil.

Conclusion : La mise en œuvre clinique des moteurs endodontiques couplés à un LEA est censée simplifier l'étape de la préparation canalaire par rapport à la préparation réalisée avec un localisateur utilisé seul.

Certains fabricants recommandent de déterminer quand même la longueur de travail avec un appareil de mesure électronique séparé et une radiographie lime en place ; ce qui ne représente pas une réelle simplification.

L'intérêt de ces systèmes ne fait pas l'unanimité des auteurs et leur impact sur la qualité des résultats cliniques des traitements endodontiques devra encore faire ses preuves.

DEUXIEME PARTIE :
ETUDE EXPERIMENTALE IN VITRO

1. MATERIEL ET METHODE

1.1.Sélection des échantillons

1.1.1. Critères d'inclusion

Dents extraites monoradiculées incisives et canines maxillaires

- Présentant un seul canal de la chambre pulpaire à l'extrémité apicale
- Dent permanente avec apex fermé
- Dent non déjà traitée endodontiquement

1.1.2. Critères d'exclusion

- Couronne métallique, amalgame
- Dent avec fracture radiculaire/coronaire
- Apex immature, apex ouvert
- Résorption externe/interne, dent cariée
- Courbure canalaire
- Toutes les dents présentant plus d'un canal

1.1.3. Nombres

50 dents ont été sélectionnées

1.2.Préparation des échantillons

Préparation de toutes les dents par le même opérateur.

Réalisation de 2 radiographies pré opératoires des dents en incidences vestibulo linguale et mésio distale (Fig 3).

Conservation des dents extraites dans du sérum physiologique.



Figure 3 : radiographies pré opératoires en incidence a. vestibulo linguale et b. mésio distale

Création d'un repère coronaire fiable et fixe par la mise à plat du bord libre ou de la pointe cuspidienne de chaque dent.

Cavité d'accès :

- Trépanation réalisée avec une fraise boule diamantée sur turbine (Komet, USA).
- Repérage de l'entrée canalaire avec une sonde DG16 ® (Dentsply Maillefer, Suisse).
- Mise en forme réalisée avec une fraise EndoZ® (Dentsply Maillefer, Suisse) FG sur turbine.
- Irrigation de la cavité d'accès et du canal avec de l'hypochlorite de sodium à 3% (Canal Pro TM NaOCL 3% Coltène, Suisse) dans une seringue d'irrigation de 3 mL avec ouverture latérale (Monoject, Irlande).
- Vérification de la perméabilité apicale à l'aide d'une lime 08 MMC (Micro Mega, France) 25 mm introduite dans le canal jusqu'à ce que la pointe de l'instrument soit visible au foramen apical (grossissements x0,6 du microscope Pico®, Zeiss, Allemagne).

Elimination des dents dont la perméabilité apicale ne peut être confirmée.

Conservation de chaque dent dans un pot de 20 ml à bouchon rouge contenant du sérum physiologique (Fig 4).

Numérotation des pots de 1 à 50.



Figure 4 : dent d'un échantillon conservée dans un pot rempli de sérum physiologique

1.3.Support des dents pour la préparation des dents et la détermination électronique de la longueur de travail

1.3.1. Principe du simulateur

Support des dents pour la réalisation des préparations des échantillons et en particulier la détermination électronique de la LT.

Il doit reproduire de manière expérimentale le milieu buccal et de servir de support de travail pour les échantillons.

Il permet de maintenir les dents pendant les préparations et de déterminer électroniquement la longueur de travail.

1.3.2. Description du simulateur

Conçu du par le logiciel 3D Blender ® (Blender Fondation, Pays-Bas)

Cube creux, ouvert sur sa face supérieure, de 20 mm de côté réalisé par Impression 3D (Dagoma ® Disco Easy 200) en résine Plachromatik (Dagoma ®). La cavité mesure 10 mm de largeur et de profondeur et 18 mm de hauteur (Fig 5).

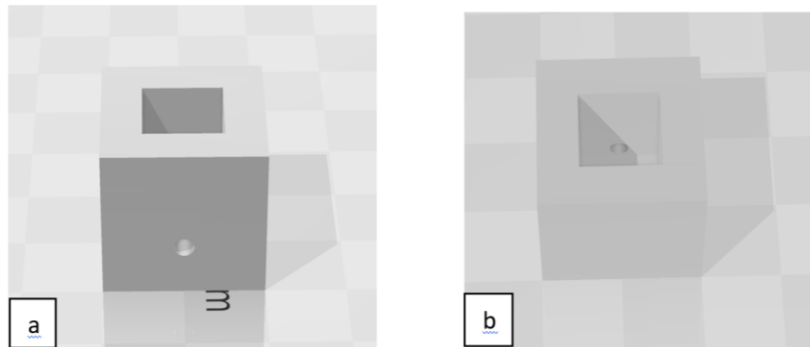


Figure 5 : schémas de la vue 3D du simulateur a. de face et b. du dessus

Création d'une gorge sur la paroi du fond reliée à l'extérieur par une petite ouverture (diamètre de l'ouverture 22/100 mm correspondant à la taille de l'électrode labiale passive de l'appareil de mesure électronique).

Mise en place au niveau de la gorge de l'électrode passive dont seule la partie droite est conservée (Fig 6).

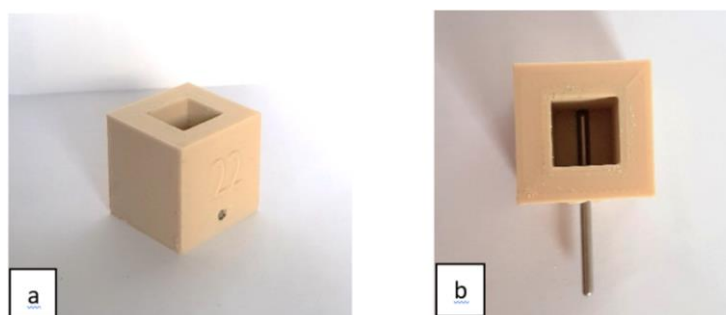


Figure 6 : a. simulateur vue de profil. b. simulateur avec l'électrode passive vue de dessus

La cavité est remplie à l'alginate (Hydrogum, Dustfree alginate impression material ZHERMACK, Italy) (Fig 7). Temps de travail : 1mn10 et temps de prise 1 mn, préparé avec de

l'eau du robinet et inséré sous pression avec une spatule pour assurer un bon contact avec l'électrode.

Dosage standard : 2 cuillères de poudre (18g) + 36 ml d'eau (2 graduations du verre doseur) pour une empreinte de taille moyenne.

Pour cette phase expérimentale, une cuillère de poudre (9g) + 18 ml d'eau (1 graduation du verre doseur) ont été utilisés pour une quantité suffisante d'alginate pour remplir deux simulateurs.



Figure 7 : Hydrogum, Dustfree alginate impression material ZHERMACK

Mise en place de l'électrode passive jusqu'au contact de la paroi verticale du simulateur.

Insertion de la dent à une distance d'environ 2 mm de l'électrode passive (Fig 8).

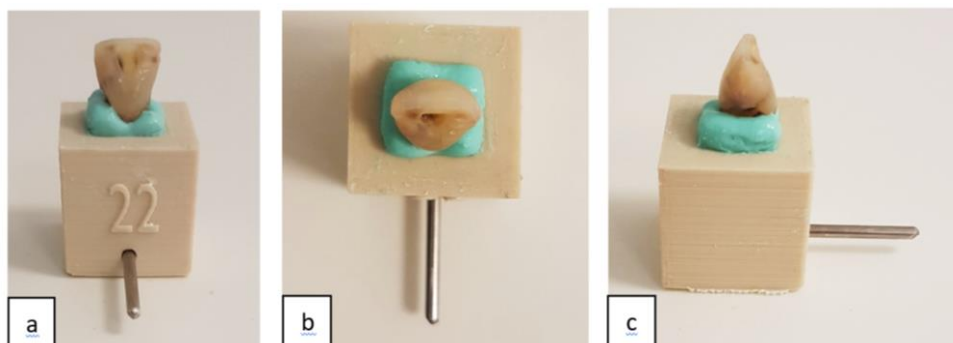


Figure 8 : simulateur rempli d'alginate et contenant une dent de l'échantillon et une électrode passive : a. de face, b. de dessus, c. de profil

1.4.Préparation canalaire et obturation des échantillons

Répartition aléatoire des dents en **2 groupes de 25** dents chacun (annexe 1) :

- **Groupe 1** : détermination électronique de la longueur de travail et préparation en rotation continue séparées
- **Groupe 2** : détermination de la longueur de travail et préparation en rotation continue simultanées

Les durées de préparation et d'obturation de chaque échantillon ont également été notées (annexe 1) et arrondies à la minute supérieure.

1.4.1. Groupe 1 : détermination électronique de la longueur de travail et préparation en rotation continue séparées

Détermination de la longueur électronique par le localisateur d'apex Propex Pixi™ (Dentsply Sirona, Suisse) (Fig 9).



Figure 9 : Propex Pixi® (Dentsply Sirona, Suisse)

Liaison d'une lime MMC 10 (Coltène Micro Méga, France) longueur 25 mm à l'électrode active (pince de raccordement).

Liaison du cordon à l'électrode passive du simulateur (Fig 10).

Elimination des excès d'hypochlorite de sodium de la chambre pulpaire.

Insertion de la lime dans le canal jusqu'à indication de la valeur 0,0 (apex) par l'appareil.

Ajustage du stop de la lime au niveau du repère coronaire.

Mesure de la longueur validée par l'appareil à l'aide d'un réglet endodontique (Endo Ring Nichrominox, France).

Soustraction de 0,5 mm à la longueur mesurée selon les recommandations du fabricant qui définit la longueur de travail (LT).

Mémorisation de la longueur de travail de chaque échantillon ajouté dans l'annexe 1.

Ajustage du stop à la LT définitive.

Réinsertion de la lime dans le canal jusqu'au repère coronaire.



Figure 10 : photos d'un Propex Pixi® (Dentsply Sirona, Suisse) connecté au simulateur contenant une dent de l'échantillon

Réalisation de 2 radiographies (vestibulo linguale et mésio distale) lime en place permettant de valider la LT (Fig 11).



Figure 11 : radiographies per opératoire lime en place en incidence a. vestibulo-linguale et b. mésio-distale

Préparation du canal par le système de lime mécanisée Protaper Gold® (Dentsply Sirona, Suisse) grâce au moteur endodontique XSmart Plus® (Dentsply Sirona, Suisse) (Fig 12).



Figure 12 : X-Smart Plus[®] (Dentsply Sirona, France)

Instrumentation du canal jusqu'à la LT selon la séquence suivante : S1, S2, F1, F2 avec irrigation à l'hypochlorite de Sodium de 2 mL après chaque passage d'instrument (Fig 13).



Figure 13 : séquence Protaper Gold[®] (Dentsply Sirona, Suisse) utilisée pour la phase expérimentale

Vérification du maintien de la perméabilité canalaire entre chaque passage d'instruments.

Protaper[®] (Dentsply Sirona, Suisse) à l'aide d'une lime MMC 10 progressant de +0,5 à +1mm de la LT.

1.4.2. Groupe 2 : détermination de la longueur de travail et préparation en rotation continue simultanées

Le localisateur d'apex Propex IQ[®] (Dentsply Sirona, Suisse) peut travailler en mode combiné avec la pièce à main XSmart IQ[®] (Dentsply Sirona, Suisse) (Fig 14) :

Branchement du câble de mesure X-Smart IQ[®] (Dentsply Sirona, Suisse) au localisateur d'apex Propex IQ[®] (Dentsply Sirona, Suisse).

Connexion de l'électrode passive du localisateur d'apex Propex IQ® au câble de mesure X-Smart IQ®.

Raccordement de la pièce à main X-Smart IQ® (Dentsply Sirona, Suisse) au câble de mesure X-Smart IQ® (Dentsply Sirona, Suisse).



Figure 14 : PROPEX IQ® (Dentsply Sirona, Suisse) à gauche et X SMART IQ® (Dentsply Sirona, Suisse) à droite

Mise en marche de l'iPad® (Apple, USA).

