

UNIVERSITE PAUL SABATIER – TOULOUSE III
FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année : 2013

Thèse n° : 2013 TOU3 3064

THESE

POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement

par

Renaud MARECAL

Le 26 Novembre 2013

**INFLUENCE DE MODIFICATIONS PATHOLOGIQUES
APICALES SUR LA MESURE D'UN LOCALISATEUR
D'APEX**

Directeur de thèse : Dr Franck DIEMER

JURY

Président :	Professeur Danielle DUFFAUT
1 ^{er} assesseur :	Docteur Franck DIEMER
2 ^{ème} assesseur :	Docteur Marie GURGEL-GEORGELIN
3 ^{ème} assesseur :	Docteur Cédric BUORO



UNIVERSITE PAUL SABATIER – TOULOUSE III
FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année : 2013

Thèse n° : 2013 TOU3 3064

THESE

POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement

par

Renaud MARECAL

Le 26 Novembre 2013

**INFLUENCE DE MODIFICATIONS PATHOLOGIQUES
APICALES SUR LA MESURE D'UN LOCALISATEUR
D'APEX**

Directeur de thèse : Dr Franck DIEMER

JURY

Président :	Professeur Danielle DUFFAUT
1 ^{er} assesseur :	Docteur Franck DIEMER
2 ^{ème} assesseur :	Docteur Marie GURGEL-GEORGELIN
3 ^{ème} assesseur :	Docteur Cédric BUORO





FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE

➔ DIRECTION

ADMINISTRATEUR PROVISOIRE

Mr SIXOU Michel

ASSESEURS DU DOYEN

• ENSEIGNANTS :

Mme GRÉGOIRE Geneviève
Mr CHAMPION Jean
Mr HAMEL Olivier
Mr POMAR Philippe

• PRÉSIDENTE DU COMITÉ SCIENTIFIQUE

Mme GRIMOUD Anne-Marie

• ÉTUDIANT :

Mr HAURET-CLOS Mathieu

CHARGÉS DE MISSION

Mr PALOUDIER Gérard
Mr AUTHER Alain

RESPONSABLE ADMINISTRATIF

Mme GRAPELOUP Claude

➔ HONORARIAT

DOYENS HONORAIRES

Mr LAGARRIGUE Jean +
Mr LODTER Jean-Philippe
Mr PALOUDIER Gérard
Mr SOULET Henri

➔ ÉMÉRITAT

Mr PALOUDIER Gérard

➔ PERSONNEL ENSEIGNANT

56.01 PÉDODONTIE

Chef de la sous-section :

Professeur d'Université :

Maîtres de Conférences :

Assistants :

Chargés d'Enseignement :

Mr VAYSSE

Mme BAILLEUL-FORESTIER

Mme NOIRRIT-ESCLASSAN, Mr VAYSSE

Mr DOMINÉ, Mme GÖTTLE

Mme BACQUÉ, Mr TOULOUSE

56.02 ORTHOPÉDIE DENTO-FACIALE

Chef de la sous-section :

Maîtres de Conférences :

Assistants :

Chargés d'Enseignement :

Mr BARON

Mr BARON, Mme LODTER, Mme MARCHAL-SIXOU, Mr ROTENBERG,

Mme ELICEGUI, Mme OBACH-DEJEAN, Mr PUJOL

Mr GARNAULT, Mme MECHRAOUI, Mr MIQUEL

56.03 PRÉVENTION, ÉPIDÉMIOLOGIE, ÉCONOMIE DE LA SANTÉ, ODONTOLOGIE LÉGALE

Chef de la sous-section :

Professeur d'Université :

Maître de Conférences :

Assistant :

Chargés d'Enseignement :

Mr HAMEL

Mme NABET, Mr PALOUDIER, Mr SIXOU

Mr HAMEL, Mr VERGNES

Mr DURAND, Mr PARAYRE

57.01 PARODONTOLOGIE***Chef de la sous-section :*** **Mr BARTHET**

Maîtres de Conférences : Mr BARTHET, Mme DALICIEUX-LAURENCIN

Assistants : Mr MOURGUES, Mme VINEL

Chargés d'Enseignement : Mr. CALVO, Mr LAFFORGUE, Mr PIOTROWSKI, Mr SANCIER

57.02 CHIRURGIE BUCCALE, PATHOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE, ANESTHÉSIOLOGIE ET RÉANIMATION***Chef de la sous-section :*** **Mr CAMPAN**

Professeur d'Université : Mr DURAN

Maîtres de Conférences : Mr CAMPAN, Mr COURTOIS, Mme COUSTY

Assistants : Mme BOULANGER, Mr EL KESRI, Mme FERNET-MAGNAVAL

Chargés d'Enseignement : Mr FAUXPOINT, Mr GANTE, Mr L'HOMME, Mme LABADIE, Mr PLANCHAND, Mr SALEFRANQUE

57.03 SCIENCES BIOLOGIQUES (BIOCHIMIE, IMMUNOLOGIE, HISTOLOGIE, EMBRYOLOGIE, GÉNÉTIQUE, ANATOMIE PATHOLOGIQUE, BACTÉRIOLOGIE, PHARMACOLOGIE***Chef de la sous-section :*** **Mr KÉMOUN**

Professeurs d'Université : Mme DUFFAUT

Maîtres de Conférences : Mme GRIMOUD, Mr KEMOUN, Mr POULET

Assistants : Mr BLASCO-BAQUE, Mme SOUBIELLE

Chargés d'Enseignement : Mr BARRÉ, Mr SIGNAT, Mme VALERA

58.01 ODONTOLOGIE CONSERVATRICE, ENDODONTIE***Chef de la sous-section :*** **Mr GUIGNES**

Maîtres de Conférences : Mr DIEMER, Mr GUIGNES, Mme GURGEL-GEORGELIN, Mme MARET-COMTESSE

Assistants : Mr ARCAUTE, Mlle DARDÉ, Mme DEDIEU, Mme DUEYMES, Mme FOURQUET, Mr MICHETTI

Chargés d'Enseignement : Mr BALGUERIE, Mlle BORIES, Mr ELBEZE, Mr MALLET, Mlle PRATS,

58.02 PROTHÈSES (PROTHÈSE CONJOINTE, PROTHÈSE ADJOINTE PARTIELLE, PROTHÈSE COMPLÈTE, PROTHÈSE MAXILLO-FACIALE)***Chef de la sous-section :*** **Mr CHAMPION**

Professeurs d'Université : Mr ARMAND, Mr POMAR

Maîtres de Conférences : Mr BLANDIN, Mr CHAMPION, Mr ESCLASSAN, Mme VIGARIOS

Assistants : Mr CHABRERON, Mr DESTRUHAUT, Mr GALIBOURG, Mr HOBEILAH

Chargés d'Enseignement : Mr ABGRALL, Mr FLORENTIN, Mr FOLCH, Mr GHRENASSIA, Mme LACOSTE-FERRE, Mme LASMOLLES, Mr LUCAS, Mr MIR, Mr POGÉANT, Mr RAYNALDY

58.03 SCIENCES ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES, OCCLUSODONTIQUES, BIOMATÉRIAUX, BIOPHYSIQUE, RADIOLOGIE***Chef de la sous-section :*** **Mme GRÉGOIRE**

Professeur d'Université : Mme GRÉGOIRE

Maîtres de Conférences : Mme JONJOT, Mr NASR

Assistants : Mr CANIVET, Mr DELANNÉE, Mr MONSARRAT

Chargés d'Enseignement : Mr AHMED, Mme BAYLE-DELANNÉE, Mme MAGNE, Mr TREIL, Mr VERGÉ

L'université Paul Sabatier déclare n'être pas responsable des opinions émises par les candidats.
(Délibération en date du 12 Mai 1891).

Mise à jour au 4 novembre 2013

Je dédie cette thèse...

A ma grand-mère,
A mes parents,
A Jean-Marie,
A Marine et ses parents,
A mon frère,
A mes amis.

A notre présidente de jury de thèse

Madame le Professeur DUFFAUT-LAGARRIGUE Danielle

- Professeur des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Lauréat de la Faculté de Médecine,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Docteur en Sciences Odontologiques,
- Docteur d'État en Odontologie,
- Habilité à Diriger des Recherches

**Nous vous remercions de nous avoir fait
l'honneur d'accepter de présider notre
Jury.**

A notre directeur de thèse

Monsieur le Docteur DIEMER Franck

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- DEA en Education, Formation et Insertion -Toulouse-Le Mirail-,
- Docteur de l'Université Paul Sabatier,
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier
- Habilitation à Diriger des Recherches (H.D.R.),

A notre jury de thèse

Madame le Docteur GURGEL-GEORGELIN Marie

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Ancienne Interne des Hôpitaux,
- D.E.A. MASS « Lyon III »,
- Maîtrise des Sciences Biologiques et Médicales

A notre jury de thèse

Monsieur le Docteur BUORO Cédric

-Docteur en Chirurgie Dentaire,

-CES d'odontologie conservatrice et endodontie.

