

UNIVERSITE DU DROIT ET DE LA SANTE DE LILLE 2

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

[Année de soutenance : 2017]

N°:

THESE POUR LE

DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement le [06 décembre 2017]

Par Jordan ANTCZAK

Né le 28 Décembre 1990 à Montivilliers - France

**Les localisateurs d'apex associés à un moteur
d'endodontie**

JURY

Président : Madame la Professeur Elizabeth DELCOURT-DEBRUYNE

Assesseurs : Monsieur le Docteur Jérôme VANDOMME

Monsieur le Docteur Thibault BECAVIN

Madame le Docteur Aurélie MARECHAL

Président de l'Université	:	Pr. X. VANDENDRIESSCHE
Directeur Général des Services de l'Université	:	P-M. ROBERT
Doyen	:	Pr. E. DEVEAUX
Vice-Doyens	:	Dr. E. BOCQUET, Dr. L. NAWROCKI et Pr. G. PENEL
Responsable des Services	:	S. NEDELEC
Responsable de la Sclolarité	:	M.DROPSIT

PERSONNEL ENSEIGNANT DE L'U.F.R.

PROFESSEURS DES UNIVERSITES :

P. BEHIN	Prothèses
T. COLARD	Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques, Biomatériaux, Biophysiques, Radiologie
E. DELCOURT-DEBRUYNE	Professeur Emérite Parodontologie
E. DEVEAUX	Odontologie Conservatrice - Endodontie Doyen de la Faculté
G. PENEL	Responsable de la Sous-Section des Sciences Biologiques

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

T. BECAVIN	Responsable de la Sous-Section d' Odontologie Conservatrice – Endodontie
A. BLAIZOT	Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale.
F. BOSCHIN	Responsable de la Sous-Section de Parodontologie
E. BOCQUET	Responsable de la Sous- Section d' Orthopédie Dento-Faciale
C. CATTEAU	Responsable de la Sous-Section de Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale.
A. de BROUCKER	Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques, Biomatériaux, Biophysiques, Radiologie
T. DELCAMBRE	Prothèses
C. DELFOSSE	Responsable de la Sous-Section d' Odontologie Pédiatrique
F. DESCAMP	Prothèses
A. GAMBIEZ	Odontologie Conservatrice - Endodontie
F. GRAUX	Prothèses
P. HILDELBERT	Odontologie Conservatrice - Endodontie
J.M. LANGLOIS	Responsable de la Sous-Section de Chirurgie Buccale, Pathologie et Thérapeutique, Anesthésiologie et Réanimation
C. LEFEVRE	Prothèses
J.L. LEGER	Orthopédie Dento-Faciale
M. LINEZ	Odontologie Conservatrice - Endodontie
G. MAYER	Prothèses
L. NAWROCKI	Chirurgie Buccale, Pathologie et Thérapeutique, Anesthésiologie et Réanimation Chef du Service d'Odontologie A. Caumartin - CHRU Lille
C. OLEJNIK	Sciences Biologiques
P. ROCHER	Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques, Biomatériaux, Biophysiques, Radiologie
L.ROBBERECHT	Odontologie Conservatrice - Endodontie
M. SAVIGNAT	Responsable de la Sous-Section des Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques, Biomatériaux, Biophysiques, Radiologie
T. TRENTESAUX	Odontologie Pédiatrique
J. VANDOMME	Responsable de la Sous-Section de Prothèses

Remerciements

A mes juges,

A Madame la Professeur Elizabeth DELCOURT-DEBRUYNE

Professeur des Universités – Praticien Hospitalier des CSERD

Section 5801 Réhabilitation Orale – Département Parodontologie

Professeur émérite de l'Université de Lille 2

Docteur en Chirurgie-Dentaire

Docteur de 3^{ème} cycle en Sciences Odontologiques

Maîtrise libre de Biologie Humaine

Docteur d'état en Odontologie

Habileté à Diriger des Recherches

Membre titulaire de l'Académie Nationale de Chirurgie Dentaire

Officier dans l'Ordre des Palmes Académiques.

*Vous me faites l'immense honneur de
présider ce jury et je vous en remercie
sincèrement.*

*Veillez trouver ici l'expression de mon
plus profond respect pour la qualité de
vos enseignements*

Monsieur le Docteur Jérôme VANDOMME

Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier des CSERD

Section Réhabilitation Orale – Département de Prothèses

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur en Biologie de l'Université de Lille 2

Master 2 Biologie Santé

Master des Sciences Biologiques et Médicales

Responsable du Département de Prothèses

*Vous avez accepté sans hésiter de
siéger dans ce jury et je vous en
remercie sincèrement.*

*Votre sens clinique et la qualité de
vos enseignements m'inspirent une
grande admiration.*

A Monsieur le Docteur Thibault BECAVIN

Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier des CSERD

Secteur 5801 Réhabilitation Orale – Département de Dentisterie Restauratrice et Endodontie