Activation de l'application Dentsply Endo IQ® (Dentsply Sirona, Suisse).

Allumage de la pièce à main et du localisateur d'apex.

Connexion de l'iPad® (Apple, USA) à la pièce à main X Smart IQ® (Dentsply Sirona, Suisse) et Propex IQ® (Dentsply Sirona, Suisse) via Bluetooth (Fig 15).

Sélection dans l'application du système de limes Protaper Gold® (Dentsply Sirona, Suisse).

Sélection de la première lime prête à être utilisée (S1).

Insertion de la lime endodontique correspondante (S1) dans le contre-angle X-Smart IQ® (Dentsply Sirona, Suisse).

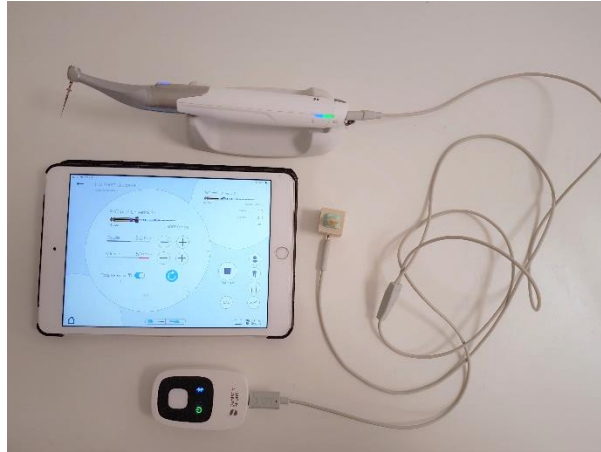


Figure 15 : IPAD[®] (Apple, USA), du Propex IQ[®] (Dentsply Sirona, Suisse), du X-Smart IQ[®] (Dentsply Sirona, Suisse) et simulateur connectés entre eux

Elimination des excès d'hypochlorite de sodium de la chambre pulpaire.

Commencement du traitement en cliquant sur le bouton Marche/Arrêt du moteur.

Progression de la lime endodontique vers l'apex jusqu'à atteindre le point de référence affiché sur l'écran (point de référence par défaut défini dans l'application).

Arrêt de la pièce à main au point de référence (fig 16). Ajustage du stop de la lime jusqu'au repère coronaire.

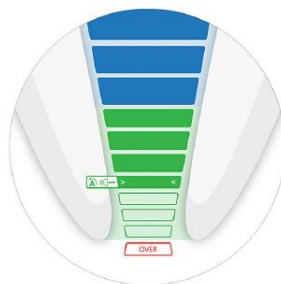


Figure 16 : capture d'écran de l'application endo IQ sur l'iPAD[®] quand l'instrument atteint le point de référence

Réactivation de la pièce à main pour retirer la lime du canal. Mesure de cette LT à l'aide d'un régleur endodontique (Endo Ring Nichrominox, France).

Réalisation du traitement endodontique en effectuant 3 passages de la lime Protaper S1 dans le canal. Surveillance attentive de la progression de la lime pour éviter toute sur-instrumentation.

Irrigation à l'hypochlorite de sodium de 2 ml après chaque passage d'instrument.

Vérification du maintien de la perméabilité canalaire entre chaque passage d'instruments.

Protaper : une fois la LT obtenue, on s'assure que la lime MMC 10 peut progresser de +0,5 à +1mm de la LT entre chaque passage d'instruments.

Retrait de la lime de la pièce à main puis remplacement de celle-ci par la suivante (Protaper S2).

Sélection sur l'écran de l'Ipad ® de la lime suivante (S2).

Répétition des mêmes étapes que pour S1 ainsi que pour F1 et F2 en suivant avec irrigation de 2ml d'hypochlorite entre chaque passage d'instruments.

Vérification du maintien de la perméabilité canalaire entre chaque passage d'instruments

Protaper® (Dentsply Sirona, Suisse) à l'aide d'une lime MMC 10 progressant de +0,5 à +1mm de la LT.

1.4.3. Obturation canalaire : groupe 1 et 2

Elles sont identiques pour les groupes 1 et 2 et destinées à « radio opacifier » les préparations en utilisant une technique cône unique et ciment plus reproductible qu'une technique de compactage.

Ajustage du maître cône F2 Protaper ® (Dentsply Sirona Maillefer – Suisse) : positionné avec sensation de butée à la LT et résistance au retrait avec comme objectif une obturation cône unique + ciment.

Prise de 2 radiographies (en incidence vestibulo linguale et mésio distale) maître cône en place afin de valider l'ajustage du maître cône (Fig 17 et 18).

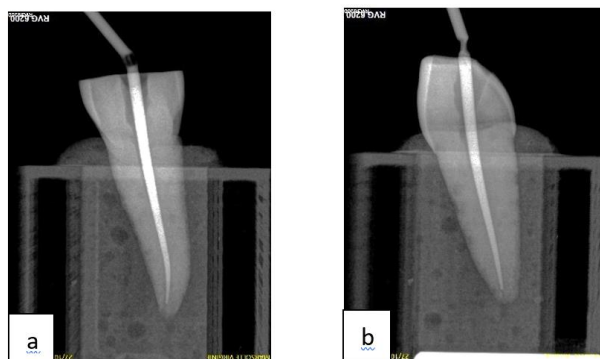


Figure 17 : Radiographies maître cône en place d'un échantillon du groupe 1 en incidence a. vestibulo-linguale et b. mésio-distale

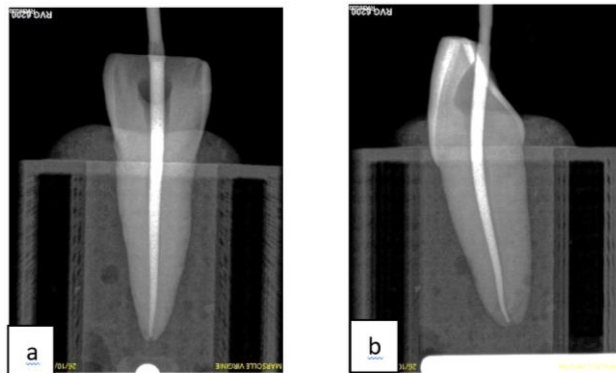


Figure 18 : Radiographies maître cône en place d'un échantillon du groupe 2 en incidence a. vestibulo-linguale et b. mésio-distale

Pas de ré ajustage du cône contrairement au groupe 1 pour les échantillons du groupe 2.

Irrigation finale à l'EDTA 17% (Canal Pro TM EDTA 17% Coltène) pendant 1 minute suivie d'une irrigation de 2 ml à l'hypochlorite de sodium 3%.

L'irrigation finale est optimisée par l'utilisation de l'Endo Activator® (Dentsply Sirona-Suisse) (Fig 19) :

- Utilisation d'un embout qui peut être inséré jusqu'à 2 mm de la longueur de travail dans le canal.
- Activation de l'appareil pendant 30 à 60 secondes dans un canal rempli d'hypochlorite de sodium.
- Irrigation avec 2 ml d'hypochlorite de sodium à 3%.



Figure 19 : Endo Activator ® (Dentsply Maillefer, Suisse)

Séchage du canal avec les pointes papiers calibrées F2 Protaper ® (Dentsply Sirona Maillefer – Suisse) : insertion de 2 à 3 pointes papiers à la LT jusqu'à ce la dernière pointe de celles-ci ressorte sèche du canal.

Préparation du ciment de scellement canalaire MM Seal™ (Coltene Micromega-France) (Fig 20) :

- MM-SEAL™ est un ciment de scellement canalaire pâte/pâte à base de résine époxy, présenté en seringue à double compartiment.
- Mélange direct du volume sortant pré-dosé de base et de catalyseur (ratio : 2 volumes pour 1) sur un bloc mélangeur à l'aide de la spatule fournie pendant 15 à 20 secondes ou jusqu'à obtention d'un mélange homogène.



Figure 20 : MM Seal® (Coltene Micromega, France)

Scellement du cône unique F2 enduit de ciment

- Dans un premier temps : une goutte de ciment sur la pointe du cône de gutta est amenée par le cône jusqu'à la LT en badigeonnant les parois canalaire. Cette opération est répétée une 2^e fois.
- Puis le cône unique enduit d'une fine couche de ciment est inséré à LT jusqu'à avoir une sensation de butée avec résistance au retrait.

Section des excédents de gutta dépassant des entrées canalaire à la fraise Thermacut® (Dentsply Maillefer, Suisse) sur turbine.

Compactage vertical manuel du cône avec un fouloir à Gutta ® 2/3 (Dentsply Maillefer, Suisse) pour aplanir l'obturation au niveau coronaire

Réalisation des radiographies post opératoires sous 2 incidences (vestibulo distale et mésio linguale) (Fig 21 et 22).

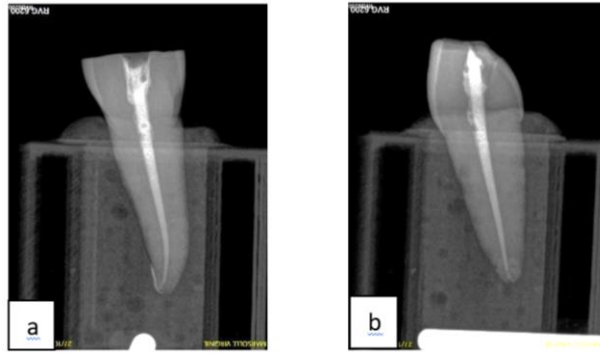


Figure 21 : Radiographies post opératoires d'un échantillon du groupe 1 en incidence a. vestibulo-linguale et b. mésio distale

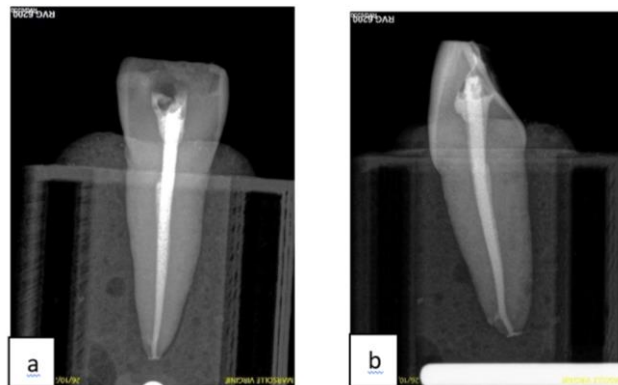


Figure 22 : Radiographies post opératoires d'un échantillon du groupe 2 en incidence a. vestibulo-linguale b. mésio distale

1.5. Méthodes d'évaluation

Afin de pouvoir évaluer la qualité des préparations en fonction du groupe de préparation, les résultats des obturations ont été soumis à un jury composé de 5 examinateurs tous enseignants en endodontie.

Les résultats ont été envoyés sous forme d'un diaporama dont les diapositives contenaient chacune le numéro de l'échantillon de la dent concernée (de 1 à 50), la radiographie pré opératoire en vue vestibulo linguale et une radiographie post opératoire en vue vestibulo linguale centrée sur le tiers apical (fig.23).

L'échantillon n°39 n'a pas été inclus dans les résultats envoyés car il a été exclu au cours de la phase expérimentale.

L'évaluation s'est faite en aveugle. Aucun examinateur n'avait connaissance de la répartition des échantillons ni des techniques de préparation (groupe 1 ou 2).

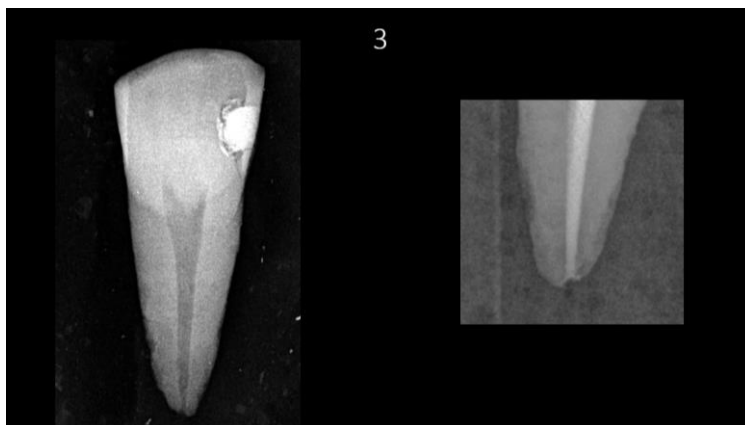


Figure 23: exemple d'une des diapositives envoyées aux examinateurs pour évaluation.