Table des matières

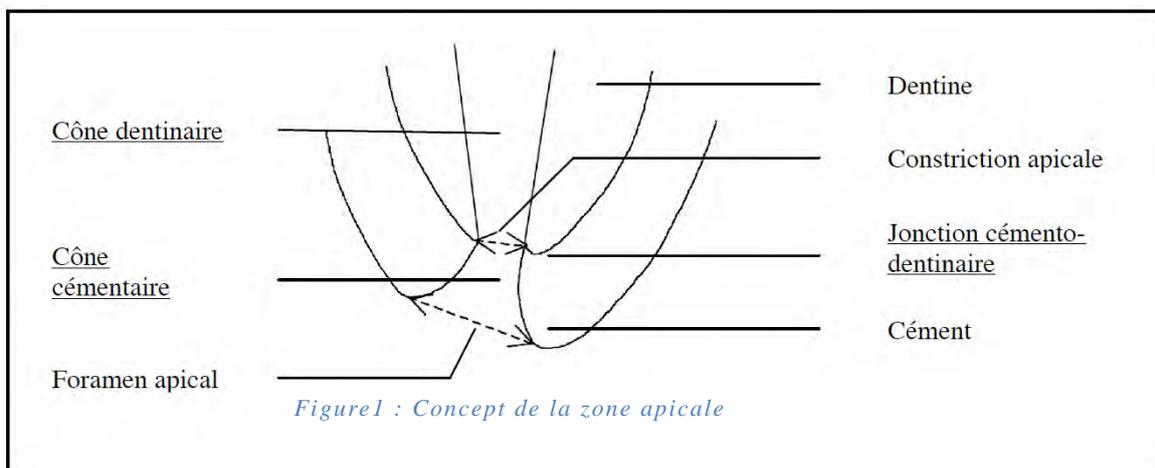
I – Introduction.....	11
1 – Constriction apicale.....	11
2 – Remise en cause du concept apical	13
3 – Fonctionnement d’un LEA.....	14
3.1 – Modèles électriques appliqués à la structure dentaire	14
3.1.1 – Modèle de résistance électrique de la dent.....	14
3.1.2 – Modèle de réactance électrique de la dent.....	15
3.1.3 – Modèle électrique simplifié de Meredith.....	16
3.1.4 – Principe de fonctionnement en « Ratio method ».....	17
3.2 – Limites d’utilisation clinique du localisateur d’apex (LEA).....	18
II – Etude.....	20
1 – Introduction – Problématique.....	20
2 – Matériel et Méthode	21
2.1 – Sélection des dents	21
2.2 – Préparation des dents.....	21
2.3 – Mesure électronique de la longueur de travail.....	22
2.4 – Mesure visuelle de la longueur de travail.....	23
3 – Résultats	24
3.1 – Mesures initiales.....	24
3.2 – Statistiques.....	25
4 – Discussion	27
III – Conclusion	30
Bibliographie.....	31

I – Introduction

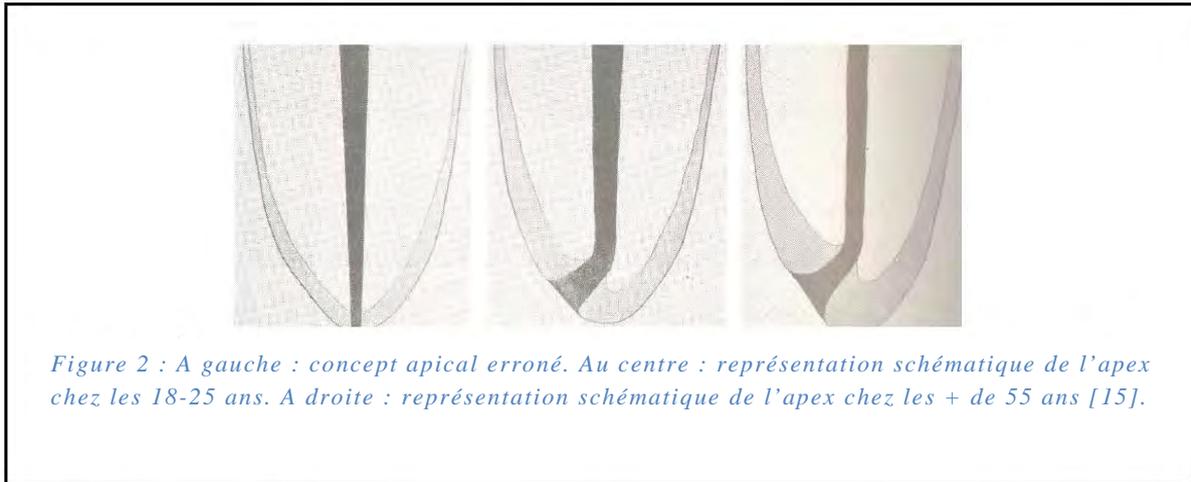
Le succès d'un traitement endodontique passe par le respect d'un protocole strict mais très bien codifié aujourd'hui. Si l'on met de côté la difficulté du diagnostic et de la technique de l'acte endodontique, il est théoriquement aisé de respecter ce protocole impliquant la réalisation de la voie d'accès, la mise en place du champ opératoire, le cathétérisme, la détermination de la longueur de travail, la mise en forme, l'irrigation et l'obturation canalaire et coronaire. Chacune de ces étapes est bien codifiée sauf celle qui consiste à la détermination de la longueur de travail. Plusieurs difficultés se présentent à nous lors de cette étape, tout aussi bien anatomiques que techniques. De cette complexité anatomique que représente la zone apicale va émerger une somme de principes sans qu'aucun ne fasse consensus.

1 – Constriction apicale

Au niveau apical, le rétrécissement du canal principal forme le cône dentinaire. Il s'oppose par son sommet au cône cémentaire (épaisseur de ciment). Ce dernier est souvent déporté par rapport à l'axe canalaire principal (50 à 93% selon les études). Sa base constitue le **foramen apical** et sa hauteur augmente au cours de la vie du fait d'une apposition cémentaire continue. La distance séparant le foramen de l'apex anatomique varie de 0,5 à 3 mm. Cette opposition marque la **jonction cémento-dentinaire** qui d'un point de vue histologique représente la zone de séparation entre tissu pulpaire et desmodonte (passage du paquet vasculo-nerveux) [5, 10, 15, 16, 28].



Kuttler réalisa en 1955 une étude morphométrique de la zone apicale en vue d'améliorer les techniques endodontiques et de préciser l'anatomie particulière de cette portion terminale des canaux. Il examina au microscope optique 268 dents (8 dents de chaque type), soit 402 apex répartis en 2 groupes : 18-25 ans et les plus de 55 ans. D'après ses travaux, la jonction cémento-dentinaire (JCD) est retrouvée dans 96% des cas et le rétrécissement maximal du canal, c'est-à-dire la **constriction apicale**, se situe le plus souvent à ce niveau (73%) [3, 15, 16, 21].



Une des conclusions des études de Kuttler est que la hauteur moyenne du cône cémentaire (distance centre foramen – centre constriction) est de : **524µm** chez les jeunes adultes et **659µm** chez les + de 55 ans.

Cette configuration apicale évolue tout au long de la vie. Elle peut être transformée par la production physiologique ou pathologique de dentine et de cément (rétrécissement canalaire et élargissement foraminal). Dans certaines conditions, elle peut même être détruite (ex : lors des lésions péri-apicales).

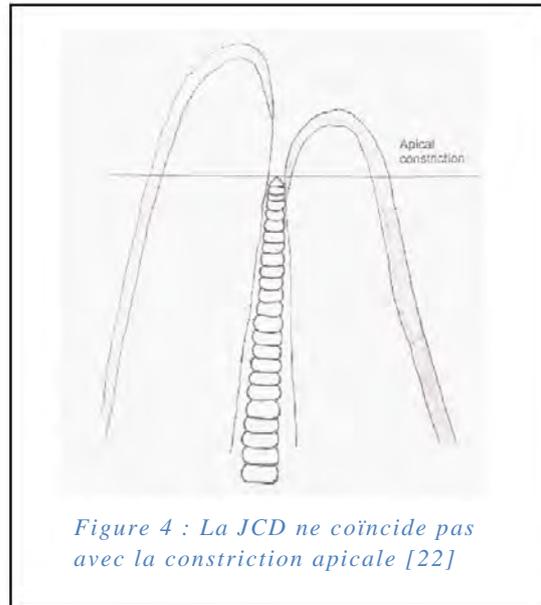
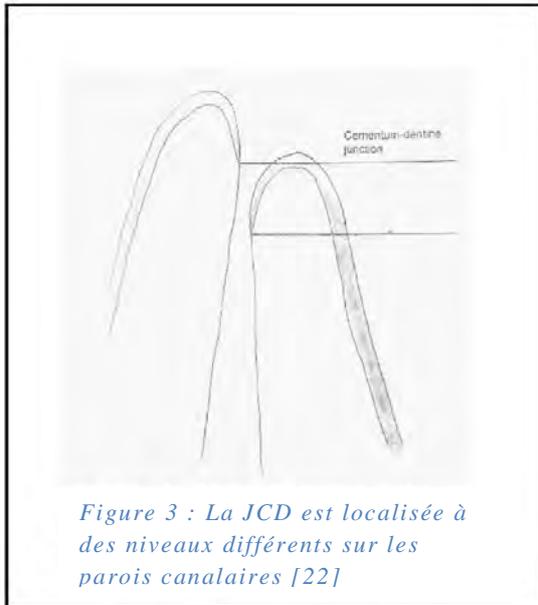
Selon Laurichesse [16], « le problème de la limite apicale des préparations canalaires est l'un des plus importants et des plus complexes qui soient ». Il est admis par de nombreux auteurs que la préparation doit être limitée à la portion dentinaire du canal. Elle doit **être arrêtée à la jonction cémento-dentinaire**.