Docteur en Chirurgie Dentaire

Master I Informatique Médicale – Lille2

Master II Biologie et Santé – Lille2

Responsable du Département de Dentisterie Restauratrice et Endodontie

*Pour l'immense honneur que vous
m'avez fait en acceptant de diriger ce
travail de thèse. Pour votre disponibilité,
votre implication dans ce travail ainsi
que la qualité de vos connaissances.
Pour votre sympathie.*

*Veillez trouver ici mes remerciements
les plus sincères et ma profonde
gratitude.*

A Madame le Docteur Aurélie MARECHAL

Assistante Hospitalo-Universitaire des CSERD

Section 5801 Réhabilitation Orale – Département de Dentisterie Restauratrice et Endodontie

Docteur en Chirurgie Dentaire

Vous avez accepté de juger ce travail, c'est pourquoi je vous remercie pour l'intérêt porté à ce projet.

Trouvez ici l'expression de ma gratitude et de mon profond respect.

Les localisateurs d'apex associés à un moteur d'endodontie

1	Introduction	13
2	Rappels anatomiques : la région apicale	14
2.1	Le tiers apical de la racine	14
2.2	Le foramen apical	15
2.2.1	La morphologie du foramen apical	15
2.2.1.1	Le diamètre du foramen apical	15
2.2.1.2	La forme du foramen apical	16
2.2.1.3	La localisation du foramen apical	16
2.3	La jonction cémento-dentinaire	17
2.4	La constriction apicale	19
2.4.1	Les 4 types de constriction apicales.....	19
3	Détermination de la longueur de travail	21
3.1	Définition de la longueur de travail	21
3.2	Rôle de l'imagerie en endodontie	21
3.2.1	La radiographie rétro-alvéolaire.....	21
3.2.1.1	Incidence radiographique.....	22
3.2.1.1.1	Plans bissecteurs.....	22
3.2.1.1.2	Plan parallèles.....	22
3.2.1.1.3	Incidences obliques	23
3.2.1.2	Détermination radiographique de la longueur de travail	23
3.2.1.3	Limites de la technique radiographique.....	24
3.2.1.3.1	La compression des structures en 3 dimensions.....	24
3.2.1.3.2	La distorsion géométrique	25
3.2.1.3.3	Le bruit anatomique.....	26
3.2.1.4	Point de vue médico-légal.....	27
3.2.1.5	Rétro-alvéolaire et localisateur d'apex électronique.....	28
3.2.2	Cone-beam computed tomography (CBCT)	28
3.2.2.1	Avantages du Cone beam.....	29
3.2.2.2	Applications en endodontie.....	30
3.2.2.2.1	L'exploration de la morphologie et de l'anatomie radiculaire	30
3.2.2.3	Limites du CBCT	31
4	Les localisateurs d'apex associés à un moteur d'endodontie.....	34
4.1	Historique et principe des localisateurs d'apex électroniques	34
4.1.1	Les localisateur d'apex électroniques utilisant la résistance	34
4.1.2	Les localisateurs d'apex électroniques utilisant l'impédance	35
4.1.3	Les localisateurs d'apex électronique utilisant plusieurs fréquences.....	36
4.2	Présentation des appareils.....	36
4.3	Précautions d'utilisation.....	38
4.3.1	Facteur influençant la mesure canalaire	38
4.3.2	Pacemaker	39
4.4	Intérêt des localisateurs d'apex associées à un moteur d'endodontie.....	40
4.4.1	Contrôle permanent de la longueur de travail	40
4.4.1.1	Causes d'une mauvaise longueur de travail.....	40
4.4.1.2	Conséquences d'une mauvaise longueur de travail	40
5	Fiabilité des localisateurs d'apex associés à un moteur d'endodontie.....	42
5.1	Le Tri Auto ZX et le Root ZX II.....	42

5.1.1	Le Root ZX.....	42
5.1.2	Le Tri Auto ZX.....	42
5.1.2.1	La fonction AAR du Tri Auto ZX.....	43
5.1.2.1.1	Lors de l'utilisation de solutions d'irrigations	44
5.1.2.1.2	Lors d'un retraitement.....	44
5.1.2.1.3	Avec les solvants	45
5.1.2.1.4	Lors d'une résection apicale.....	45
5.1.2.2	Conclusion sur le Tri Auto ZX.....	46
5.1.3	Root ZX II	46
5.1.3.1	La fonction AAR du Root ZX II.....	47
5.1.3.2	Conclusion sur le Root ZX II.....	48
5.2	VDW gold reciproc.....	49
5.2.1	Raypex 5.....	49
5.2.2	Fiabilité de la fonction AAR	50
5.2.3	Conclusion sur le VDW Gold Reciproc	51
5.3	Comparaison des localisateurs d'apex seuls et des localisateurs d'apex associés à un moteur d'endodontie	51
6	Conclusion	53

1 Introduction

Le traitement endodontique consiste en une préparation chémo-mécanique, qui vise à éliminer le contenu canalaire, suivi d'une obturation étanche du système canalaire.