Le diaporama est accompagné d'un énoncé (annexe 2) demandant de noter cliniquement les résultats dans le 1/3 apical sur la base du respect de la longueur radiologique de travail.

Le barème à utiliser est le suivant :

- 3 : Cliniquement très satisfaisant
- 2 : Cliniquement satisfaisant
- 1 : Cliniquement insatisfaisant
- 0 : Echech total

A l'issue de l'évaluation, les notes de chaque échantillon ont été regroupées dans un tableau (annexe 3). Ce dernier a permis de réaliser un 2^e tableau regroupant les notes en fonction des groupes et des examinateurs (Annexe 4).

Les données du tableau ont été interprétées sous forme de graphiques en secteur (diagrammes circulaires).

2. Résultats

2.1. Résultats de l'évaluation de l'obturation du tiers apical des échantillons du groupe 1 sous forme de graphique en secteur

2.1.1. Moyenne des résultats donnés par les examinateurs

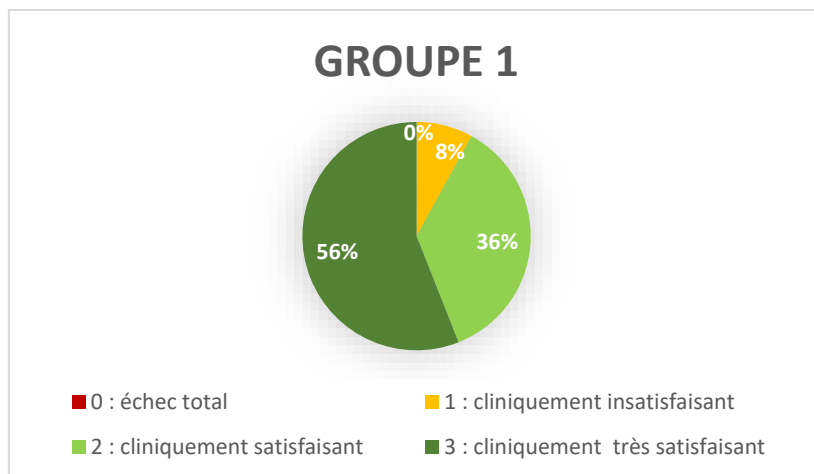


Figure 24 : Diagramme circulaire représentatif des moyennes des notes attribuées aux échantillons du groupe 1

Ce diagramme circulaire représente la moyenne des notes de tous les examinateurs attribués au groupe 1 (Fig 24).

Les obturations jugées comme cliniquement très satisfaisantes sont majoritaires et représentent 56% des résultats soit plus de la moitié des notes. 36% des obturations sont notées cliniquement satisfaisantes et 8% comme cliniquement insatisfaisantes. Il n'y a eu aucune obturation considérée comme un échec total (0%).

2.1.2. Résultats par examinateur

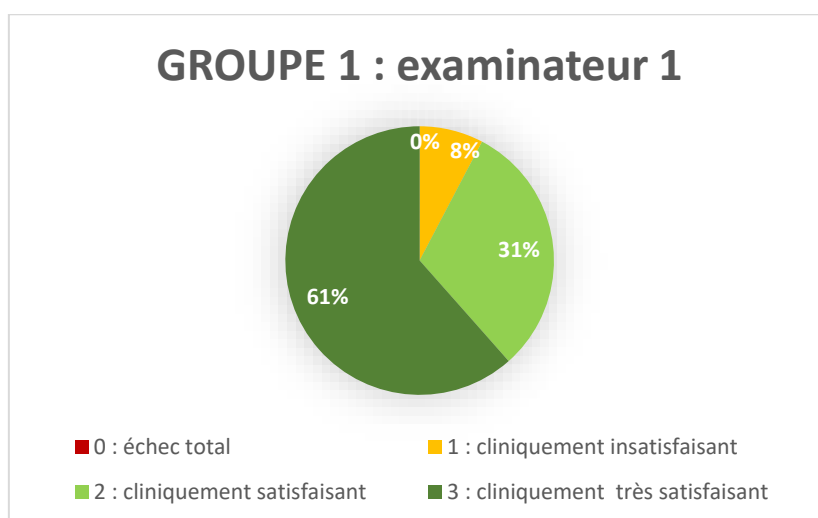


Figure 25 : Diagramme circulaire représentatif des notes attribuées aux échantillons du groupe 1 par l'examineur 1

Seuls les résultats de l'examineur 1 sont similaires à ceux des moyennes des résultats du groupe 1. Les obturations jugées comme cliniquement très satisfaisantes sont là aussi majoritaires. 61% des obturations sont cliniquement très satisfaisantes, 31% des obturations sont cliniquement satisfaisantes, 8% des obturations sont cliniquement insatisfaisantes et il n'y a aucun échec total (0%) (Fig 25).

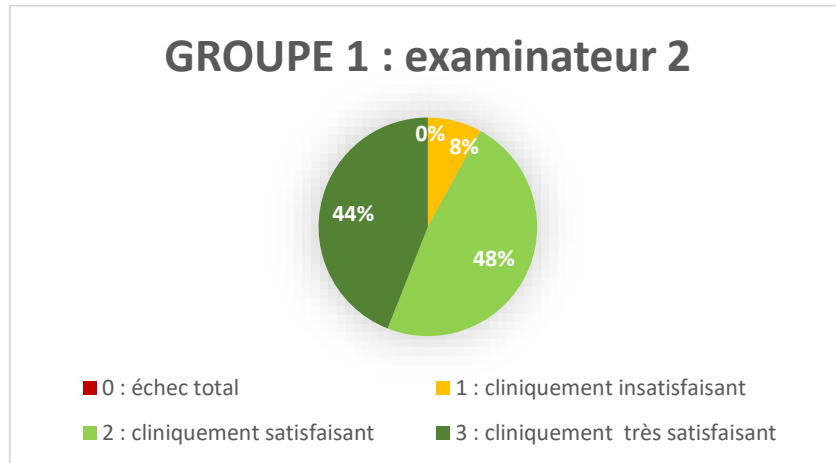


Figure 26 : Diagramme circulaire représentatif des notes attribuées aux échantillons du groupe 1 par l'examineur 2

Les résultats de cet examinateur sont identiques à ceux des moyennes des résultats en ce qui concerne les obturations jugées comme des échecs et cliniquement satisfaisantes : 0% et 8%.

Les obturations jugées comme cliniquement satisfaisantes et très satisfaisantes sont représentées dans des proportions proches l'une de l'autre : 48% et 44% respectivement. Les obturations cliniquement satisfaisantes sont donc légèrement majoritaires (Fig 26).

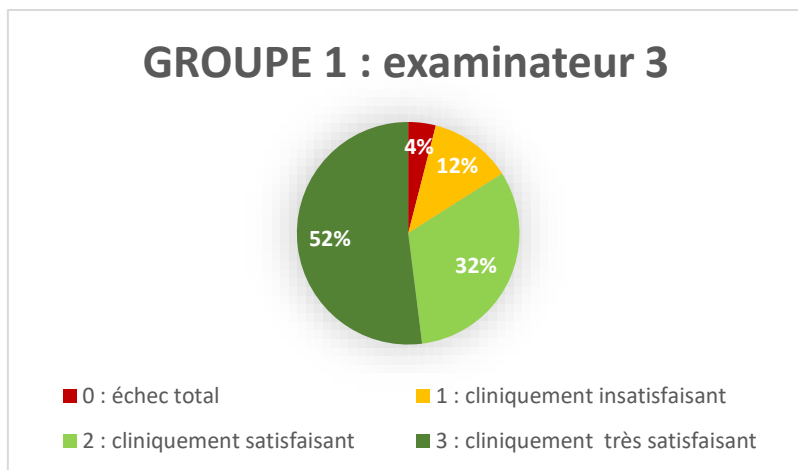


Figure 27 : Diagramme circulaire représentatif des notes attribuées aux échantillons du groupe 1 par l'examinateur 3

Les résultats de l'examinateur 3 tendent à se rapprocher du diagramme circulaire des moyennes : les résultats jugés cliniquement insatisfaisants, satisfaisants et très satisfaisants sont respectivement : 12%, 32% et 52%. Cependant on retrouve ici 4% d'échec total. C'est le seul des 5 examinateurs à avoir estimé que le groupe 1 incluait des obturations considérées comme des échecs (Fig 27).

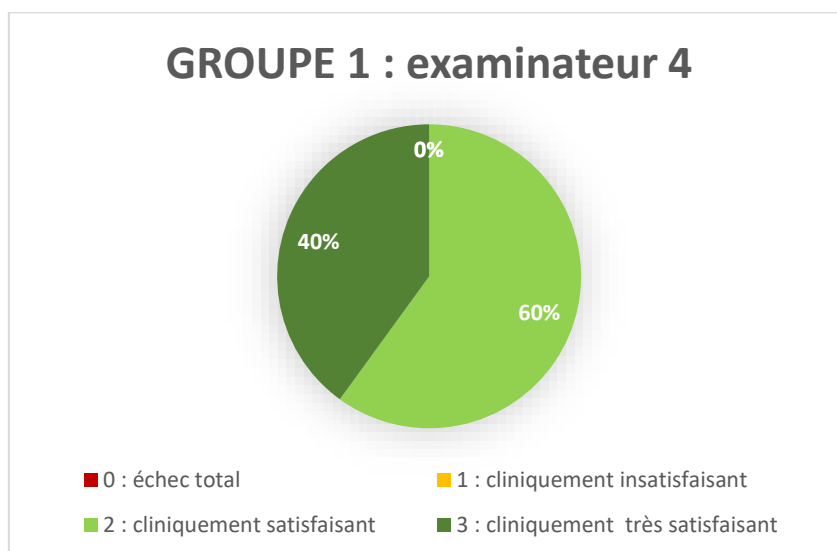


Figure 28 : Diagramme circulaire représentatif des notes attribuées aux échantillons du groupe 1 par l'examinateur 4

Les notes attribuées par cet examinateur sont atypiques comparées au diagramme des moyennes. On ne retrouve aucune obturation jugée comme un échec ou cliniquement insatisfaisante (0% et 0%). Les obturations cliniquement satisfaisantes sont majoritaires et représentent 60% des résultats tandis que les obturations cliniquement très satisfaisantes sont minoritaires (40%) (Fig 28).

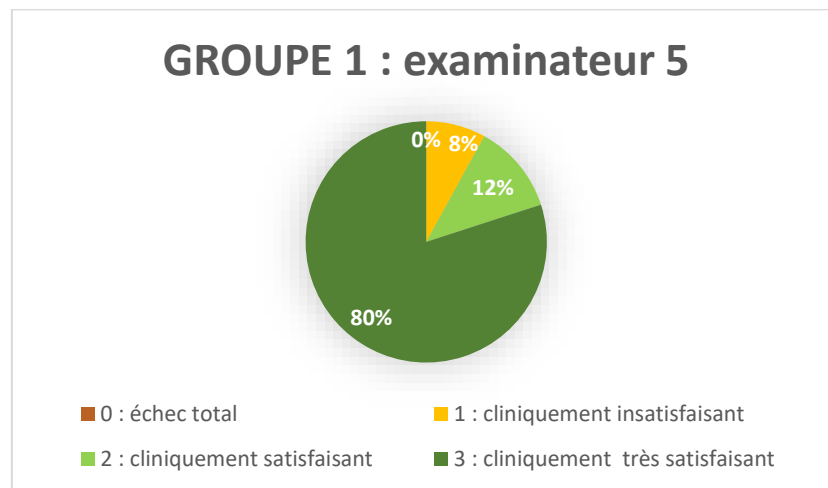


Figure 29 : Diagramme circulaire représentatif des notes attribuées aux échantillons du groupe 1 par l'examinateur 5

On retrouve pour l'examinateur 5, les mêmes proportions d'échec total et d'obturations cliniquement insatisfaisantes que celles du diagramme des moyennes (0% et 8% respectivement).