La jonction cémento-dentinaire constitue la limite théorique idéale de préparation canalaire. Une sur ou sous-estimation de la longueur de travail diminue les chances de succès du traitement endodontique [22, 30].

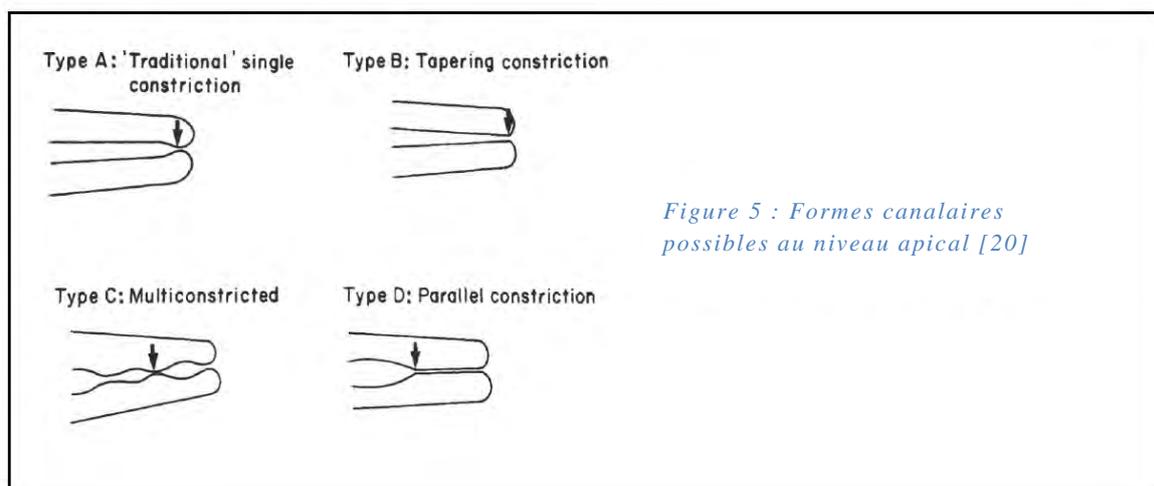
Les dents atteintes de nécrose ou présentant une lésion péri-apicale font l'objet d'une résorption inflammatoire qui entraîne une destruction ou une altération de l'anatomie apicale et donc de la jonction cémento-dentinaire [24]. La constriction apicale n'existant plus, la préparation devra fournir une assise dentinaire comme cône d'arrêt à l'obturation.

2 – Remise en cause du concept apical

Selon Langeland [22], la structure histologique que constitue la jonction cémento-dentinaire (JCD) est très irrégulière et ne coïncide pas du tout avec la constriction apicale. Le cément atteint le même niveau sur toutes les parois canalaires uniquement dans 5 % des cas. En outre, la JCD ne peut être localisée cliniquement. Il s'agit uniquement d'une zone de séparation entre 2 tissus à l'intérieur du canal [28].



D'après une étude de Dummer [6], le concept traditionnel de constriction apicale unique (évoqué par Kuttler) n'existe que dans moins de 50% des dents observées. Le plus souvent les parois canalaires sont parallèles, s'effilent, ou présentent de multiples constriction.



L'anatomie apicale classique décrite par Kuttler apparaît donc plus conceptuelle que réelle [30].

3 – Fonctionnement d'un LEA

3.1 – Modèles électriques appliqués à la structure dentaire

3.1.1 – Modèle de résistance électrique de la dent

Le canal radiculaire d'une dent est entouré de dentine et cément jouant un rôle d'isolants électriques. L'os alvéolaire est lui aussi considéré comme un isolant électrique. Le ligament parodontal est un conducteur de courant électrique qui est relié aux éléments conducteurs contenus dans le canal radiculaire (tissus pulpaire, fluides,...) par la constriction apicale.

$$R = \rho \cdot \frac{l}{s} = \frac{l}{\gamma \cdot s}$$

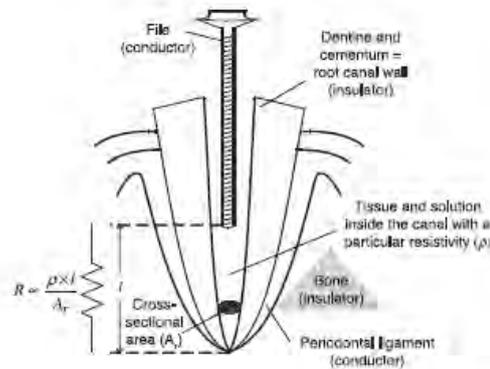


Figure 6 : Modèle de résistance

- ρ étant la résistivité en ohm-mètre ($\Omega \cdot m$),
- l la longueur en mètres (m),
- s la section en mètre carré (m^2),
- γ la conductivité en siemens par mètre (S/m).

La conductivité traduit l'aptitude d'un matériau à laisser passer le courant, c'est l'inverse de la résistivité. A température corporelle, le sang présente une résistivité 100 fois moins élevée que l'os thoracique ce qui montre que le sang est relativement bon conducteur comparé à l'os.[8, 23]

Dans ce modèle, on associe à l'ensemble des tissus contenus dans le canal radiculaire (dentine, tissus pulpaire, fluides, pâtes endocanalaire...) une résistivité propre, donnant une valeur de résistance de ces éléments dépendant de leur longueur L et de leur section S.

Ainsi lorsqu'une lime endodontique (conducteur) progresse dans un canal, la valeur de résistance des éléments la séparant du foramen diminue à mesure que cette dernière se rapproche du foramen.

Sunada en 1962 rapporte qu'une valeur spécifique de résistance permet de déterminer la terminaison canalaire et il l'évalue à $R = 6.5 \text{ k}\Omega$. Il ajoute que cette valeur est aussi valable en cas de perforation canalaire ou du plancher ; la lime entrant en contact avec le desmodonte.

Ce modèle électrique peut être représenté par le circuit électrique suivant :

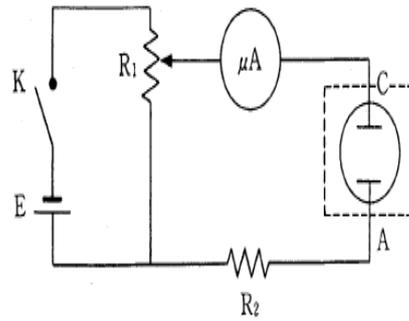
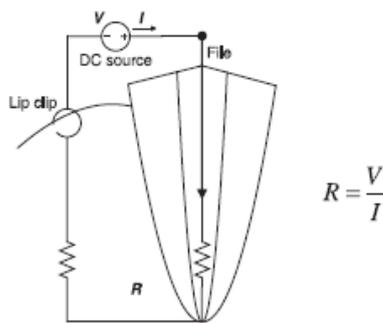


Fig. 1. Circuit of Sunada's method. A, Anode (Carr No. 1 reamer); C, cathode (oral mucus membrane electrode); E, battery; K, switch; R1, variable resistor; R2, resistor; μA , galvanometer.

Figure 7 : Circuit résistif

Circuit électrique de Sunada

Un faible courant continu U est appliqué dans le circuit et l'intensité I est mesurée par un ampèremètre. En appliquant la loi d'Ohm ($U = R \cdot I$) avec une tension connue U on détermine la résistance R du circuit ainsi formé qui, lorsque la lime est au contact du **ligament parodontal, est de $R = 6,5 \text{ k}\Omega$** .

Néanmoins même si ce type de circuit présente une certaine efficacité en milieu sec, il a été noté une baisse d'efficacité en milieu humide notamment en présence d'électrolytes forts, de pus, excès de sang et tissus pulpaire car le courant continu provoque une polarisation des tissus modifiant leur résistivité et perturbant les mesures. De plus, des chocs électriques avaient été signalés par les patients lors de l'utilisation de cet appareillage.