Cela va empêcher les micro-organismes de coloniser l'endodonte et favoriser la cicatrisation des tissus péri-apicaux affectés.

La réussite du traitement endodontique passe par le choix d'une limite apicale par rapport à un repère coronaire fixe. La détermination de cette distance, appelée longueur de travail, a été longtemps réalisée à l'aide de la radiographie. Cependant cette méthode présente certaines limites.

Le développement des localisateurs d'apex électroniques a permis de passer outre les limites de la radiographie. De nombreuses recherches ont mis évidence leur efficacité. Afin de faciliter la réalisation du traitement endodontique, des localisateurs d'apex couplés à des moteurs d'endodontie ont vu le jour.

Dans un premier temps, l'anatomie de la région apicale sera abordée afin de bien choisir la limite apicale de préparation suivi de la détermination radiographique de la longueur de travail et de ses limites. Dans un deuxième temps, le fonctionnement des localisateurs d'apex ainsi que l'intérêt de leur association avec un moteur d'endodontie seront développés. Enfin une analyse de la précision de ces dispositifs sera effectuée afin de déterminer si les localisateurs d'apex électroniques doivent être utilisés en association avec une pièce à main d'endodontie ou séparément.

2 Rappels anatomiques : la région apicale

L'obturation endodontique idéale est une obturation tridimensionnelle oblitérant entièrement le système canalaire jusqu'à la jonction cémento-dentinaire. La fermeture hermétique du canal jusqu'à cette jonction rend inaccessible le péri-apex aux bactéries et à leurs toxines. Cet objectif peut être réalisé uniquement si l'instrumentation canalaire est amenée jusqu'à la jonction cémento-dentinaire.

Afin de déterminer cette limite idéale de préparation, différentes structures anatomiques et histologiques sont à prendre en considération comme le foramen apical, la jonction cémento-dentinaire et la constriction apicale.

2.1 *Le tiers apical de la racine*

Le tiers apical d'une dent est une structure complexe. Cette zone ne peut être considérée comme une simple extrémité canalaire s'ouvrant directement au sommet de la racine. Plusieurs études ont démontré que cette structure pouvait posséder des canaux accessoires [39] et avoir un foramen apical à distance de l'apex [30].

Selon Kuttler [46], l'extrémité apicale du canal est constituée de deux cônes, l'un dentinaire et l'autre cémentaire s'opposant par leur petites bases. Au niveau du cône dentinaire, on observe un rétrécissement plus ou moins régulier jusqu'à la constriction apicale, cette dernière étant située à la jonction cémento-dentinaire ou à proximité. Le canal s'élargit de nouveau dans sa partie cémentaire pour s'ouvrir sur le foramen apical. Le cône cémentaire peut dévier par rapport à l'axe du canal, formant un angle variable avec le cône dentinaire. (Fig. 1)

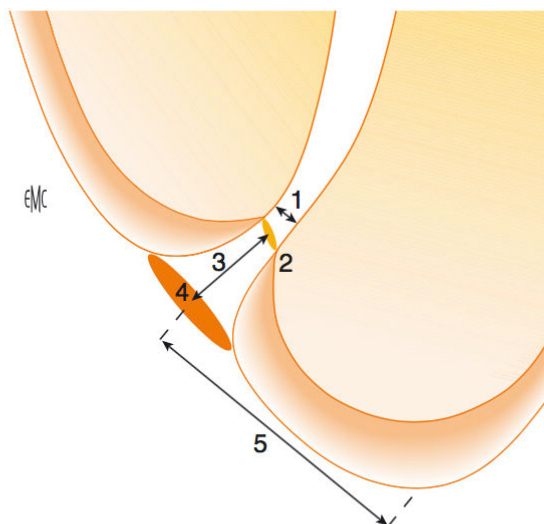


Figure 1. Schéma de la région apicale. 1. Constriction apicale ; 2. jonction cémento-dentinaire ; 3. distance séparant le centre du foramen de la jonction cémento-dentinaire ; 4. foramen ; 5. distance séparant le centre du foramen du vertex [58]

2.2 Le foramen apical

Connaître la morphologie et la localisation du foramen apical a un impact sur le traitement endodontique. En effet, le foramen apical n'aura pas comme nous allons le voir une forme toujours ronde et ne sortira pas toujours au sommet du vertex.

2.2.1 La morphologie du foramen apical

2.2.1.1 Le diamètre du foramen apical

Il s'agit de l'orifice de sortie du canal principal au niveau de la surface radiculaire. Le foramen apical a été décrit par Kuttler comme étant un cratère ou un entonnoir qui marque la limite entre le cément canalaire et la surface extérieur de la racine [46].