Les résultats cliniquement très satisfaisants sont largement majoritaires (80%) par rapport aux résultats cliniquement satisfaisants (12%) (Fig 29).

2.2.Résultats de l'évaluation de l'obturation du tiers apical des échantillons du groupe 2 sous forme de graphique en secteur

2.2.1. Moyennes des résultats donnés par les examinateurs

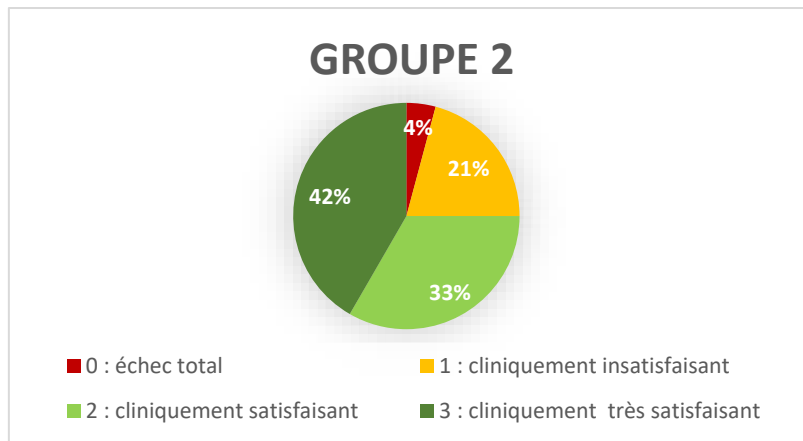


Figure 30 : Diagramme circulaire représentatif des moyennes des notes attribuées aux échantillons du groupe 2

Les résultats minoritaires correspondent aux obturations considérées comme des échecs (4%). Les obturations cliniquement très satisfaisantes restent majoritaires (42%). Les obturations cliniquement insatisfaisantes et cliniquement satisfaisantes sont de 21% et 33% (Fig 30).

Contrairement au diagramme des moyennes du groupe 1, on retrouve ici 4% d'échec total. Les obturations cliniquement insatisfaisantes (21%) sont ici plus importantes que dans le groupe 1. Le pourcentage d'obturations cliniquement satisfaisantes (33%) est proche de celui du groupe 1 (31%). Les obturations cliniquement très satisfaisantes (42%) sont inférieures à celles du groupe 1 (56%).

2.2.2. Résultats par examinateur

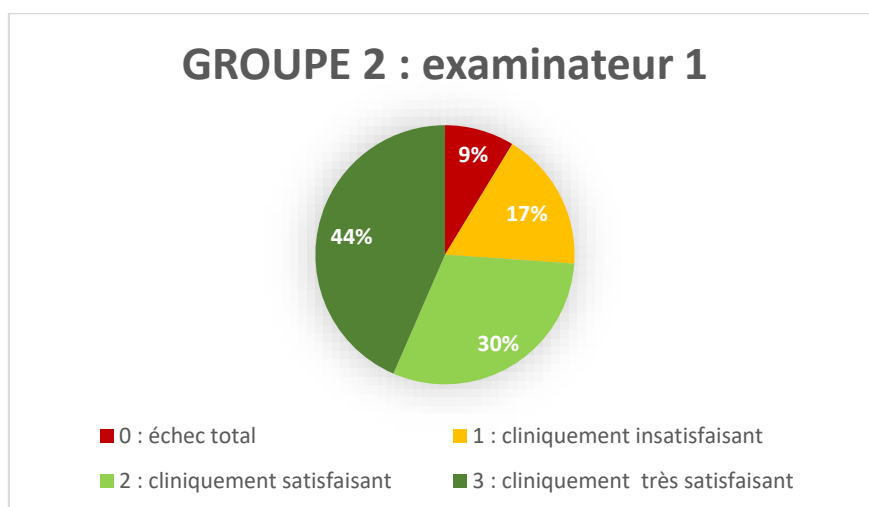


Figure 31 : Diagramme circulaire représentatif des notes attribuées aux échantillons du groupe 2 par l'examineur 1

Le diagramme de cet examinateur est proche de celui des diagrammes des moyennes avec une tendance à l'augmentation pour les échecs totaux (9%) et à la diminution pour les résultats cliniquement insatisfaisants, satisfaisants et très satisfaisants (respectivement 17%, 30% et 44%) (Fig 31).

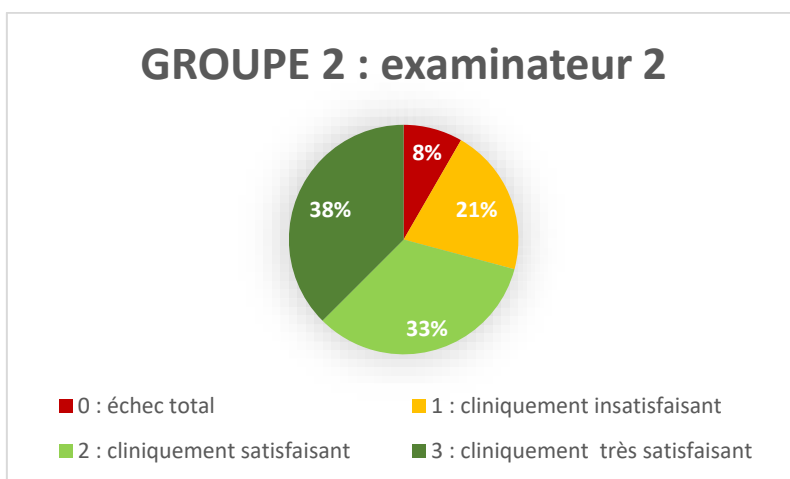


Figure 32 : Diagramme circulaire représentatif des notes attribuées aux échantillons du groupe 2 par l'examinateur 2

Les résultats cliniquement insatisfaisants (21%) et cliniquement satisfaisants (33%) sont identiques à ceux du diagramme des moyennes. Les résultats cliniquement très satisfaisants sont en légère baisse (38%) et les résultats des échecs totaux sont en légère augmentation (8%) par rapport au diagramme circulaire des moyennes (Fig 32).

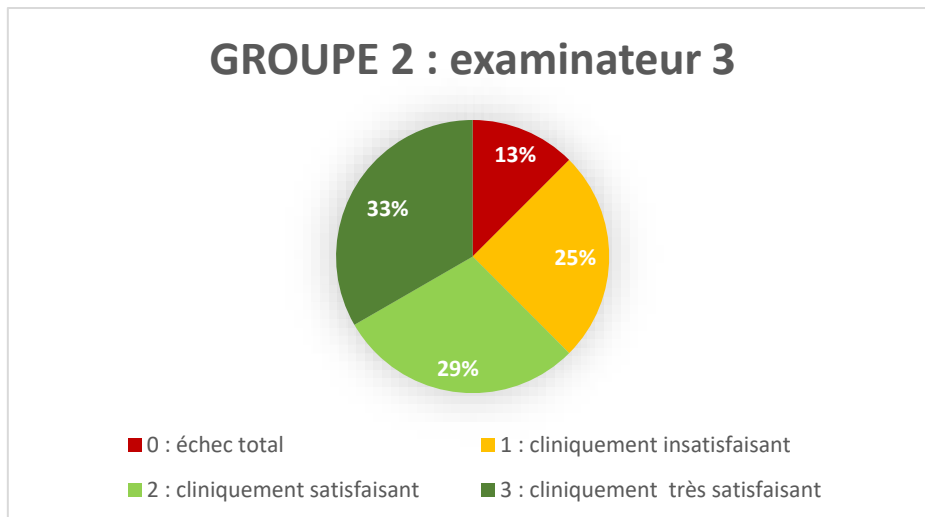


Figure 33 : Diagramme circulaire représentatif des notes attribuées aux échantillons du groupe 2 par l'examinateur 3

Cet examinateur a le jugement le plus défavorable concernant le groupe 2. Bien que les résultats cliniquement très satisfaisants restent majoritaires (33%) ils sont peu élevés par rapport aux résultats cliniquement satisfaisants (29%) et aux résultats cliniquement insatisfaisants (25%). Ce diagramme expose le plus haut pourcentage d'échec total (13%) par rapport aux autres diagrammes (Fig 33).

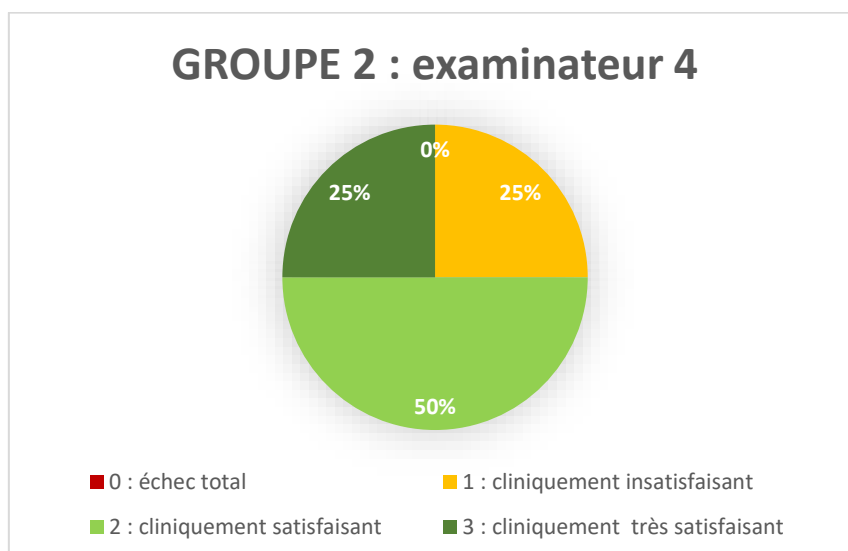


Figure 34 : Diagramme circulaire représentatif des notes attribuées aux échantillons du groupe 2 par l'examinateur 4

Les notations attribuées au groupe 2 par cet examinateur sont à nouveau atypiques. Bien qu'il n'y ait aucun échec total (0%), ce sont les résultats cliniquement satisfaisants qui sont ici

majoritaires (50%). Les résultats cliniquement insatisfaisants et cliniquement très satisfaisants sont minoritaires mais sont équivalents (25% respectivement pour les 2) (Fig 34).

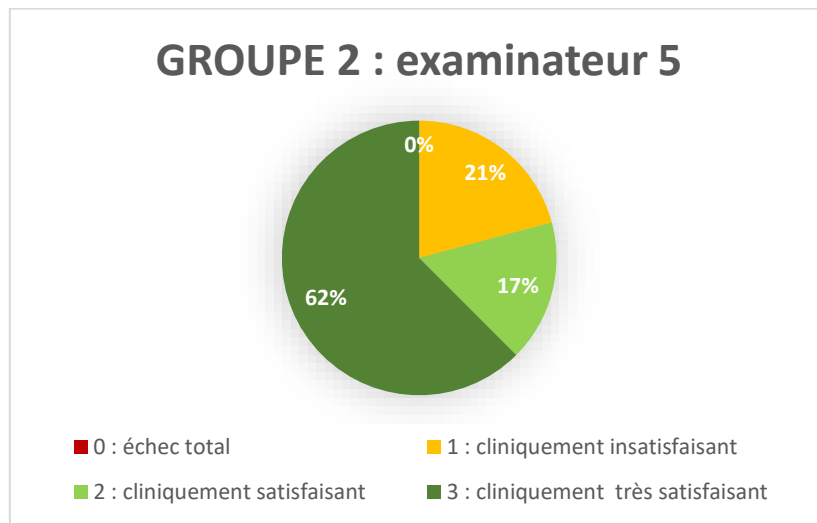


Figure 35 : Diagramme circulaire représentatif des notes attribuées aux échantillons du groupe 2 par l'examinateur 5

Cet examinateur a jugé les obturations du groupe 2 de manière plus favorable que tous les autres examinateurs. Il n'y a eu aucun échec total (0%) et les résultats cliniquement satisfaisants sont largement majoritaires (62%). Cependant, les résultats cliniquement insatisfaisants (21%) sont supérieurs aux résultats cliniquement satisfaisants (17%) (Fig 35).