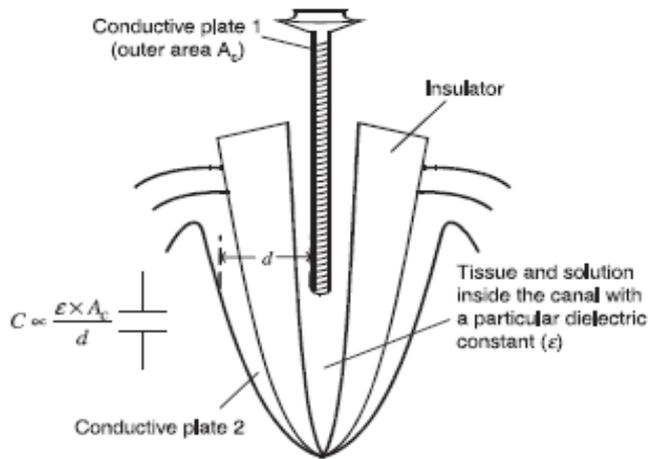
3.1.2 - Modèle de réactance électrique de la dent

La réactance capacitive X_c traduit la résistance d'un condensateur au passage du courant alternatif. Ainsi la structure dentaire peut être également modélisée comme un **condensateur** et exprimer une certaine capacité C .

Un condensateur est un dispositif électronique constitué de deux armatures conductrices (appelées "électrodes") en influence totale et séparées par un isolant appelé diélectrique. Dans notre cas, les deux électrodes sont représentées par la lime endodontique et le desmodonte. La dent et les tissus qu'elle contient représentent l'isolant.

Pour un circuit électrique capacitif où la résistance est remplacée par un condensateur avec un courant alternatif, la loi d'ohm s'applique :

$$U = X_C \cdot I$$



$$X_c = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$$

Figure 8 : Modèle de réactance appliquée à la dent

La lime endodontique qui présente une certaine surface (A_1) et le ligament parodontal (A_2) sont tous deux des conducteurs séparés d'une distance d qui peuvent être assimilés aux deux plaques d'un condensateur séparés par un diélectrique de constante ϵ que forme les parois dentinaires (ϵ_d) de la racine et les fluides (ϵ_f) et tissus (ϵ_t) à l'intérieur du canal.

Lorsque la lime se rapproche du foramen apical, la distance d diminue, ce qui augmente la capacité C du condensateur résultant et tend à diminuer proportionnellement la réactance X_c permettant le passage du courant alternatif pour une fréquence f donnée.

3.1.3 - Modèle électrique simplifié de Meredith

La structure électrique de la dent est en fait plus complexe qu'un simple modèle électrique avec un condensateur ou une résistance.[19] Meredith et Gulabilava ont proposé en 1997 un circuit électrique équivalent au système endocanalair incluant les tissus péri-apicaux. Ils ont montré que le système canalaire avait des impédances complexes que l'on pouvait modéliser par des résistors et condensateurs en série et en parallèle.

Equivalent circuit for periapical tissues

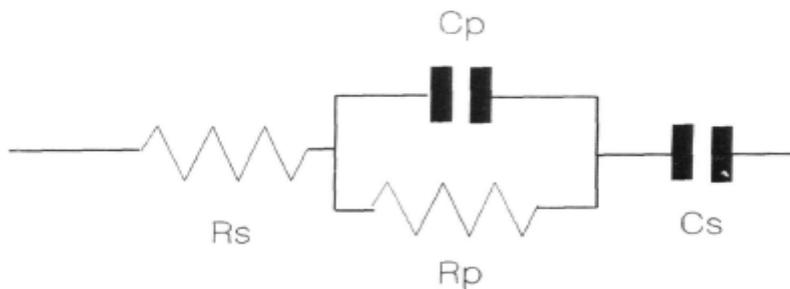


Figure 9 : Modèle électrique simplifié de Meredith

Ils en ont conclu que les caractéristiques électriques de la dent et les impédances complexes du système endocanalaire pouvaient être mesurées et reliées à la progression d'une lime endodontique dans un canal par rapport à un repère anatomique : le foramen apical.

3.1.4 - Principe de fonctionnement en « Ratio method »

En 1991 Kobayashi développe le « ratio method » qui introduit les LEA auto calibrés. Le ratio method exploite une source de courant alternatif avec une onde composite de deux fréquences : une haute fréquence F_H (H pour **H**igh) et une basse fréquence F_L (L pour **L**ow). Le LEA va mesurer simultanément l'impédance d'une basse et d'une haute fréquence et un microprocesseur va calculer le rapport des deux impédances pour déterminer la position de la lime dans le canal.

$$\text{Ratio} = \frac{Z(f_H)}{Z(f_L)}$$

Kobayashi et Suda ont montré en 1994 que ce rapport avait des valeurs constantes indépendamment des électrolytes présents dans le canal pour des fréquences données. Ce rapport d'impédance est proche de 1 lorsque la lime est éloignée du foramen apical : la distance d entre la lime et le parodonte est grande, la capacité C du condensateur est donc de grandeur négligeable, le rapport des deux impédances se réduit à un rapport de deux résistances équivalentes car les valeurs de C pour les deux fréquences sont négligeables et équivalentes. ($C = (\epsilon \cdot A)/d$)

A mesure que la lime se rapproche du foramen apical la distance d diminue entre les deux plaques du condensateur et les propriétés capacitives du condensateur apparaissent (C augmente quand d diminue). ($C = (\epsilon \cdot A)/d$)

La réactance du condensateur équivalent étant inversement proportionnelle à la fréquence ($X_c = 1/(2\pi \times f \times C)$), l'impédance en haute fréquence est toujours plus faible qu'en basse fréquence ; ce qui explique que le rapport d'impédance f_H/f_L tend vers une valeur inférieure à 1 au niveau du foramen apical.

Les LEA dit de dernière génération utilisent au moins deux fréquences pour localiser le foramen apical. Certains utilisent trois fréquences de fonctionnement : une basse fréquence et une moyenne fréquence pour les deux tiers coronaire, et une haute fréquence pour le tiers apicale. Un microprocesseur calcul en temps réel des rapports d'impédance ou de période, chaque fabricant ayant un brevet pour ses propres formules mathématiques. Cependant toutes les formules mathématiques dérivent du Ratio method de Kobayashi qui permet de s'affranchir des électrolytes présents dans le canal lors des mesures. Chaque machine est par ailleurs équipée de pré-filtres permettant plus ou moins d'écarter des signaux parasites ou aberrants afin d'améliorer le confort du praticien.

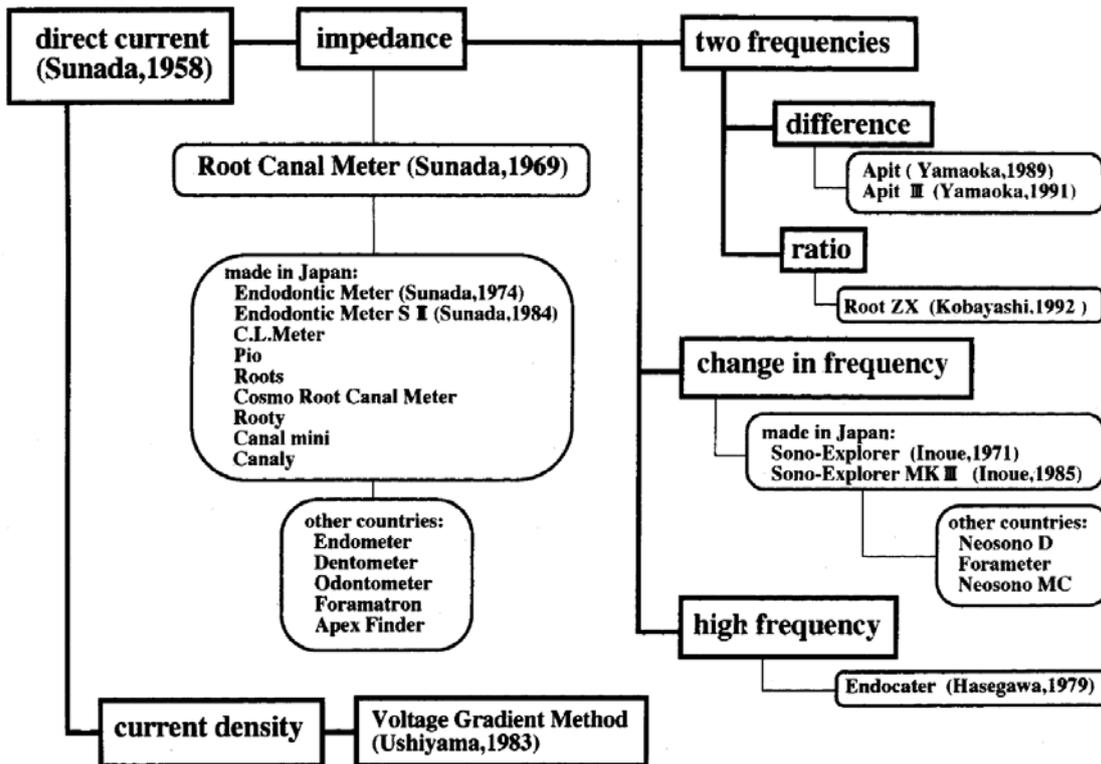


Figure 10 : Evolution du développement des différents LEA[14]

Entre 1992 et 2002 avec l'arrivée du Ratio Method du Root Zx, aucun autre modèle n'a été développé.[14] Ce modèle reste la référence aujourd'hui et tous les LEA fonctionnent sur ce principe ou des optimisations de ce principe.