Il a démontré également que le diamètre du foramen croît avec l'âge. Chez les sujets jeunes entre 18 et 25 ans, le diamètre était de 0,502 mm, tandis que ce dernier était de 0,681 mm pour les sujets âgés de 55 ans ou plus.

D'autres études ont recensé des valeurs à peu près égale sur les dents antérieures. Le diamètre pouvait aller de 0,300 mm à 0,519 mm. [30] [60]

Le diamètre des dents postérieures maxillaires et mandibulaires oscillait entre 0,230 mm et 0,375 mm. [1] [5] [38]

2.2.1.2 La forme du foramen apical

La forme du foramen apical est très variable. Au cours de son étude, Green [30] a observé plusieurs formes pour le foramen, ce dernier pouvant être rond, ovale, asymétrique, semi-lunaire, en forme de sablier ou bien cranté (Fig. 2).

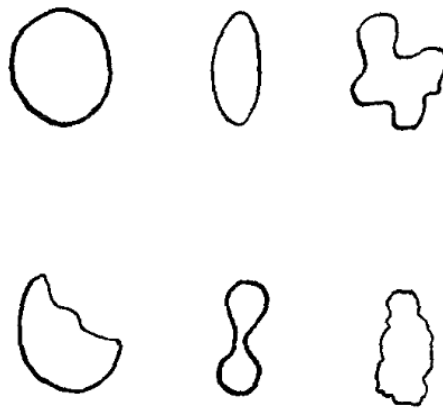


Figure 2. Formes du foramen apical selon Green [30] : rond, ovale, asymétrique, semi-lunaire, sablier, cranté

D'autres auteurs ont également évalué la forme du foramen apical. La morphologie ronde était majoritairement rencontrée dans le secteur antérieur maxillaire et mandibulaire (plus de 50%) suivi de la forme ovale (aux alentours de 25%) [30] [51].

Les molaires maxillaires et mandibulaires ont à l'inverse un foramen le plus souvent ovale en 1^{er} intention puis rond. Les formes asymétriques et irrégulières sont quant à elle retrouvées avec parcimonie [1] [5] [38].

La prédominance du type ovale dans le secteur postérieur a un impact clinique non négligeable. Les instruments endodontiques possèdent une forme ronde, quadrangulaire ou triangulaire qui donne une préparation ronde du foramen. Cela ne sera pas adaptée pour un foramen apical de forme ovale, semi-lunaire ou asymétrique. Des zones non instrumentées contenant des bactéries persisteront entraînant le développement ou la persistance d'inflammation péri-apicale.

2.2.1.3 La localisation du foramen apical

Le foramen apical ne s'ouvre pas toujours au sommet de l'apex. Selon Kuttler, ces

deux structures concordent chez 32% des 18-25 ans et seulement chez 20% des plus de 55 ans. De plus, la déviation moyenne est de 0,495 mm chez le sujet jeune et de 0,607mm chez le senior, mais cette déviation peut atteindre 2 à 3 mm [46].

Le foramen apical se trouvait au sommet de la racine dans 40% à 60% des cas selon différentes études (Fig 3). Les autres orientations plus fréquentes étaient vestibulaires puis distales [60] [51] [50].



Figure 3. Photo par microscope électronique des différentes positions du foramen apical [51]

Cliniquement, une orientation vestibulaire du foramen apical peut provoquer des erreurs de mesures canalaire pouvant aller jusqu'à 2 ou 3 mm alors qu'au niveau radiographique, la mesure peut sembler correct [51]. L'utilisation de méthodes auxiliaires telles que les mesures électroniques ou le CBCT devront être envisagées.

2.3 La jonction cémento-dentinaire

La jonction cémento-dentinaire est le lieu de rencontre entre le cément et la dentine intra-canaire. Le sommet du cône cémentaire s'étend à partir de cette jonction.

De nombreux auteurs ont proposé de limiter l'instrumentation endodontique à la jonction cémento-dentinaire, car c'est à ce niveau que l'endodonte se termine et que débute le parodonte. Il conviendrait donc d'arrêter la mise en forme à ce niveau et de laisser le cône

cémentaire libre afin de permettre une réparation cémentaire après le traitement endodontique. [46] [60]

Les mesures de l'extension de ciment intra-canalair montrent de très grandes variations au sein d'un groupe de dents et au sein d'une même dent avec des longueurs variant de 0,110 mm à 1,016 mm (Fig 4). De plus, ces mesures ne peuvent être obtenues que de manière histologique. [46] [60] [4]