2.3. Analyses statistiques

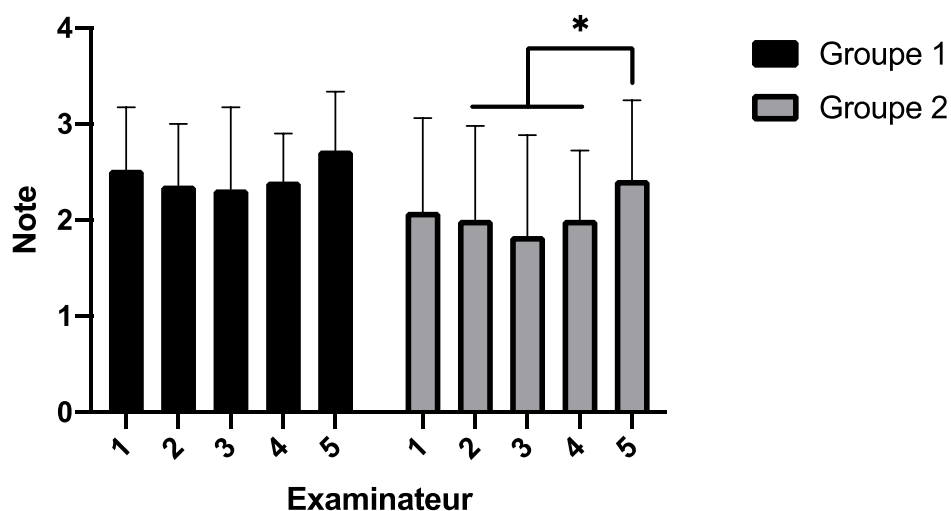


Figure 36 : note moyenne du respect de la longueur de travail par examinateur et par groupe (* = $p < 0,05$)

Dans le groupe 1, on constate que toutes les notations des examinateurs sont supérieures à 2, donc plus que cliniquement satisfaisantes.

Dans le groupe 2, on remarque que les notations des examinateurs sont très variables car inférieures, égales ou supérieures à 2 (Fig 36).

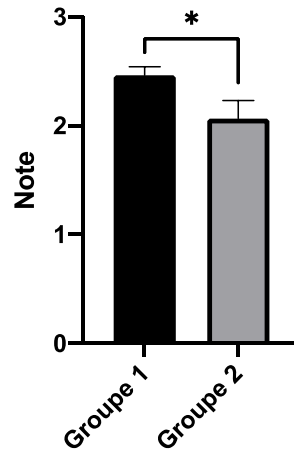


Figure 37 : note moyenne du respect de la longueur de travail par groupe (* = $p < 0,05$)

La meilleure note a été obtenue avec le groupe 1 avec une note moyenne de 2,5 (donc entre cliniquement satisfaisant et cliniquement très satisfaisant). Quant au groupe 2 la note moyenne était de 2 donc cliniquement satisfaisante (Fig 37).

Toutes les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel Graphpad Prism 9.0 (GraphPad Software, San Diego, CA, USA). La normalité a été évaluée par le test Shapiro-Wilk avec un indice de confiance p ($p < 0,01$).

Un T test de Student a été utilisé pour déterminer la corrélation entre la notation et la technique utilisée.

Un test Anova 2way a été utilisé pour comparer la notation en fonction de l'examineur selon la technique utilisée.

La notation moyenne de la longueur radiologique de travail de l'obturation du groupe 1 est supérieure à celle de la notation moyenne de la longueur radiologique de travail de l'obturation du groupe 2.

Les différences ont été jugées significatives pour une valeur p : $p < 0,05$.

Une détermination électronique de la longueur de travail et une préparation en rotation continue séparées (groupe 1) permet d'aboutir à une meilleure obturation du tiers apical en termes de respect de la longueur radiologique de travail qu'une détermination de la longueur de travail et préparation en rotation continue simultanées (groupe 2).

Bien qu'une détermination électronique de la longueur de travail et une préparation en rotation continue séparées permet d'obtenir des résultats de cliniquement satisfaisants à cliniquement très satisfaisants, une détermination de la longueur de travail et une préparation en rotation continue simultanées permettent d'obtenir des résultats cliniquement satisfaisants.

2.4. Analyse des durées d'intervention (Temps de travail) (annexe 1)

Le temps moyen de préparation et d'obturation des échantillons est :

Groupe 1 : 22mn 14 secondes

Groupe 2 : 16mn27 secondes

La technique 2 apparaît donc en moyenne plus rapide.

Conclusion :

L'analyse des résultats est faite sur la base d'une appréciation subjective et en aveugle de 5 examinateurs enseignants en endodontie.

Dans le groupe 1, 92% des résultats sont considérés comme satisfaisants et très satisfaisants, sans échantillon considéré comme échec total.

Dans le groupe 2, 75% des résultats sont considérés comme satisfaisants et très satisfaisants mais 4% des traitements endodontiques sont classés comme des échecs.

Ces résultats sont jugés statistiquement significatifs.

Les traitements endodontiques des échantillons du groupe 2 montrent cependant une moyenne de temps de travail plus courte que ceux du groupe 1.

3. DISCUSSION

Par rapport au groupe 1, le groupe 2 possède une proportion moins importante de résultats satisfaisants et très satisfaisants. Le respect de la longueur de travail évalué après obturation du groupe 1 est significativement supérieur au groupe 2. Le groupe 2 est aussi le seul à comporter des échecs.

À propos du choix des examinateurs

Les différences constatées d'évaluation des résultats peuvent être en relation avec le jugement des évaluateurs, fonction de leur expérience clinique.

5 examinateurs ont été sélectionnés pour cette évaluation car ils présentaient tous un intérêt pour l'endodontie :

- Les examinateurs 2, 3 et 4 ont environ 5 ans d'expérience clinique. Ils sont omnipraticiens avec une activité majoritairement orientée vers l'odontologie conservatrice et l'endodontie.
- L'examinateur 1 a une activité exclusivement orientée vers l'odontologie conservatrice et l'endodontie avec environ 5 ans d'expérience.
- L'examinateur 5 a une activité exclusivement orientée vers l'endodontie avec plus de 40 ans d'expérience clinique post doctorat.

Une disparité entre les résultats a été constatée que ce soit pour le groupe 1 ou le groupe 2. Les seuls examinateurs dont les résultats d'évaluation tendent à se rapprocher le plus possible des moyennes des résultats d'évaluations sont l'examinateur 1 et 2. L'examinateur ayant le plus jugé les radiographies de manière défavorable est l'examinateur 3. L'examinateur avec les résultats les plus atypiques est l'examinateur 4. Enfin l'examinateur ayant le plus jugé les radiographies de manière favorable est l'examinateur 5.

Sur un total de 5 notes possibles par échantillon :

- 10 échantillons obtiennent 5 notes sur 5 identiques
- 12 échantillons obtiennent 4 notes sur 5 identiques

- 25 échantillons obtiennent 3 notes sur 5 identiques
- 2 échantillons obtiennent 2 notes sur 5 identiques

A première vue les examinateurs ne sont pas totalement concordants entre eux en ce qui concerne l'évaluation des échantillons. Un bon indice statistique qui aurait pu être utilisé pour mesurer la concordance entre évaluateurs est le Kappa de Fleiss.

Ces divergences de jugement peuvent s'expliquer par l'expérience clinique et le type d'activité clinique pratiquée (activité omni pratique majoritairement orientée vers l'odontologie conservatrice endodontie ou activité exclusive en odontologie conservatrice endodontie).

Un groupe d'examineurs plus homogène voire un plus grand nombre d'examineurs pourrait permettre d'affiner les résultats et les interprétations.

A propos de la présentation des résultats aux examinateurs

L'évaluation des résultats repose sur une évaluation à caractère subjectif reposant sur la clinique.

D'un point de vue clinique, une obturation canalaire est jugée satisfaisante si elle respecte les 3 critères suivants : homogénéité, densité, respect de la longueur de préparation.

L'obturation canalaire a été réalisée ici avec une technique monocône + ciment avec comme possibilité envisageable dans l'avenir d'évoluer vers des techniques cône unique et ciment biocéramique en lieu et place des techniques de compactage.

L'objectif de ce travail n'est pas l'étude de la qualité de l'obturation tridimensionnelle d'un canal mais plutôt celle du contrôle de l'obturation dans le tiers apical après la détermination électronique de la LT et la préparation.

La présentation des résultats pour les groupes 1 et 2 a été faite sous la forme de radiographies (pré, per, post opératoires) prises dans deux plans de l'espace : vestibulo linguale et mésio distale.

Dans le cadre de l'évaluation, les examinateurs n'ont étudié que les radiographies pré opératoires vestibulo linguales et post opératoires vestibulo linguales centrées sur le tiers apical car l'étude était axée sur le respect de la longueur de travail.

Les radiographies ont été présentées en incidence vestibulo-linguale pour se rapprocher de la situation clinique.

Les radiographies post opératoires ont été présentées aux examinateurs avec le tiers apical à grossissement 1,5 après obturation ce qui a pu accentuer l'appréciation de défauts lors des évaluations.

Aucune remarque préalable n'a été faite aux examinateurs sur les dépassements de ciments de scellement qui sont des données devant être considérées comme cliniquement acceptables (surtout s'il s'agit de ciment biocéramique). Ce point a pu orienter les examinateurs vers des notes moins favorables.

A propos des résultats

La proportion de résultats au moins cliniquement satisfaisants retrouvée dans les 2 groupes est de respectivement 92% pour le groupe 1 et 75% pour le groupe 2.

Bien que la notation soit subjective par l'évaluation de radiographies post opératoires, les longueurs de travail ont été déterminées de manière électronique et peuvent donc être considérées comme fiables.

Les études in vitro d'évaluation de la précision des localisateurs d'apex utilisés seuls permettent de montrer que la fiabilité de ces appareils se situent entre 80% et 95% en moyenne (55), (56).

Quant aux moteurs intégrant des localisateurs d'apex, les résultats divergent d'une étude à l'autre mais la fiabilité de ces appareils permet toujours d'obtenir des résultats au moins cliniquement acceptables (51), (57), (58).

Concernant le Propex Pixi® utilisé dans le groupe 1, sa fiabilité a été démontrée dans des conditions d'utilisation in vivo et in vitro. Celle-ci s'élève à 80% et 83,3% respectivement (59), (55). Le localisateur d'apex seul utilisé pour cette étude a donc montré qu'il pouvait être précis aussi bien en clinique qu'en situation expérimentale.

D'autres éléments de ce travail permettent d'appuyer la fiabilité des résultats :

- Les échantillons sélectionnés selon plusieurs critères d'exclusion et d'inclusion présentent tous la même morphologie : monoradiculés matures sans courbure majeure

et les plus saines possibles. Les dents choisies pour cette expérience sont donc le plus standardisées possible.

- Tous les échantillons sont préparés par le même opérateur selon un protocole rigoureux qui a été appliqué pour chaque échantillon.
- Le simulateur conçu pour cette étude permet de s'approcher des conditions d'usage in vivo d'un localisateur d'apex : la partie apicale de la dent étant incluse dans le simulateur, l'opérateur n'a aucun contrôle visuel sur un éventuel dépassement des instruments lors de la détermination de la LT. Sa seule référence lui permettant de déterminer la bonne longueur de travail est donc le localisateur d'apex.
- Les protocoles utilisés pour les traitements endodontiques de cette phase expérimentale s'inspirent de ceux utilisés en clinique (technique conventionnelle et préparation canalaire couplée à la détermination de la longueur de travail).

Dans les conditions de la simulation in vitro, la note moyenne attribuée au groupe 2 est inférieure à celle du groupe 1 et cette différence est statistiquement significative. Cependant dans le groupe 2, la note obtenue est considérée comme cliniquement satisfaisante.