3.2 – Limites d'utilisation clinique du localisateur d'apex (LEA)

Comme évoqué en 1962 par Sunada, le LEA forme un circuit électrique qui permet de détecter les tissus parodontaux au niveau du foramen apical. Le terme de localisateur électronique d'apex est donc inapproprié car la seule valeur fiable donnée par un LEA étant celle du foramen, on devrait plutôt parler de « localisateur électronique de foramen ».

De nombreux fabricants vantent que leurs localisateurs d'apex permettent de localiser la constriction apicale, cependant les études de Welk et al.[29] en 2003 montrent une capacité à déterminer la constriction apicale avec succès comprise entre 34.4% et 90.7% en fonction des appareils. Hoer et Attin[13] en 2004 rapportent des valeurs comprises entre 51 et 64% en fonction des appareils.

Ces valeurs ne sont pas acceptables pour le résultat clinique recherché et il appartiendra aux fabricants le choix d'attribuer à leurs appareils des qualités dont un LEA ne peut faire preuve.

La mesure électronique est simple mais des conditions d'utilisation strictes doivent être respectées, sinon une mesure incohérente sera donnée (tableau 1). Elle doit se faire en l'absence de solution aqueuse au niveau caméral (salive en l'absence de champ opératoire...). Tout défaut d'étanchéité coronaire et de l'hypochlorite en excès peuvent la perturber. De même, le contact avec des éléments métalliques coronaires (coiffes prothétiques, amalgames, bagues de cuivre...) peut donner un signal positif précoce. L'utilisation d'une lime non ajustée au diamètre canalaire donnera une mesure positive anticipée et difficile à stabiliser.[11]

Condition d'utilisation	Réponse localisateur	
	Faux positif	Faux négatif
Présence de liquide	+	-
Contact métallique	+	-
Tissus carieux	+	-
Fêlure ou fracture corono-radiculaire	+	-
Perforation iatrogène	+	-
Bifurcation apicale	+	-
Matériau d'obturation	-	+
Diamètre lime insuffisant	+	-

Tableau 1 : Eléments pouvant perturber le fonctionnement d'un LEA [11]

Lors d'un retraitement, on pourra avoir des difficultés à obtenir le signal du foramen, certains matériaux d'obturation (gutta-percha) encore présents dans le canal agissant comme des isolants.

II – Etude

1 – Introduction – Problématique

De nombreux cas de traitements endodontiques sont réalisés sur des dents présentant des apex pathologiques souvent résorbés. Une résorption apicale peut être présente sur des dents immatures, des dents nécrosées, des reprises de traitement présentant une parodontite apicale chronique.

La précision de mesure dans la détermination de la longueur de travail est un prérequis indispensable à un traitement endocanalair de qualité, permettant de réduire le risque d'un canal insuffisamment nettoyé, et protégeant les tissus péri-apicaux d'une sur-instrumentation. L'impossibilité de déterminer une longueur de travail correcte engendre une sous ou sur-obturation qui se traduit par une augmentation de la probabilité d'un échec thérapeutique allant de 10% à 50% après 10 ans.[20]

Les LEA sont aujourd'hui largement reconnus comme une méthode alternative fiable à l'utilisation de la radiographie intra-buccale dans la détermination d'une longueur apicale de préparation. Les LEA présentent une bonne fiabilité et précision dans la localisation du foramen apical.[21]

Dans le cas de dents présentant une résorption apicale, l'anatomie apicale est altérée. Dans la plupart des cas, la constriction apicale est détruite du fait de la résorption ou de la préparation canalaire initiale. Les facteurs pouvant influencer la précision du LEA sont la taille du foramen apical, le type et le diamètre de la lime utilisée pour la mesure [12], la présence de fluides ou matériaux d'obturation dans le canal.

Cette problématique d'apex ouvert est aussi retrouvée dans le cas de dents de lait dont l'apex est résorbé.

Notre recherche a pour but d'évaluer la capacité de deux localisateurs électroniques d'apex à déterminer la distance d'un foramen pathologique par rapport à un repère cuspidien stable.

2 – Matériel et Méthode

2.1 – Sélection des dents

Quinze dents monoradiculées ont été sélectionnées pour cette étude. Ces dents sont exemptes de toute restauration coronaire ou traitement canalaire. Les dents sélectionnées présentent toutes un apex sain. Les dents ont été extraites pour l'une des raisons suivantes : extraction thérapeutique à but orthodontique, dents à mobilité III ou IV de Mullemann, dents ne présentant pas d'intérêt prothétique durable sur l'arcade. Les dents, après avoir été extraites, ont été conservées dans une solution isotonique à 0,9 % de NaCl (Baxter®).

2.2 – Préparation des dents

Toutes les dents ont été traitées par le même opérateur. Avant l'expérimentation, les dents ont été placées dans une solution d'hypochlorite de sodium à 2,6% durant une heure afin de dissoudre les résidus desmodontaux [82], puis passées dans un bain à ultrasons durant 5 minutes et rincées avec une solution de NaCl à 0,9% (Baxter®). Les tissus organiques résiduels sur les surfaces externes des racines ont été enlevés avec un mini CK6.

Pour la première partie de l'étude (apex sain), un aménagement des voies d'accès est réalisé pour chaque dent avec une fraise boule diamantée 012 (Dentsply Maillefer®, Ballaigues, Suisse) et complété avec une fraise Endo-Z™ (Dentsply Maillefer®, Ballaigues, Suisse) montée sur turbine avec spray.

Après identification de l'entrée canalaire avec une sonde DG 16, le canal est rincé avec 5 mL d'hypochlorite de sodium à 2,6% pour éliminer tous les copeaux dentinaires et les débris organiques. La perméabilité canalaire est contrôlée avec une lime K numéro 10 (Micro-Mega® Besançon, France) pour éliminer de l'étude les dents présentant des obstructions canalaires.

Pour la deuxième partie de l'étude (apex pathologiques), une résection de la partie apicale de chacune des dents est réalisée à 3 mm de l'apex à l'aide d'une fraise à conger diamanté 014 (Stoner® Montreux, Suisse) afin de simuler un apex pathologique résorbé.

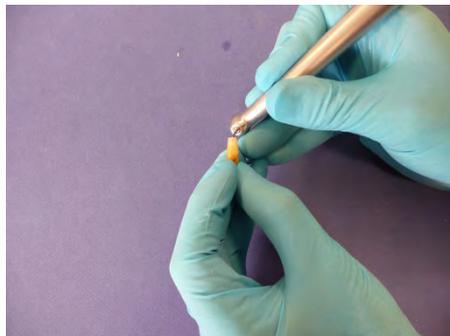


Figure 11 : Résection de la zone apicale

2.3 – Mesure électronique de la longueur de travail

Pour cette mesure deux localisateurs d'apex ont été utilisés : le Mini Root ZX[®] et le Tie Apex[®].

Mesures apex sain :

Les dents sont placées dans des récipients dans lesquels sont coulés de l'alginate (Zelgan Dentsply[®] Ballaigues, Suisse) jusqu'au collet anatomique de la dent afin de simuler l'environnement parodontal de la dent et reproduire la conductibilité du desmodonte.[2, 12]

Toutes les mesures sont prises dans les deux heures suivant la coulée de l'alginate afin de s'assurer que l'alginate conserve ses propriétés physicochimiques notamment en termes d'humidité.[17]



Figure 12 : Dispositif expérimental

Chaque localisateur d'apex est utilisé jusqu'à détection du foramen apical. Pour effectuer les mesures électroniques, l'électrode buccale (ou contre-électrode) est plongée dans l'alginate. Pour chaque mesure électronique une lime K numéro 10 est connectée au porte lime de l'électrode du localisateur d'apex sélectionné. Dans un premier temps, chaque canal est irrigué avec 5 mL d'hypochlorite de sodium à 2,6% placé dans une seringue endodontique (Endoneedle VMK[®]). Dans un second temps, la chambre pulpaire est asséchée avec une soufflette d'air comprimé, une boulette de coton est utilisée pour sécher la surface de la dent et éliminer les excès d'irrigation.

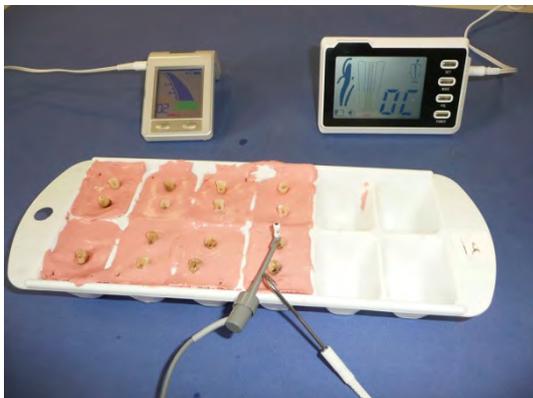


Figure 13 : Dispositif de mesure

Mesures apex résorbés :

Après extraction de l'alvéole d'alginat et résection de la partie apicale de la dent, la dent est de nouveau plongée dans l'alvéole d'alginat d'où elle provenait et une nouvelle mesure est réalisée à l'aide d'une lime K numéro 10.