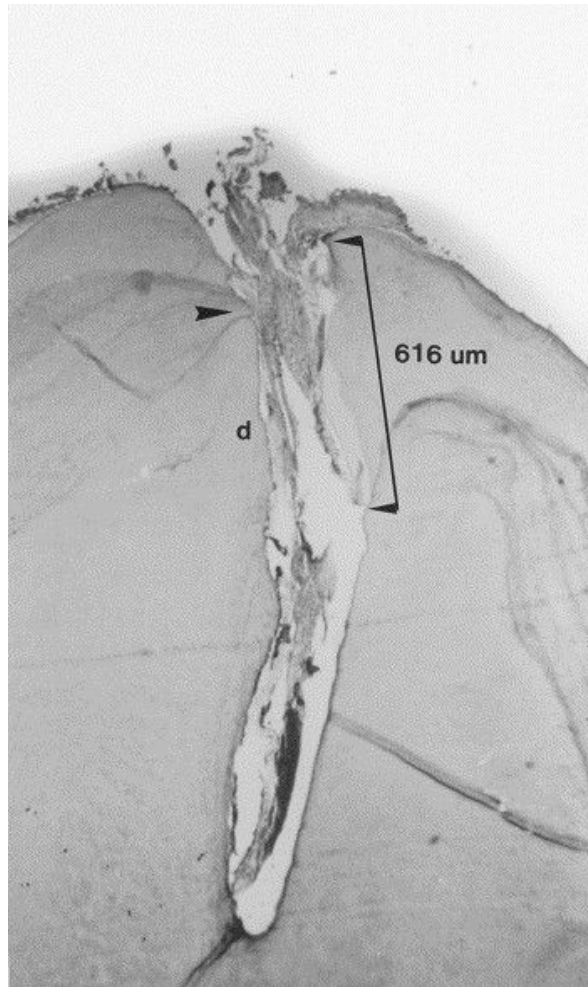


Figure 4. Incisive centrale maxillaire droite, Extension de ciment : à gauche 303,8 µm et à droite 616 µm [60]

Cette grande variation de l'extension de ciment intra-canalair démontre que la jonction cémento-dentinaire doit uniquement être considérée comme la rencontre de deux structures histologiques au sein du canal. Sa localisation clinique est impossible donc essayer d'instrumenter et d'obturer jusqu'à cette limite n'est pas réalisable.

2.4 La constriction apicale

La constriction apicale, également appelée foramen mineur est une zone anatomique complexe et variable du tiers apical. Elle est considérée depuis longtemps comme la limite à ne pas dépasser lors de nos préparations canalaire [10]. Il s'agit d'un rétrécissement du canal se situant à proximité de la jonction cémento-dentinaire [46] constituant une barrière apicale naturelle à ne pas franchir. Le cône cémentaire jouant un rôle majeur dans la cicatrisation post-endodontique, une apposition de ciment va venir recouvrir l'obturation et parfaire l'étanchéité de l'obturation.

Plusieurs études ont donc essayé de localiser cette constriction apicale mais comme la jonction cémento-dentinaire, la constriction apicale est très variable.

En effet, le diamètre de la constriction apicale diminue avec l'âge pouvant rendre l'exploration initiale plus difficile [46] [18]. La constriction ne se trouve pas toujours directement à l'apex, la distance entre ces deux structures pouvant aller jusqu'à 0,9mm [15] .

Au cours des différentes études [15] [53], il a été mis en évidence que la morphologie était également variable. La constriction apicale ne présente pas une seule forme, mais plusieurs formes qui surviennent à des fréquences plus ou moins différentes.

2.4.1 Les 4 types de constriction apicales

L'une des premières études à avoir mis en évidence ces différents types de constriction apicales a été celle de Dummer. Il a décrit 4 types de constriction apicales [15] (Fig. 5) :

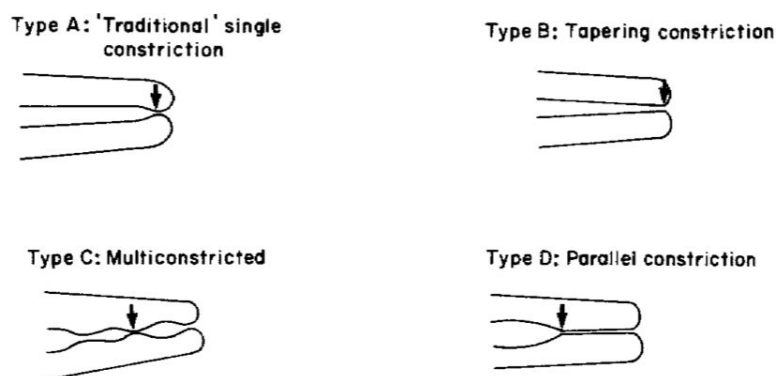


Figure 5. Les 4 types de constriction apicales selon Dummer [15]

- Le type A qualifié de traditionnelle, est la forme la plus fréquente, observé dans 46% des cas.
- Le type B est une forme effilée rencontré dans 30% des canaux et surtout observé au niveau des incisives mandibulaires.
- Le type C caractérise les constrictions multiples. Elles sont source d'erreurs, rencontrées dans 19% des cas.
- Rencontrer dans 5% des cas, le type D correspond aux constrictions parallèles. Ce sont les canaux dont la constriction s'observe plus en deçà de l'apex et se poursuivent jusqu'au cône cémentaire par une portion étroite et parallèle du canal.