Cet écart s'explique par une absence d'obturations considérées comme des échecs totaux dans le groupe 1 alors qu'elle représente 4% dans le groupe 2. La proportion d'obturations considérées comme insatisfaisantes est aussi plus importante (21 % pour le groupe 2 contre 8% pour le groupe 1). Les obturations considérées comme satisfaisantes sont similaires (33% pour le groupe 2 contre 31% pour le groupe 1). Mais les obturations considérées comme cliniquement très satisfaisantes sont inférieures dans le groupe 2 (42%) par rapport à celle du groupe 1 (56%).

Les 4% d'obturations considérées comme des échecs totaux dans le groupe 2 s'expliquent par le fait que 2 échantillons (n°1 et 4) ont obtenu la note de 0 par 3 examinateurs sur 5 (Fig 38). Ces 2 échantillons présentent des sur-obturations avec dépassement du cône de gutta au-delà de l'apex. Dans ce cas, l'apex a clairement pu être endommagé lors de la préparation par un non-respect d'une bonne longueur de travail.

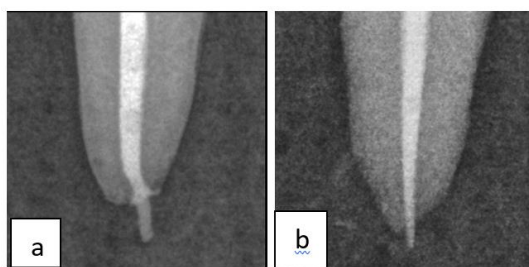


Figure 38 : radiographies post opératoire centrées sur le tiers apical de a. L'échantillon n°1 et b. l'échantillon n°4

Pour les obturations considérées comme cliniquement insatisfaisantes dans le groupe 2 :

L'échantillon 8 qui a obtenu la note de 1 par 3 examinateurs sur 5 présente une sous obturation avec présence de vide entre la fin de l'obturation et la fin de la préparation (Fig 39).

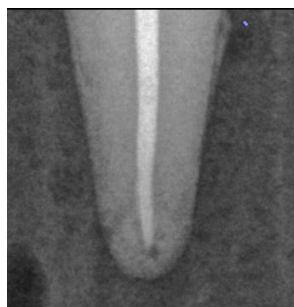


Figure 39 : radiographie post opératoire centrée sur le tiers apical de l'échantillon n°8

L'échantillon 9 obtient une note de 1 pour 4 examinateurs sur 5 et la note de 0 par le dernier examinateur. Une sous obturation avec probable préparation à une longueur de travail sous-estimée ou correctement estimée explique ce résultat. En effet le trajet canalaire sur la radiographie pré opératoire est bien visible et se termine à l'apex radiographique. L'obturation quant à elle est à une distance de l'apex qui a été jugée comme au moins cliniquement insatisfaisante (Fig 40).

Le même raisonnement est valable pour l'échantillon 45 qui a obtenu une note de 1 par tous les examinateurs (Fig 40).

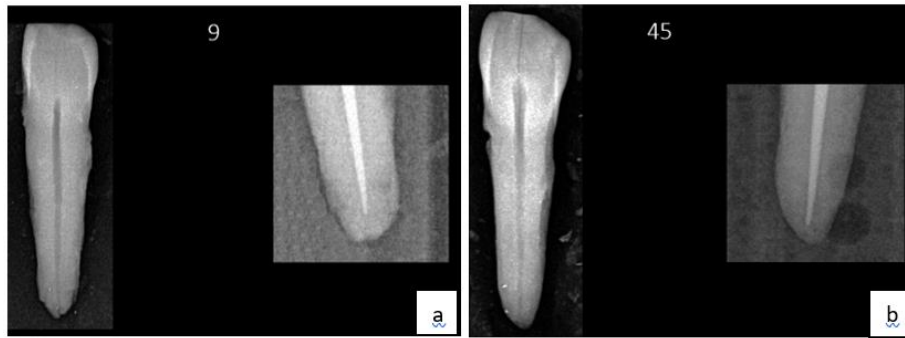


Figure 40 : diapositives de a. l'échantillon n°9 et b. de l'échantillon n°45

Les résultats perçus comme mauvais peuvent résulter d'une estimation incorrecte de la longueur de travail dans les cas de sous préparation et d'une sur préparation dans les cas de dépassement. Il faut rappeler dans un premier temps qu'un localisateur d'apex ne peut être pas être fiable à 100%. Ensuite une longueur de travail obtenue de manière électronique pour être la plus fiable possible implique d'être déterminée à l'aide d'une lime manuelle. La position de cette lime doit ensuite être validée par une radiographie per opératoire lime en place (23).

Cette recommandation est d'ailleurs précisée dans le mode d'emploi du X Smart IQ® tout comme ceux de moteurs couplés à des LEA plus connus tels que le VDW gold® ou le Tri Auto ZX®. Les résultats de notre étude pourraient confirmer que la LT ne peut pas être déterminée de manière suffisamment fiable avec un instrument de préparation en rotation dans un canal dont la perméabilité n'a pas été vérifiée en amont (60). Si les fabricants recommandent la validation de la LT par radiographie per opératoire lime en place, la question du gain de temps et d'amélioration de l'ergonomie annoncée pourrait être remise en question.

On notera cependant que les échantillons du groupe 2 sont en moyenne préparés plus vite de 5mn56s que le groupe 1 pour des résultats cliniquement satisfaisants.

Pour le X Smart IQ®, aucune étude jugeant de sa fiabilité à déterminer et à préparer des canaux à la bonne LT n'a été faite. En revanche, plusieurs études ont été réalisées pour d'autres appareils avec LEA intégrés.

Une étude ex vivo incluant le X Smart Dual® (le même fabricant que le X Smart IQ®) et d'autres appareils conclue que les longueurs de travail obtenues en mode LEA séparé et combiné ne sont pas équivalentes. Cependant leur utilisation en mode combinée demeure cliniquement acceptable (61).

Pour la phase expérimentale, il aurait été intéressant d'utiliser le Propex IQ ® à la place du Propex Pixi® pour avoir des résultats plus comparables.

Une étude ex vivo incluant un moteur et LEA séparés utilisés simultanément a conclu que cette combinaison permettait de déterminer la LT pendant la préparation canalaire de manière aussi précise que le Tri Auto ZX ®. Tout comme l'expérience réalisée pour cette thèse, un simulateur empêchant d'avoir une vision directe sur l'apex a été utilisé. Cependant la précision de la longueur de travail a été déterminée en mesurant sous microscope la distance entre la pointe des instruments et le foramen mineur ou majeur (57).

Une étude ex vivo utilisant aussi le microscope a mis en évidence le fait que le VDW Gold Reciproc ® permettait de détecter de manière précise la constriction apicale. La fonction de stop automatique était aussi indiquée comme étant un complément fiable à la préparation endodontique (58).

Une étude ex vivo incluant le Tri Auto ZX ® a conclu que lorsque le mode « apical reverse » était programmé à 1 ou 2 mm du foramen apical, les longueurs obtenues étaient systématiquement plus courtes que les longueurs réelles. Les mesures étaient faites entre la pointe de l'instrument et la constriction apicale (62). Cependant les longueurs obtenues avec le Tri Auto Zx ® restaient cliniquement acceptables.

Il aurait été pertinent de faire une coupe de la zone apicale de chaque échantillon. La distance entre la fin de l'obturation et la constriction apicale aurait pu ainsi être vérifiée sous microscope.

Dans une étude, la LT de référence a été déterminée en faisant dépasser une lime manuelle de l'apex des échantillons (53). Elle devait ensuite être comparée à celle obtenue par un moteur avec LEA. Le mode « auto apical reverse » n'a pas été utilisé dans cette étude (uniquement le contrôle visuel de l'atteinte du point de référence lors de la préparation). La rotation utilisée était en réciprocity. Cette étude a conclu que le moteur VDW Gold ® utilisé en mode combiné s'est avéré aussi fiable et précis que les localisateurs d'apex Root ZX ® et Bingo 1020 ®. Le critère évalué était le contrôle de la LT lors de la préparation canalaire en mode réciprocity.

Le simulateur utilisé dans notre étude empêche l'opérateur d'avoir une vision directe de l'apex au cours de la préparation. Il travaille donc en aveugle. Il peut ainsi se rapprocher des conditions cliniques d'un traitement endodontique de préparation canalaire et d'obturation en une séance.

Une étude in vivo a conclu que l'usage du Tri Auto ZX ® en mode combiné ou seul était utile et fiable. De plus, la fonction « auto apical reverse » (inversion automatique à l'apex) empêchait une sur préparation apicale (51).

Une autre étude in vitro a conclu que malgré l'usage du mode « auto apical reverse » (inversion automatique à l'apex) du Tri Auto ZX, une sur estimation de la longueur de travail pouvait se produire. Il pouvait donc y avoir un sur élargissement apical (63).

Dans notre étude, le mode « auto apical reverse » n'a pas été utilisé. Nous ne pouvons pas affirmer que l'utilisation de ce mode permet d'éviter ou de réduire les sur préparations et donc les dépassements d'obturation. Ceci pourrait faire l'objet de travaux ultérieurs afin d'en mesurer les effets.

Le groupe 2 permet une réalisation des traitements endodontiques en moyenne plus rapide que celle du groupe 1.

Un gain de temps moyen de 5 mn 56 secondes s'explique par le fait que dans le groupe 2, il n'y pas d'étape de détermination de la longueur de travail séparée de la préparation.

Plus précisément, cette différence s'explique par l'absence dans le groupe 2 des étapes suivantes :

- D'une détermination de la longueur de travail électronique avec une lime 10.
- D'un ajustage du stop de la lime à un repère coronaire fixe lorsque le localisateur indique le 0.0 de manière stable.
- Du retrait de la lime, de la mesure de cette longueur de travail puis de la soustraction de 0,5 mm à cette longueur.
- Du ré ajustage du stop à cette nouvelle longueur.
- De la réinsertion de la lime dans le canal jusqu'à ce que le stop atteigne le repère coronaire choisi.
- De la prise d'une radiographie lime en place avec validation de celle-ci ou ré ajustage de la longueur de travail. Cette dernière étape implique une correction de la position du stop en ayant soustrait ou ajouté 0,5mm à la LT. Il faut ensuite réaliser une nouvelle radiographie per opératoire lime en place de validation.

Conclusion :

Cette étude démontre que les traitements endodontiques réalisés selon une préparation et une détermination de la LT simultanées est plus rapide. Elle reste cependant moins performante que des traitements endodontiques réalisés selon une préparation et une détermination de la LT séparées. Des arguments pertinents basés sur la littérature et un protocole expérimental rigoureux permettent de soutenir cette hypothèse. Plusieurs biais ont été mis en avant et nécessiteraient des travaux complémentaires pour confirmer ou infirmer cette hypothèse.

CONCLUSION

L'apex constitue la région terminale de l'organe dentaire et reste une zone complexe. Il peut connaître des variations physiologiques et pathologiques et présente de nombreux éléments anatomiques. Certains comme la constriction apicale qui se trouve proche ou se confond parfois avec la JCD est essentielle à identifier en cas de traitements endodontiques.

Pour la majorité des auteurs, elle définit la limite idéale du traitement endodontique et de la longueur de travail.

La détermination correcte et précise de la longueur de travail est une étape importante de la préparation canalaire pour contrôler les dépassements lors de l'obturation.

Différentes méthodes permettant de déterminer la limite apicale de préparation ont été mises au point mais certaines restent plus précises que d'autres.

C'est le cas de la détermination électronique de la longueur de travail qui se fait grâce à des appareils de mesure électronique : les localisateurs d'apex.

Cette technique est considérée comme une référence à condition que la longueur de travail déterminée par l'appareil soit validée par une radiographie lime en place.

Dans un souci de gain de temps et d'ergonomie, des moteurs d'endodontie couplés à des LEA ont été conçus. Ces appareils sont présentés comme permettant d'assurer la préparation canalaire tout en déterminant la longueur de travail de manière simultanée.