Les mesures sont réalisées successivement par deux praticiens (opérateur 1 puis opérateur 2) sans qu'aucun des deux n'ait connaissance des résultats de l'autre.

2.4 – Mesure visuelle de la longueur de travail

La mesure visuelle succède à la mesure électronique par soucis de ne pas altérer le foramen apical. Seul l'opérateur 1 a réalisé ces mesures.

Sous microscope binoculaire (X16), un premier opérateur insère une lime K numéro 10 présentant un stop en silicone dans le canal principal de chaque dent jusqu'à ce que l'extrémité de la lime se superpose au foramen apical. L'extrémité de la lime K est positionnée tangentiellement au grand foramen. Le stop en silicone sur la lime est ajusté à un repère coronaire stable servant de référence pour les mesures. La distance entre la base du stop en silicone et l'extrémité de la lime K est mesurée à l'aide d'une jauge d'endodontie avec une précision de 0.25 mm.

3 – Résultats

3.1 – Mesures initiales

Le tableau des mesures obtenues par les deux opérateurs est le suivant :

n° dent	Opérateur 1						Opérateur 2			
	DENTS SAINES			DENTS APEX COUPE			DENTS SAINES		DENTS APEX COUPE	
	Localisateur d'apex		LOUPES	Localisateur d'apex		LOUPES	Localisateur d'apex		Localisateur d'apex	
	MORITA	DENJOY		MORITA	DENJOY		MORITA	DENJOY	MORITA	DENJOY
1	21,75	21,75	22	20,5	20,5	19	21,25	21,25	21	20,75
2	23,25	23,25	23,5	22,5	22,75	19,5	22,5	22,5	21,75	21,75
3	20,25	21	21,25	17,5	17,5	17,25	21	21	17,75	17,5
4	22,25	22,25	22,25	20	20	19,5	21,75	21,5	20	20
5	21,5	21,5	22	20	20,25	20	20,75	21	19,75	19,75
6	19,5	19,5	20	17,5	18	17	19,5	19,5	18	18
7	21,25	21,25	22,25	19,5	19,5	19,75	21,5	21,25	19,75	19,5
8	21,25	21,5	21	19,5	19,5	19,5	21,25	21,25	19,5	19,5
9	22,25	22,25	22	20,25	20,5	20	22	22	20,25	20,25
10	21,5	21,25	21,5	20,5	20,5	19,75	21,75	22	20,25	20,25
11	21,25	21,25	21,5	20,5	20,75	20,25	21,25	21,25	21,5	21,25
12	23,5	23,5	23	22	22	21	23	23	22	22
13	25	25	25,5	23,5	23,5	22,75	24,75	25	23,5	23,5
14	22	22,5	22	19,5	19,75	19,75	21,75	21,5	19,75	19,5
15	21,75	21,75	22	19,75	19,75	20	21,75	21,75	19,5	19,5
Moyenne	21.883	21.967	22.17	20.200	20.317	19.667	21.717	21.717	20.283	20.200
Dév. std	1.319	1.274	1.239	1.604	1.571	1.349	1.153	1.198	1.494	1.518

Tableau 2 : Valeurs initiales

	Opérateur 1				Opérateur 2			
	Dents saines		Apex Coupé		Dents saines		Apex Coupé	
	MORITA	DENJOY	MORITA	DENJOY	MORITA	DENJOY	MORITA	DENJOY
% mesures sous-estimées	60 %	66.7 %	20 %	13.3 %	73.3 %	73.3 %	13.3 %	26.7 %
Moyenne de sous-estimation	0.5 mm	0.4 mm	0.25 mm	0.25 mm	0.59 mm	0.61 mm	0.38 mm	0.31 mm
% mesures surestimées	20 %	26.7 %	66.7%	73.3 %	13.3 %	6.67 %	66.7 %	66.7 %
Moyenne de surestimation	0.33 mm	0.44 mm	0.78 mm	0.93 mm	0.25 mm	0.5 mm	1 mm	1.03 mm

Tableau 3 : Valeurs des sur- et sous-estimations

3.2 – Statistiques

Le changement d'opérateur ne modifie pas les mesures quel que soit le localisateur utilisé (valeur de $p=0.8652$).

Apex sain :

	Ecart moyen	t	p	S / NS
LongRef / Op1 MRootZX	0.233	2.114	0.0529	NS
LongRef / Op1 TieApex	0.150	1.348	0.1990	NS
LongRef / Op2 MRootZX	0.400	3.511	0.0035	S
LongRef / Op2 TieApex	0.400	3.361	0.0047	S
Op1 MRootZX / Op2 MRootZX	0.167	1.581	0.1362	NS
Op1 TieApex / Op2 TieApex	0.250	2.236	0.0421	S

Tableau 4 : test de Student en séries appariées des mesures obtenues avec des racines à apex sain

Apex résorbés :

	Ecart moyen	t	p	S / NS
LongRef / Op1 MRootZX	-0.533	-2.446	0.0283	S
LongRef / Op1 TieApex	-0.650	-2.893	0.0118	S
LongRef / Op2 MRootZX	-0.617	-3.046	0.0087	S
LongRef / Op2 TieApex	-0.533	-2.654	0.0189	S
Op1 MRootZX / Op2 MRootZX	-0.083	-0.791	0.4424	NS
Op1 TieApex / Op2 TieApex	0.117	1.333	0.2038	NS

Tableau 5 : test de Student en séries appariées des mesures obtenues avec des racines à apex sectionné.

Légende : LongRef=Longueur de Référence mesurée sous loupe binoculaire ; MRootZX=Mini RootZX de MORITA ; TieApex=Tie Apex de DENJOY ; Op1=Opérateur 1 ; Op2=Opérateur 2 ; S=Significatif ; NS=Non Significatif.

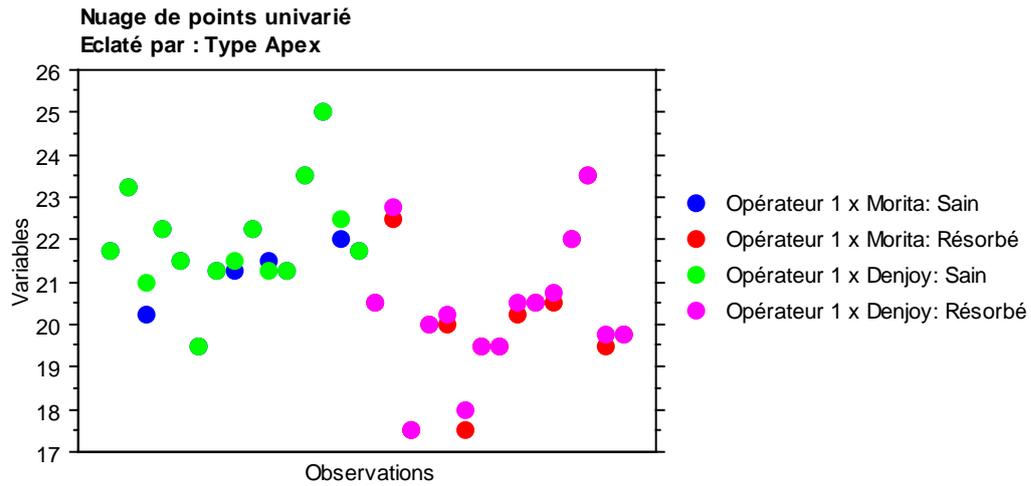


Figure 14 : répartition des mesures de l'opérateur 1 en fonction des types d'apex et des LEA utilisés

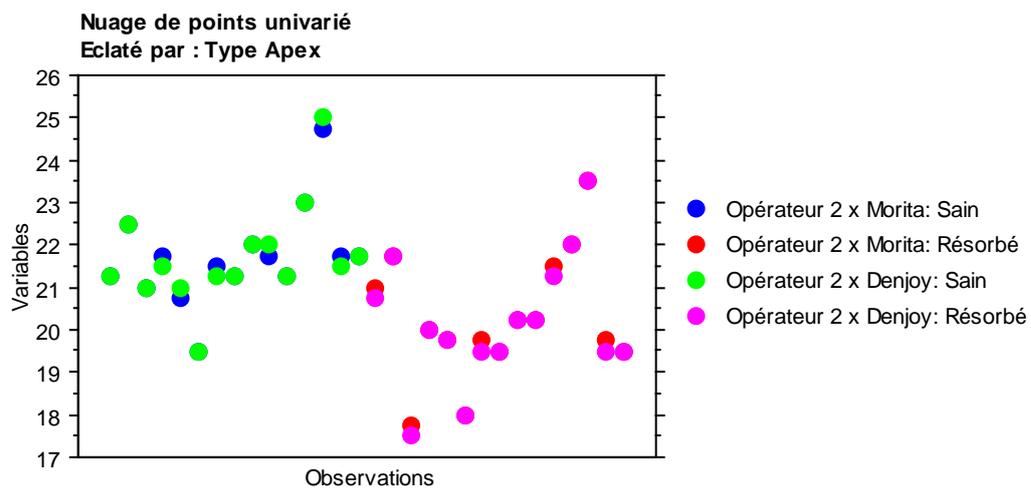


Figure 15 : répartition des mesures de l'opérateur 2 en fonction des types d'apex et des LEA utilisés

4 – Discussion

Les résultats obtenus dans notre étude montrent que la détection du foramen apical par un localisateur électronique d'apex, dans le cas d'un apex sain ou d'une résorption apicale, est fiable. C'est-à-dire que la mesure de la distance du foramen à un repère coronaire stable est fiable.