L'arrivée de la micro-tomographie a permis de mieux étudier la constriction apicale. Selon la méthodologie employée, les résultats obtenus sont inconstants. Certains auteurs obtiennent des résultats où la constriction apicale est absente dans 65% des cas étudiés [53] alors que d'autre auteurs la retrouvent dans 100% des cas [18].

Cependant la plupart des études sont en accord avec l'étude de Dummer sur l'existence de plusieurs types de constrictions apicales. D'autres formes supplémentaires telle que les formes dégressives ou les deltas apicaux ont été observées. Les différentes constrictions apicales peuvent être rencontrées avec des proportions différentes. Le type parallèle a été observé dans des proportions allant de 35% à 76% [18] [53]. Tandis la forme dite traditionnelle n'a été rencontrée que dans des proportions de 19% à 21% [53] [12].

Les différentes formes de constrictions peuvent rendre délicate la détermination de la longueur de travail ce qui peut induire le praticien en erreur. La jonction cémento-dentinaire ne pouvant être localisée cliniquement, différents dispositifs tels que la radiographie et les localisateurs d'apex électroniques ont été développés.

3 Détermination de la longueur de travail

3.1 Définition de la longueur de travail

La longueur de travail est la distance allant d'un point de repère coronaire de référence jusqu'au point où la préparation et l'obturation canalaire devraient s'arrêter, point qui devrait idéalement être la jonction cémento-dentinaire.

Sa détermination précise a pour but d'amener instruments de nettoyage, solutions d'irrigation et matériaux d'obturation jusqu'aux limites de l'endodonte. Des auteurs ont montré qu'une longueur d'obturation adéquate avait un taux de guérison significativement plus élevé qu'une obturation dont la longueur était inadaptée. [63]

Pour Williams, une longueur de travail dépassant le foramen mineur peut entraîner une douleur post-opératoire et un échec à long terme. A l'inverse, les longueurs de travail n'atteignant pas le foramen mineur sont susceptibles de provoquer un nettoyage inadéquat du canal et sa sous-obturation. [85]

3.2 Rôle de l'imagerie en endodontie

La radiographie est un élément indispensable à toutes les étapes de l'endodontie. Elle est essentielle au diagnostic précoce des pathologies odontogènes et non-odontogènes. La radiographie nous renseigne sur l'anatomie canalaire avant le traitement, nous guide lors de l'instrumentation et de l'obturation finale du canal ainsi que dans l'évaluation de la cicatrisation. [82]

3.2.1 La radiographie rétro-alvéolaire

La radiographie rétro-alvéolaire est une technique très utilisée pour la détermination de la longueur de travail en endodontie.

L'utilisation de la radiographie pour déterminer la longueur de travail nécessite l'obtention de clichés présentant le moins de déformations possibles. L'emploi de différentes incidences permet au praticien de rassembler un maximum d'information à partir de ces radiographies.

3.2.1.1 Incidence radiographique

3.2.1.1.1 Plans bissecteurs

La technique des plans bissecteurs a été très longtemps utilisée pour déterminer la longueur de travail. L'emploi de cette technique nécessite de placer le tube radiographique perpendiculaire à la bissectrice de l'angle formé par l'axe de la dent et le plan du film (Fig. 6) [40].

Cependant cette technique est difficile à réaliser et les clichés obtenus ne sont pas très fiables à cause des déformations de l'image obtenue, de l'anatomie complexe de la dent et la superposition avec les structures environnantes. [47]

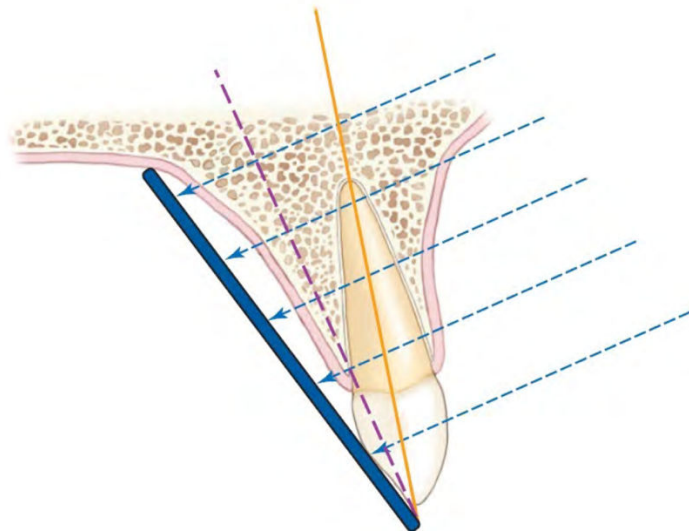


Figure 6. La technique bissectrice donne des clichés avec une déformation [83]

3.2.1.1.2 Plan parallèles

Les difficultés rencontrées avec la technique bissectrice à entraîner le développement de la technique des plans parallèles. Ici, le grand axe de la dent et le film sont parallèles et le tube radiographique envoie des rayons X perpendiculaire à la fois à la dent et au capteur (Fig. 7) [25].