Ces appareils en plus de présenter les mêmes inconvénients que les localisateurs d'apex utilisés séparément, ne s'avèrent pas supérieurs en terme de précision.

Le X Smart IQ ® couplé au Propex IQ ® n'avait pas encore fait l'objet d'études visant à connaître sa capacité à déterminer et à contrôler la longueur de travail correcte pendant son fonctionnement.

L'objectif de ce travail in vitro était de comparer des traitements endodontiques réalisés avec un moteur d'endodontie couplé à un LEA à des traitements endodontiques réalisés par un moteur et un LEA dissocié.

D'après les résultats de cette étude et dans les conditions de l'expérimentation in vitro, il faut souligner que les résultats obtenus en couplant un moteur endodontique et un LEA paraissent significativement moins favorables que ceux obtenus en séparant détermination électronique de

la LT et préparation. Les moteurs endodontiques avec LEA restent cependant cliniquement intéressants pour leur ergonomie, le gain de temps et la sécurité des traitements en pratique.

D'autres études, plus cliniques et à long terme, devront être menées pour infirmer ou confirmer ces résultats.

ANNEXES

Annexe 1 : tableau récapitulatif de la répartition aléatoire des 50 échantillons en 2 groupes de 25 échantillons chacun, de leur temps de travail de préparation et de leur longueur de travail.

N° Echantillon	Groupe	Temps de préparation (mn)	Longueur de travail (mm)
1	2	15	19
2	1	22	18
3	1	20	17
4	2	15	21
5	1	21	19.5
6	2	17	20.5
7	1	22	19
8	2	18	21
9	2	17	21
10	1	25	19.5
11	2	20	20
12	2	19	17
13	1	20	19
14	2	16	17
15	1	21	20
16	1	24	19.5
17	2	16	21
18	2	17	18.5
19	2	16	21
20	1	23	20
21	2	15	19.5
22	1	20	19
23	1	25	19
24	1	22	20
25	2	15	19
26	1	23	20
27	2	15	21.5
28	2	17	18
29	2	16	22
30	1	21	19.5
31	1	24	19.5
32	1	20	20.5
33	2	16	19.5
34	1	22	19-
35	2	19	22.5
36	1	24	20.5
37	2	15	20.5
38	2	16	21
39	2	Exclusion	Exclusion
40	1	25	20
41	1	24	16.5
42	2	15	20.5
43	1	20	18-
44	2	16	21
45	2	16	21
46	1	23	19-
47	1	22	21
48	1	20	19
49	1	23	20-
50	2	18	20.5

Annexe 2 : énoncé de l'évaluation de la qualité de l'obturation du dernier tiers apical accompagnant le diaporama :

Matériel et méthodes

- Echantillon de 50 dents extraites monoradiculées.
- La longueur de travail est déterminée de manière électronique.
- La préparation canalaire est réalisée par Protaper Gold ®.
- La technique d'obturation employée est monocône + ciment.
- Toutes ces étapes sont réalisées dans un simulateur spécialement conçu pour cette phase expérimental in vitro.

Objectif de l'évaluation :

- À partir d'une radiographie pré opératoire vestibulo linguale et d'une radiographie post opératoire vestibulo linguale centrée sur le tiers apical, noter le respect de la longueur radiologique de travail de l'obturation de chaque dent.
- Échelle de notation à utiliser :
 - 3 : Cliniquement très satisfaisant
 - 2 : Cliniquement satisfaisant
 - 1 : Cliniquement insatisfaisant
 - 0 : Echec total
- Une notation par dent à reporter dans un tableau fourni à part.

* la dent n°39 a été exclue au cours de cette phase expérimentale.

Annexe 3 : tableau regroupant les notations de chaque examinateur en fonction du numéro d'échantillon :

Echantillon	Groupe	Examineur 1	Examineur 2	Examineur 3	Examineur 4	Examineur 5
1	2	0	0	0	1	1
2	1	2	2	2	2	3
3	1	3	3	3	3	3
4	2	0	0	0	1	1
5	1	3	2	3	2	3
6	2	3	1	1	2	3
7	1	3	1	2	3	3
8	2	2	1	1	2	1
9	2	1	1	0	1	1
10	1	3	2	2	2	3
11	2	2	2	2	2	3
12	2	3	2	3	1	2
13	1	3	3	3	3	2
14	2	3	3	2	2	3
15	1	3	2	3	3	1
16	1	3	3	2	2	3
17	2	2	2	2	2	3
18	2	3	3	3	3	3
19	2	2	2	2	3	3
20	1	3	3	3	2	3
21	2	2	3	3	2	3
22	1	2	2	1	2	3
23	1	3	3	3	3	3
24	1	2	3	3	2	3
25	2	3	3	3	3	3
26	1	2	1	2	2	3
27	2	2	1	2	2	3
28	2	1	2	2	2	2
29	2	3	3	3	3	3
30	1	2	2	1	2	2
31	1	1	2	2	2	2
32	1	3	2	2	3	3
33	2	1	2	1	2	2
34	1	2	3	3	2	3
35	2	2	2	1	1	2
36	1	3	3	3	3	3
37	2	3	3	3	3	3
38	2	3	3	3	3	3
39	2	X	X	X	X	X
40	1	2	2	3	2	3
41	1	3	3	3	3	1
42	2	2	2	1	2	3
43	1	2	2	1	2	3
44	2	3	3	3	2	3
45	2	1	1	1	1	1
46	1	3	3	3	2	3
47	1	3	2	0	3	3
48	1	1	2	2	2	3
49	1	3	3	3	3	3
50	2	3	3	2	2	3

Annexe 4 : tableau récapitulatif des notes reparties en fonction des barèmes, des groupes et des examinateurs

	NOTATION	Examineur 1	Examineur 2	Examineur 3	Examineur 4	Examineur 5	MOYENNE	MOYENNE ARRONDIE
Groupe 1	0	0	0	1	0	0	0,2	0
	1	2	2	3	0	2	1,8	2
	2	8	12	8	15	3	9,2	9
	3	16	11	13	10	20	14	14
Groupe 2	0	2	2	3	0	0	1,4	1
	1	4	5	6	6	5	5,2	5
	2	7	8	7	12	4	7,6	8
	3	10	9	8	6	15	9,6	10
	Exclusion	1	1	1	1	1	1	1
Total		50	50	50	50	50	50	50

BIBLIOGRAPHIE

1. Kuttler Y. Microscopic investigation of root apexes. *J Am Dent Assoc* 1939. mai 1955;50(5):544-52.
2. Pérard M, Le Goff A, Hingant B, Le Clerc J, Perez F, Vulcain J-M. Schéma 1 (Documents légaux de l'article) : Choix de la limite apicale et de la longueur de travail. 2009.
3. Gutierrez JH, Aguayo P. Apical foraminal openings in human teeth. Number and location. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* juin 1995;79(6):769-77.
4. Hulsman M, Schafer E. Problems in endodontics: etiology, diagnosis and treatment. 1st edition. UK: Quintessence Pub Co; 2009. 600 p.
5. Dummer PM, McGinn JH, Rees DG. The position and topography of the apical canal constriction and apical foramen. *Int Endod J.* oct 1984;17(4):192-8.
6. Green D. Stereomicroscopic study of 700 root apices of maxillary and mandibular posterior teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* juin 1960;13:728-33.
7. Green D. A stereomicroscopic study of the root apices of 400 maxillary and mandibular anterior teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* nov 1956;9(11):1224-32.
8. Pineda F, Kuttler Y. Mesiodistal and buccolingual roentgenographic investigation of 7,275 root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* janv 1972;33(1):101-10.
9. Versiani MA, Ahmed HMA, Sousa-Neto MD de, De-Deus G, Dummer PMH, Versiani MA, et al. Unusual Deviation of the Main Foramen from the Root Apex. *Braz Dent J.* oct 2016;27(5):589-91.
10. Ricucci D. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 1. Literature review. *Int Endod J.* nov 1998;31(6):384-93.
11. Wu MK, Wesselink PR, Walton RE. Apical terminus location of root canal treatment procedures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* janv 2000;89(1):99-103.
12. Schilder H. Filling root canals in three dimensions. 1967. *J Endod.* avr 2006;32(4):281-90.
13. Lasfargues J-J, Machtou P, CNEOC. Dictionnaire francophone des termes d'odontologie conservatrice 2010 - Endodontie & odontologie restauratrice. 2e édition. Espace id; 2010. 112 p.
14. Seltzer S, Soltanoff W. Biologic aspects of endodontics: IV. Periapical tissue reactions to root-filled teeth whose canals had been instrumented short of their apices. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1 nov 1969;28(5):724-38.
15. Ricucci D, Langeland K. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 2. A histological study. *Int Endod J.* nov 1998;31(6):394-409.
16. INOUE N. An audiometric method for determining the length of root canals. *J Can Dent Assoc.* 1973;(9):630-6.
17. Simon JH. The apex: how critical is it? *Gen Dent.* août 1994;42(4):330-4.
18. Laurichesse JM, Santoro JP. [Biological technics in endodontics]. *Rev Fr Odontostomatol.* mai 1971;18(5):541-76.

19. Seidberg BH, Alibrandi BV, Fine H, Logue B. Clinical investigation of measuring working lengths of root canals with an electronic device and with digital-tactile sense. *J Am Dent Assoc* 1939. févr 1975;90(2):379-87.
20. Stabholz A, Rotstein I, Torabinejad M. Effect of preflaring on tactile detection of the apical constriction. *J Endod*. févr 1995;21(2):92-4.
21. Martínez-Lozano MA, Forner-Navarro L, Sánchez-Cortés JL, Llana-Puy C. Methodological considerations in the determination of working length. *Int Endod J*. juill 2001;34(5):371-6.
22. Duinkerke AS, van de Poel AC. An analysis of apparently identical dental radiographs. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. déc 1974;38(6):962-7.
23. Pérard M, Goff AL, Hingant B, Clerc JL, Perez F. Choix de la limite apicale et de la longueur de travail. *Médecine Buccale*. 2009;28-622-C-10.
24. Slowey RR. Radiographic aids in the detection of extra root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. mai 1974;37(5):762-72.
25. Ingle J. Endodontic instruments and instrumentation. 1957. 1:805-22.
26. ElAyouti A, Weiger R, Löst C. Frequency of overinstrumentation with an acceptable radiographic working length. *J Endod*. janv 2001;27(1):49-52.
27. Nekoofar MH, Ghandi MM, Hayes SJ, Dummer PMH. The fundamental operating principles of electronic root canal length measurement devices. *Int Endod J*. août 2006;39(8):595-609.
28. J D. Electrometric measuring of the apical foramen. A new method for diagnosis and endodontic therapy. *Quintessence Int Dent Dig*. 1 janv 1979;10(1):13-22.
29. Chouiter ME. *La Radiologie en médecine dentaire*. Alger: ANEP; 2002. 229 p.
30. Torabinejad M, Walton RE, Fouad AF, Levy G. *Endodontie: principes et pratique*. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson; 2016.
31. Yılmaz F, Kamburoğlu K, Şenel B. Endodontic Working Length Measurement Using Cone-beam Computed Tomographic Images Obtained at Different Voxel Sizes and Field of Views, Periapical Radiography, and Apex Locator: A Comparative Ex Vivo Study. *J Endod*. janv 2017;43(1):152-6.
32. Ghule KD, Naik S. Comparing the accuracy of cone-beam computed tomography and electronic apex locator for root canal length determination in primary teeth. *J Indian Soc Pedod Prev Dent*. juin 2019;37(2):157-61.
33. Paterson A, Franco V, Patel S, Foschi F. Use of preoperative cone-beam computed tomography to aid in establishment of endodontic working length: A systematic review and meta-analysis. *Imaging Sci Dent*. sept 2020;50(3):183-92.
34. Patel S, Brown J, Semper M, Abella F, Mannocci F. European Society of Endodontology position statement: Use of cone beam computed tomography in Endodontics. *Int Endod J*. 2019;52(12):1675-8.
35. Amin J, Lines J, Milosevic MP, Park A, Sholapurkar A. Comparison of Accuracy and Reliability of Working Length Determination Using Cone Beam Computed Tomography and Electronic Apex Locator: A Systematic Review. *J Contemp Dent Pract*. 1 sept 2019;20(9):1118-23.