Nous avons dû faire certains choix méthodologiques pour mener ce protocole de recherche. Tout d'abord cette étude est réalisée ex-vivo sur un nombre limité d'échantillons issus de la banque de dents du service d'endodontie (provenant de dons anonymes pour l'enseignement et la recherche et qui seront détruits après utilisation). Nous avons choisi l'alginate [1] pour simuler les tissus péri apicaux car il permet de simuler une alvéole dans laquelle une mesure sur dent saine peut être réalisée. Cette dent peut ensuite être extraite de son alvéole d'alginate, réséquée et enfin réinsérée dans son alvéole afin de simuler la zone de résorption osseuse présentant le granulome. Dans la pratique, la dent une fois réséquée a dû être replacée dans son alvéole en l'enfonçant un peu plus qu'elle ne l'était dans sa situation initiale afin de retrouver un contact avec l'alginate et permettre l'obtention d'une mesure.

Deux localisateurs ont été utilisés dans cette étude : le Mini Root ZX de Morita qui est le successeur du Root ZX faisant référence dans de nombreux articles, ainsi que le Tie Apex de Denjoy, fabricant chinois, dans le but de comparer les résultats que l'on pouvait obtenir entre un localisateur de référence et un modèle méconnu sur le marché français, bon marché et fonctionnant sur le même principe du Ratio Method. Nous avons constaté des résultats tout à fait acceptables des deux localisateurs. Le Tie Apex présente tout de même une lecture beaucoup moins linéaire de la progression de la lime dans le canal fonctionnant ainsi sur un mode plutôt « tout ou rien », c'est-à-dire foramen / pas foramen. Dans son étude, R. Stoll arrive aussi à la conclusion que tous les localisateurs testés permettent de détecter le foramen avec une bonne fiabilité mais que dans la région apicale (trois derniers millimètres avant le foramen), seulement certains modèles sont capables de donner une mesure linéaire de la progression de la lime dans le canal.[26]

Les mesures ont été réalisées par deux praticiens ce qui a permis de mener une étude en double aveugle randomisée. Cependant cette double manipulation a pu induire des biais. La remonté de matériau à travers le foramen lors des différents passages des limes pour les mesures a pu perturber les résultats. La modification de l'anatomie de la constriction a aussi pu être perturbée par la succession de passage des limes. Pour cela toutes les mesures ont été réalisées à l'aide d'une lime K numéro 10 afin de ne pas trop perturber cette anatomie et se placer dans les conditions d'une récapitulation qui serait réalisée avec ce type de lime entre chaque passage d'instrument rotatif Ni-Ti lors d'un traitement endodontique. Au vu des résultats, il aurait été préférable de faire deux lots de mesures en changeant l'ordre des mesures par les deux opérateurs afin de voir si la deuxième mesure serait affectée, sans que cela soit opérateur dépendant. Il aurait aussi été possible d'utiliser un milieu de conduction électrique tel qu'une éponge imbibée de solution saline [9, 4] ou une éprouvette remplie de solution saline.[7]

Dans notre étude, nous avons noté une tendance de surestimation quand l'apex présente une résorption. Il sera donc nécessaire de retirer 1.5mm contre 0.5 à 1 mm dans le cas d'apex sains lors de leur utilisation clinique.

El Ayouti [7] a utilisé pour ses mesures sur dents saines comme sur dents résorbées une lime K n°15. Nous avons fait le choix d'une lime K n°10 dans notre étude afin d'éviter au maximum d'endommager la zone de constriction apicale par les différents passages de lime des deux opérateurs. Herrera a montré que le diamètre de la lime utilisée n'a pas d'incidence sur la mesure pour des limes 10 à 25 alors que des différences apparaissent entre des limes 10 et 50 ou 100 pour des diamètres apicaux très larges.[12]

Dans son étude, El Ayouti utilise un dispositif mécanisé de mesure de la longueur entre le stop et la pointe de la lime. Nous avons utilisé pour notre part une jauge de mesure endodontique graduée tous les millimètres ce qui, d'après l'étude d'El Ayouti en 2005, peut engendrer une variation, au moment du report de la longueur sur le dispositif de mesure, de 0.7 mm sur les valeurs mesurées.

Golberg [9] arrive à la conclusion que les différences statistiquement significatives sont observées sur les différences de mesures entre opérateurs provenant d'un manque d'expérience et de dextérité de manipulation. Des variations de ce type ont effectivement pu être constatées dans notre étude.

La résorption des apex intéresse particulièrement les pédodontistes. Plusieurs études [18, 4, 1] ont utilisé des dents de lait pour évaluer la pertinence de mesure des LEA. J. Mente [18] a montré dans son étude une grande reproductibilité de mesure entre opérateur dans la détermination de la longueur du canal radiculaire d'une dent de lait présentant ou non une résorption radiculaire. Les mesures obtenues ont révélées des résultats tout aussi acceptables que celles obtenues à la radiographie.

La détermination de la limite apicale de préparation sur une dent de lait est souvent approximative du fait de l'existence d'une constriction apicale pas toujours bien définie (Wu et al. 2000) ou la présence d'une résorption radiculaire physiologique ou pathologique (Bolan & Rocha 2007). Malgré ces particularités, plusieurs auteurs considèrent qu'en utilisant un localisateur électronique d'apex les mesures sont précises à $\pm 0.5\text{mm}$ par rapport à une mesure visuelle directe (Ounsi & Naaman 1999, Angwaravong & Panitvisai 2009), tandis que d'autres obtiennent une précision de $\pm 1\text{mm}$ (Kielbassa et al. 2003, Bodur et al. 2008, Mello-Moura et al. 2010).

Dans son étude, A. P. C. A. Beltrame [4] a évalué la précision des localisateurs électronique d'apex en tenant compte de ces deux différences ($\pm 0.5\text{mm}$ et $\pm 1\text{mm}$). Avec la prise en considération d'une différence de $\pm 0.5\text{mm}$, les résultats obtenus in-vivo montrent une fiabilité de 69% et 65%, respectivement pour des apex sains et des apex résorbés, par rapport à une mesure visuelle directe. Les résultats obtenus ex-vivo montrent une fiabilité de 69 % et de 77%, respectivement pour des apex sains et des apex résorbés, par rapport à une mesure visuelle directe. Alors qu'avec la considération d'une différence de $\pm 1\text{mm}$, les résultats obtenus montrent une fiabilité de 92% et 94%, respectivement pour des apex sains et des apex résorbés, par rapport à une mesure visuelle directe. Ces résultats concordent avec ceux obtenus par Tosun et al. (2008) qui montraient une précision de 99% et 98%, respectivement pour des apex sains et des apex résorbés ; et ceux de Ghaemmaghami et al. (2008) montrant une précision de 96%. Il conclue que le Root ZX détermine de façon fiable la longueur de travail, tant in-vivo qu'ex-vivo, à $\pm 1\text{mm}$ pour des molaires de lait que les racines soient résorbées ou non. Toutefois, il est possible de se demander si une mesure aléatoire d'un millimètre est acceptable d'un point de vue clinique surtout dans le sens de la surestimation.

O. Angwaravong¹ & P. Panitvisai [1] ont notés des différences moyennes, entre une mesure sur le Root ZX indiquant « Apex » et la longueur réelle, de 0.01 ± 0.23 mm ; ainsi qu'une différence moyenne de 0.33 ± 0.30 mm avec une lecture à la graduation « 0.5 » sur le Root ZX. Le Root ZX a une précision de 96.7%, en considérant une marge d'erreur de ± 0.5 mm, comparée à la longueur réelle, dans le cas de molaires de lait présentant une résorption radiculaire. Ils concluent qu'en acceptant une mesure à ± 0.5 mm, le Root ZX est d'une très grande précision et ses mesures ne sont pas perturbées par la présence d'une résorption radiculaire. Les erreurs de mesures sont moins importantes quand la mesure prise en compte est celle donnée par la valeur « Apex » que celle obtenue par la valeur à la graduation « 0.5 ».