L'emploi de cette technique nécessite un angulateur afin de reproduire et standardiser la prise du cliché. L'image obtenue est ainsi dépourvue d'un maximum de déformations et d'agrandissement. Elle permet une prise de mesures relativement précises, à condition que le

film n'ait pas été déformé en bouche [74].

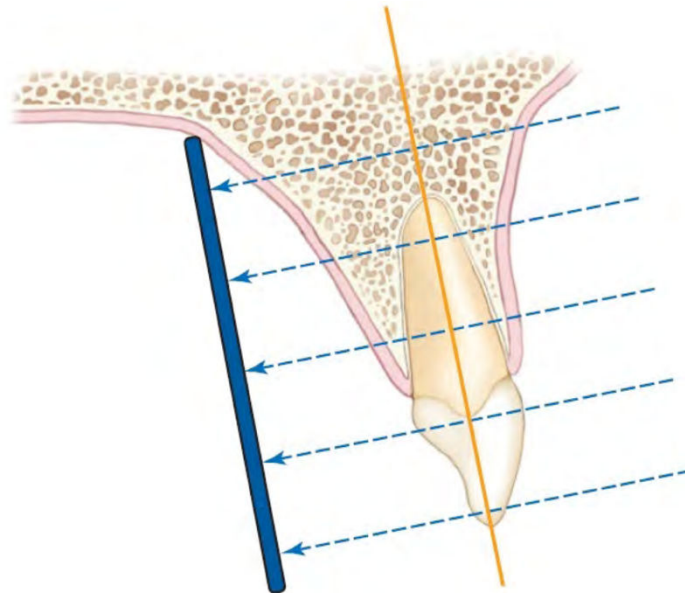


Figure 7. La technique parallèle offre des clichés avec le moins de déformations [83]

3.2.1.1.3 Incidences obliques

La radiographie rétro-alvéolaire est une image en deux dimensions d'une structure en trois dimensions. La superposition des différentes structures et notamment des canaux est inévitable.

L'utilisation d'incidence oblique permet de contourner le problème des canaux superposés. Pour cela, il faut décaler le tube radiogène de 15° à 20° mésialement ou distalement, les canaux deviennent ainsi différenciables [58]. Lors d'une incidence mésiale, le canal le plus vestibulaire est celui qui est le plus proche du bord distal de la radiographie. Une courbure apicale invisible en incidence centrée pourra être aperçue lors d'une incidence oblique.

3.2.1.2 Détermination radiographique de la longueur de travail

La détermination de la longueur de travail va nécessiter la réalisation de clichés pré, per et post-opératoires.

Le premier cliché pré-opératoire va nous permettre de réaliser une première estimation de la longueur de travail. Cependant, cette mesure pré-opératoire peut être potentiellement

erronée. En effet, la radiographie tient compte des courbures mésiales et distales mais pas des courbures vestibulaires et linguales [65].

Au cours du traitement, plusieurs clichés per-opératoires [65] peuvent être réalisés. Le premier cliché est un cliché lime en place dont la longueur précédemment obtenue a été reportée sur une lime. Un ajustement de cette longueur se fera en l'augmentant ou en la diminuant, selon que la pointe de l'instrument se trouve en deçà ou au-delà de l'apex, en gardant une marge de sécurité d'un demi-millimètre.

On obtient alors la longueur de travail. Cette longueur va garantir le débridement du contenu intra-canalair jusqu'à l'extrémité apicale sans irriter le péri-apex. Une radiographie cône en place pourra être réalisée afin de vérifier l'ajustage correct du maître cône.

La radiographie post-opératoire réalisée immédiatement après l'obturation permet d'évaluer la condensation et le confinement du matériau d'obturation au sein du canal radiculaire. Dans le cas d'une lésion péri-apicale, ce cliché nous renseignera sur la cicatrisation apicale à long terme.

3.2.1.3 Limites de la technique radiographique

Malgré de nombreuses applications en endodontie, la radiographie rétro-alvéolaire possède de nombreux défauts.

La superposition des structures limite la description de l'anatomie en trois dimensions. Les films conventionnels et les capteurs numériques délivrent une quantité d'informations relativement limitée. Quelques facteurs peuvent diminuer la qualité du diagnostic pour la radiographie conventionnelle [16] :

- la compression des structures en trois dimensions,
- la distorsion géométrique,
- le bruit anatomique.