36. Custer. LE. Exact Methods of Locating the Apical Foramen. J Natl Dent Assoc. 1 août 1918;5(8):815-9.
37. Suzuki K. Experimental study on iontophoresis. Japanese J Stomatol. 1942;(16):411-29.
38. Sunada I. New Method for Measuring the Length of the Root Canal: J Dent Res. 1962;(41):375-87.
39. Gordon MPJ, Chandler NP. Electronic apex locators. Int Endod J. juill 2004;37(7):425-37.
40. McDonald NJ, Hovland EJ. An evaluation of the Apex Locator Endocater. J Endod. janv 1990;16(1):5-8.
41. Kobayashi C, Suda H. New electronic canal measuring device based on the ratio method. J Endod. mars 1994;20(3):111-4.
42. Pagavino G, Pace R, Baccetti T. A SEM study of in vivo accuracy of the Root ZX electronic apex locator. J Endod. juin 1998;24(6):438-41.
43. Kaufman AY, Keila S, Yoshpe M. Accuracy of a new apex locator: an in vitro study. Int Endod J. févr 2002;35(2):186-92.
44. Martins JNR, Marques D, Mata A, Caramês J. Clinical efficacy of electronic apex locators: systematic review. J Endod. juin 2014;40(6):759-77.
45. Ravanshad S, Adl A, Anvar J. Effect of working length measurement by electronic apex locator or radiography on the adequacy of final working length: a randomized clinical trial. J Endod. nov 2010;36(11):1753-6.
46. Jenkins JA, Walker WA, Schindler WG, Flores CM. An In Vitro Evaluation of the Accuracy of the Root ZX in the Presence of Various Irrigants. J Endod. 1 mars 2001;27(3):209-11.
47. Azabal M, Garcia-Otero D, de la Macorra JC. Accuracy of the Justy II Apex locator in determining working length in simulated horizontal and vertical fractures. Int Endod J. mars 2004;37(3):174-7.
48. Beach CW, Bramwell JD, Hutter JW. Use of an electronic apex locator on a cardiac pacemaker patient. J Endod. avr 1996;22(4):182-4.
49. Garofalo RR, Ede EN, Dorn SO, Kuttler S. Effect of Electronic Apex Locators on Cardiac Pacemaker Function. J Endod. 1 déc 2002;28(12):831-3.
50. Wilson BL, Broberg C, Baumgartner JC, Harris C, Kron J. Safety of Electronic Apex Locators and Pulp Testers in Patients With Implanted Cardiac Pacemakers or Cardioverter/Defibrillators. J Endod. 1 sept 2006;32(9):847-52.
51. Grimberg F, Banegas G, Chiacchio L, Zmener O. In vivo determination of root canal length: a preliminary report using the Tri Auto ZX apex-locating handpiece. Int Endod J. 2002;5.
52. Arslan H, Güven Y, Karataş E, Doğanay E. Effect of the Simultaneous Working Length Control during Root Canal Preparation on Postoperative Pain. J Endod. sept 2017;43(9):1422-7.
53. Wigler R, Huber R, Lin S, Kaufman AY. Accuracy and reliability of working length determination by Gold Reciproc Motor in reciprocating movement. J Endod. mai 2014;40(5):694-7.
54. Eldarrat AH, High AS, Kale GM. In vitro analysis of « smear layer » on human dentine using ac-impedance spectroscopy. J Dent. sept 2004;32(7):547-54.

55. Gehlot PM, Manjunath V, Manjunath MK. An in vitro evaluation of the accuracy of four electronic apex locators using stainless-steel and nickel-titanium hand files. *Restor Dent Endod.* févr 2016;41(1):6-11.
56. Bolbolian M, Golchin S, Faegh S. In vitro Evaluation of the Accuracy of the Root Zx in the Presence of Naocl 2.5% and Chlorhexidine 0.2. *J Clin Exp Dent.* nov 2018;10(11):e1054-7.
57. Altenburger MJ, Çenik Y, Schirrmeister JF, Wrbas K -T., Hellwig E. Combination of apex locator and endodontic motor for continuous length control during root canal treatment. *Int Endod J.* avr 2009;42(4):368-74.
58. Christofzik DW, Bartols A, Khaled M, Größner-Schreiber B, Dörfer CE. The accuracy of the auto-stop function of different endodontic devices in detecting the apical constriction. *BMC Oral Health.* 29 nov 2017;17(1):141.
59. D S, Sg S, A B, N V, S D, S K. A comparative evaluation of accuracy of three electronic apex locators using histological section as gold standard: An ex vivo study [Internet]. Vol. 20, *Journal of conservative dentistry : JCD. J Conserv Dent*; 2017 [cité 28 nov 2020]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29259362/>
60. Simon S, Machtou P, Pertot W-J. *Endodontie.* Place of publication not identified: CDP; 2012. 514 p.
61. Barthelemy J, Gregor L, Krejci I, Wataha J, Bouillaguet S. Accuracy of electronic apex locater-controlled handpieces. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* mars 2009;107(3):437-41.
62. Carneiro E, Bramante CM, Picoli F, Letra A, da Silva Neto UX, Menezes R. Accuracy of root length determination using Tri Auto ZX and ProTaper instruments: an in vitro study. *J Endod.* févr 2006;32(2):142-4.
63. Campbell D, Friedman S, Nguyen HQ, Kaufman A, Keila S. Apical extent of rotary canal instrumentation with an apex-locating handpiece in vitro. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* mars 1998;85(3):319-24.

Collège des Sciences de la Santé

UFR des Sciences Odontologiques

Serment

En présence de mes Maîtres et de mes condisciples, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de l'art dentaire.

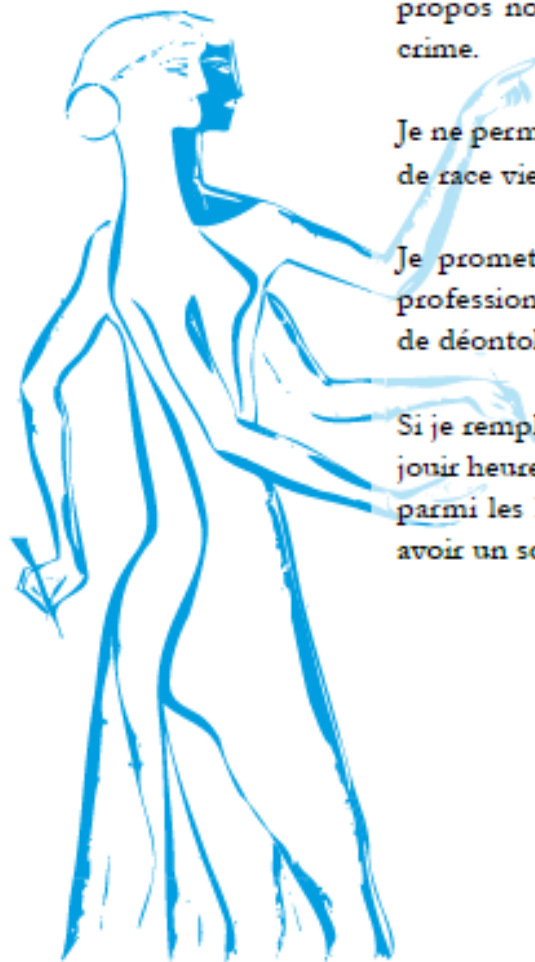
Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un honoraire au-dessus de mon travail. Ma langue taira les secrets qui me seront confiés. Admis à l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe.

Mes connaissances et mon état ne serviront ni à diffuser des propos non avérés, ni à corrompre les mœurs, ni à favoriser le crime.

Je ne permettrai pas que des conditions de croyance, de nation et de race viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.

Je promets et je jure de conformer strictement ma conduite professionnelle aux principes et aux règles prescrites par le code de déontologie.

Si je remplis ce serment sans l'enfreindre, qu'il me soit donné de jouir heureusement de la vie et de ma profession, honoré à jamais parmi les hommes. Si je le viole et que je me parjure, puissé-je avoir un sort contraire.



Vu, Le Président du Jury,

Date, Signature :

Vu, la Directrice de l'UFR des Sciences Odontologiques,

Date, Signature :

Vu, le Président de l'Université de Bordeaux,

Date, Signature :

**Titre : moteurs endodontiques et localisateur électronique d'apex
couplé : étude expérimentale in vitro**

Résumé :

Objectif : La détermination correcte et précise de la longueur de travail avant la préparation canalaire lors d'un traitement endodontique est importante et permet de contrôler les dépassements. Les localisateurs d'apex sont des appareils de détermination électronique de la longueur de travail et sont actuellement très fiables. Dans un souci d'ergonomie, certains localisateurs sont de nos jours couplés à des moteurs endodontiques. Cette association permet d'assurer la détermination de la longueur de travail et la préparation canalaire en une seule et même étape. L'objectif de cette étude est de déterminer s'il existe une différence de qualité de résultats selon que le traitement est réalisé avec un moteur endodontique avec localisateur d'apex couplé ou par la technique conventionnelle.

Matériel et méthode : Sur simulateur in vitro, permettant de réaliser un traitement endodontique en rotation continue avec contrôle de la longueur de travail électronique permanente. 50 dents naturelles matures monoradiculées extraites sont traitées. Les dents sont réparties en 2 groupes : groupe 1 avec préparation endodontique en rotation continue conventionnelle et groupe 2 avec préparation à l'aide d'un moteur avec localisateur d'apex couplé. La qualité des résultats est évaluée en aveugle par un groupe d'experts et les durées de préparation sont mesurées.

Résultats : Les résultats du groupe 1 sont significativement supérieurs au groupe 2. Cependant la technique du groupe 2 permet d'obtenir des traitements endodontiques jugés comme au moins cliniquement acceptable. Les traitements endodontiques du groupe 2 sont également réalisés plus rapidement.

Conclusion : Dans les limites de cette étude in vitro, nous pouvons conclure que la technique conventionnelle aboutie à un meilleur respect de la longueur de travail du traitement endodontique que la technique de préparation et de détermination de la longueur de travail simultanées. Les moteurs avec localisateur d'apex couplé restent des outils intéressants à utiliser dans la pratique quotidienne de l'endodontie.

Mots clés : TRAITEMENT CANALAIRE-LOCALISATEUR D'APEX-DETERMINATION CONTINUE DE LA LONGUEUR DE TRAVAIL-LONGUEUR DE TRAVAIL-APPAREILS ELECTRONIQUES.

**Title: electronic apex locator combined with endodontic rotary
motors: in vitro study**

Abstract:

Aim: The correct and accurate working length measurement before the root preparation during endodontic treatment is important and can prevent overfilling. Apex locators are working length electronic measuring devices and are very reliable now. For ergonomic reasons, some apex locators are nowadays combined with endodontic rotary motors. This combination allows the working length determination and root preparation in one single step. The aim of this study was to compare the results of endodontic treatments performed by endodontic motors combined with apex locator with endodontic treatment performed by the conventional technic.

Methodology: Continuous rotary endodontic treatments with permanent electronic working length control were realized with an experimental model. Fifty extracted single root teeth with mature apices were selected. The teeth were assigned to two groups. Group 1 : conventional continuous rotary preparation and group 2 : preparation with endodontic motors combined with apex locator. Quality results were assessed by an expert group who was blind and times preparation were measured.

Results: group 1 results were significantly superior than the group 2 results. However, endodontic treatments at least clinically acceptable can be obtained with group 2 technic. Endodontic treatments from the second group are also performed faster.

Conclusion: With the limitations of this in vitro study, we concluded that the conventional technic is superior than the length control during root canal preparation technic. Endodontic motors combined with apex locator remain interesting tools to be used in daily endodontic practice.

Keywords : ROOT CANAL TREATMENT-APEX LOCATOR-CONTINUOUS LENGTH CONTROL-WORKING LENGTH-ELECTRONIC DEVICES