Dans une étude récente de 2013, Aysun Kara Tuncer et Müzeyyen Gerek [27] ont montrés que les douleurs post-opératoires étaient indépendante d'une mesure de la longueur de travail déterminée à l'aide d'un localisateur électronique d'apex ou à l'aide d'une radiographie per-opératoire. Un critère de choix d'utilisation d'un localisateur électronique d'apex pour un praticien serait donc une réduction d'exposition aux rayons.

III – Conclusion

La détermination de la longueur de travail est une étape essentielle du traitement endodontique qu'il soit réalisé sur dent lactéale ou dent définitive. L'utilisation d'un dispositif électronique de mesure aide à s'affranchir de l'interprétation nécessaire d'un cliché radiographique per-opératoire. Les localisateurs électroniques d'apex fonctionnant selon le principe de la méthode des ratios ont fait leurs preuves et montré d'excellents résultats à de nombreuses reprises dans la littérature.

Dans notre étude, deux localisateurs électroniques d'apex ont été utilisés. Le MiniRoot ZX est l'évolution du Root ZX qui est le premier LEA utilisant le ratio method et considéré comme la référence dans de nombreux articles. Le deuxième est un LEA fonctionnant selon le même principe de ratio method, récemment mis sur le marché à un tarif particulièrement attractif. Deux examinateurs ont mesuré la longueur de racines présentant des apex matures et dans un deuxième temps simulé une résorption au niveau de ces apex avant de réitérer cette mesure.

Ces deux appareils ont générés des mesures cliniquement acceptables : à moins d'un demi millimètre de la constriction apicale sur les apex sain et à moins d'un millimètre sur les apex résorbés. Ces mesures sont reproductibles mais nécessitent une rigueur importante dans le report de la distance relevée sur l'instrument vers le dispositif de mesure. Cette rigueur devra aussi être conservée tout au long de la mise en forme.

Il est ainsi possible de déterminer une longueur de travail en présence d'un apex sain avec le Mini Root ZX ou le Tie Apex en enlevant 0.5 mm à la mesure du foramen, et en enlevant 1 à 1.5 mm en présence d'un apex résorbé.

Le directeur de thèse,

Franck DIEMER



Le président du jury,

Pr. D. Duffaut



Bibliographie

1. ANGWARAVONG O., PANITVISAI P. Accuracy of an electronic apex locator in primary teeth with root resorption. *International Endodontic Journal*, 2009, 42, p. 115–121.
2. BALDI J.V., et al. Influence of embedding media on the assessment of electronic apex locators. *Journal of Endodontics*, 2007, 33, 4, p. 476-479.
3. BASSELERIE A. Scanner et endodontie. Thèse : Odontologie : Bordeaux : 2001.
4. BELTRAME A. P. C. A., TRICHES T. C., SARTORI N., BOLAN M. Electronic determination of root canal working length in primary molar teeth: an in vivo and ex vivo study. *International Endodontic Journal*, 2011, 44, p. 402–406.
5. BURCH J., HULEN S. The relationship of the apical foramen to the anatomic apex of the tooth root. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology and endodontics*, august 1972, 34, 2, p. 262-268.
6. DUMMER P.M., McGINN J.H., REES D.G. The position and topography of the apical canal constriction and apical foramen. *International Endodontic Journal*, october 1984, 17, 4, p. 192-198.
7. EL AYOUTI A., KIMIONIS I., CHU A.-L., LÖST C. Determining the apical terminus of root-end resected teeth using three modern apex locators: a comparative ex vivo study. *International Endodontic Journal*, 2005, 38, p. 827–833.
8. GEDDES L.A., BAKER L.E. The specific resistance of biological material--a compendium of data for the biomedical engineer and physiologist. *Med Biol Eng*, 1967, 5, 3, p. 271-93.
9. GOLDBERG F. In vitro measurement accuracy of an electronic apex locator in teeth with simulated apical root resorption. *Journal of Endodontics*, June 2002, 28, 6, p. 461-463.
10. GREEN D. Stereomicroscopic study of 700 root apices of maxillary and mandibular posterior teeth. *Oral surgery, oral medicine, and oral pathology*, june 1960, 13, p. 728-733.
11. GURGEL M., VALLAEYS K., BASSO A., DIEMER F. Le localisateur d'apex : utilisation clinique. *Clinic*. Février 2008, 29, p. 114-119.

12. HERRERA M., JIMENEZ PLANAS A. Influence of apical constriction diameter on root ZX apex locator precision. *Journal of Endodontics*, August 2007, 33, 8, p. 995-998.
13. HOER D., ATTIN T. The accuracy of electronic working length determination. *International Endodontic Journal*, 2004, 37, 2, p. 125-31.
14. KOBAYASHI C. Electronic canal length measurement. *Oral surgery, oral medicine, and oral pathology*, 1995, 79, p.226-231.
15. KUTTLER Y. Microscopic investigation of root apexes. *Journal of the American Dental Association*, may 1955, 50, 5, p. 544-552.
16. LAURICHESSE J.M., MAESTRONI F., BREILLAT J. *Endodontie clinique*. Paris : éditions C.d.P, 1986, 755 p.
17. LUCENA-MARTIN C. et al. In vitro evaluation of the accuracy of three electronic apex locators. *Journal of Endodontics*, 2004, 30, 4, p. 231-233.
18. MENTE J., SEIDEL J., BUCHALLA W., KOCH M. J. Electronic determination of root canal length in primary teeth with and without root resorption. *International Endodontic Journal*, 2002, 35, p. 447-452.
19. MEREDITH N., GULABIVALA K. Electrical impedance measurements of root canal length. *Endod Dent Traumatol*, 1997, 13, 3, p. 126-31.
20. PETERS O.A. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems : a review. *Journal of Endodontics*, august 2004, 30, 8, p. 559-567.
21. PONS M. Préparation en rotation continue associée à une localisation électronique de l'apex : étude in vitro de deux appareils. Thèse : Odontologie : Bordeaux : 1999.
22. RICUCCI D. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 1 : literature review. *International Endodontic Journal*, 1998, 31, p. 384-393.
23. RUSH S., ABILDSKOV J.A., MCFEER. Resistivity of body tissues at low frequencies. *Circ Res*, 1963. 12, p. 40-50.
24. SIMON J. The apex : how critical is it? *General dentistry*, july-august 1994, 42, p. 330-334.

25. SJOGREN U., HAGGLUND B., SUNDGVIST G., WING K. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *Journal of Endodontics*, October 1990, 16, 10, p. 498-504.
26. STOLL R., URBAN-KLEIN B., ROGGENDORF M. J., JABLONSKI-MOMENI A., STRAUCH K., FRANKENBERGER R. Effectiveness of four electronic apex locators to determine distance from the apical foramen. *International Endodontic Journal*, 2010, 43, p. 808–817.
27. TUNCER A. K., GEREK M. Effect of Working Length Measurement by Electronic Apex Locator or Digital Radiography on Postoperative Pain: A Randomized Clinical Trial. *Journal of Endodontics*, 2013, Article in press.
28. VERTUCCI F. Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. *Endodontic Topics*, 2005, 10, p. 3-29.
29. WELK A.R., BAUMGARTNER J.C., MARSHALL J.G. An in vivo comparison of two frequency-based electronic apex locators. *Journal of Endodontics*, 2003, 29, 8, p. 497-500.
30. WU M.K., WESSELINK P., WALTON R. Apical terminus location of root canal treatment procedures. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology and endodontics*, january 2000, 89, p. 99-103.

INFLUENCE DE MODIFICATIONS PATHOLOGISQUES APICALES SUR LA MESURE D'UN LOCALISATEUR D'APEX

RESUME EN FRANÇAIS :

Le succès de la thérapeutique endodontique dépend grandement du respect d'un protocole clinique bien codifié aujourd'hui. Une étape clé dans le succès de nos traitements réside dans la détermination de la longueur de travail. En effet, une sur- ou sous-estimation de cette mesure entrainera un échec de notre thérapeutique endodontique. De nombreuses techniques ont été décrites pour permettre la détermination de cette longueur de travail et il apparaît aujourd'hui évident que l'utilisation d'un localisateur électronique d'apex est indispensable pour y parvenir.

Le but de notre thèse est donc d'évaluer la capacité de deux localisateurs électroniques d'apex à déterminer la distance d'un foramen pathologique par rapport à un repère cuspidien stable. Afin de répondre à cet objectif, nous avons réalisé des mesures sur quinze dents monoradiculées présentant un apex sain, puis de nouvelles mesures sur ces mêmes dents ayant subi une résection de leur partie apicale.

TITRE EN ANGLAIS : Determining the apical terminus of root-end resected teeth using two modern apex locator.

DISCIPLINE ADMINISTRATIVE : CHIRURGIE DENTAIRE

MOTS CLES : Endodontie, Localisateurs électronique d'apex, Résorption

INTITULE ET ADRESSE DE L'U.F.R. OU DU LABORATOIRE :

Université Toulouse III-Paul Sabatier

Faculté de chirurgie dentaire 3 chemin des Maraîchers 31062 Toulouse Cedex

Directeur de thèse : Docteur Franck DIEMER