3.2.1.3.1 La compression des structures en 3 dimensions

La radiographie conventionnelle comprime des structures tridimensionnelles en une

image bidimensionnelle. On obtient une bonne vision de l'anatomie dans le plan mésio-distal mais une faible appréciation dans le plan vestibulo-linguale.

La compression de l'anatomie tridimensionnelle associée à la radiographie rétro-alvéolaire empêche la bonne appréciation des rapports anatomiques environnants avec la racine de la dent observée. Les particularités anatomiques et les lésions dentaires (résorptions) ainsi que les erreurs opératoires peuvent ne pas être détectées si une imagerie plus précise n'est pas utilisée. Par conséquent, des erreurs de diagnostic peuvent survenir (Fig. 8) [41].

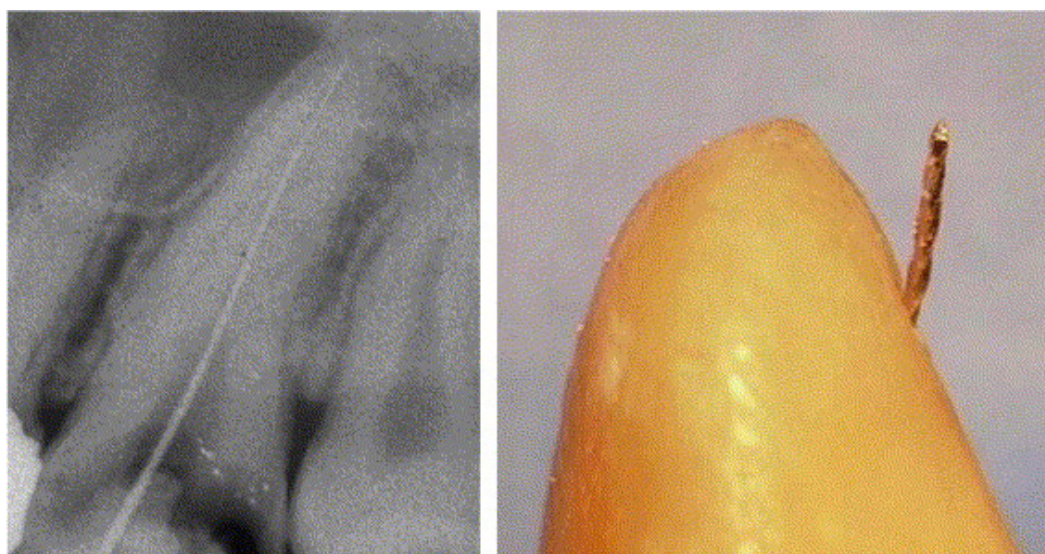


Figure 8. Malgré un cliché lime en place correct, l'extraction de cette molaire montre que la lime est allée au-delà de l'apex [85]

L'utilisation de différentes incidences radiographiques sur la zone d'intérêt contribue à améliorer la profondeur de perception et de mieux déterminer la relation spatiale entre les structures dentaires et osseuses.

Plusieurs clichés intra-oraux pris avec des angulations différentes peuvent être essentiels pour apercevoir les différentes structures anatomiques. Il convient de noter que l'identification de toutes les variétés anatomiques ou affections péri-apicales n'est pas garantie par la prise de plusieurs clichés intra-oraux [41].

3.2.1.3.2 La distorsion géométrique

Les radiographies intra-orales ne reproduisent pas toujours la zone d'intérêt avec exactitude. La technique des plans parallèles fournit une représentation géométrique plus

précise qu'avec la technique des plans bissecteurs.

Cependant, les limites anatomiques de la cavité buccale ne permettent pas toujours l'utilisation d'un angulateur. Même lorsque la technique des plans parallèles est parfaitement réalisée, on peut s'attendre à un agrandissement minimum de 5% de l'image finale [16].

La technique des plans parallèles peut être réalisée sur des dents possédant une racine relativement droite (comme les incisives ou les prémolaires). Cependant les racines des molaires peuvent présenter différentes courbures. Dans ces situations, il est impossible d'éliminer totalement la distorsion géométrique et le grossissement.

Les racines divergentes (particulièrement au maxillaire postérieur) ne seront pas représentées avec une précision en réalisant un seul cliché radiographique en raison des divers degrés de distorsion.

3.2.1.3.3 Le bruit anatomique

L'anatomie projetée sur la zone d'intérêt peut nuire à la visualisation et compliquer l'interprétation de la radiographie.

Les particularités anatomiques telles que l'épaisseur d'os spongieux, la corticale osseuse, la relation entre les apex radiculaires et leur environnement peut entraîner des difficultés d'interprétations. Ces éléments peuvent obscurcir la zone d'intérêt. Cela inclut les structures radio-claires (foramen incisif, sinus maxillaire) ou radio-opaques (processus zygomatique) (Fig. 9) [16] [41].

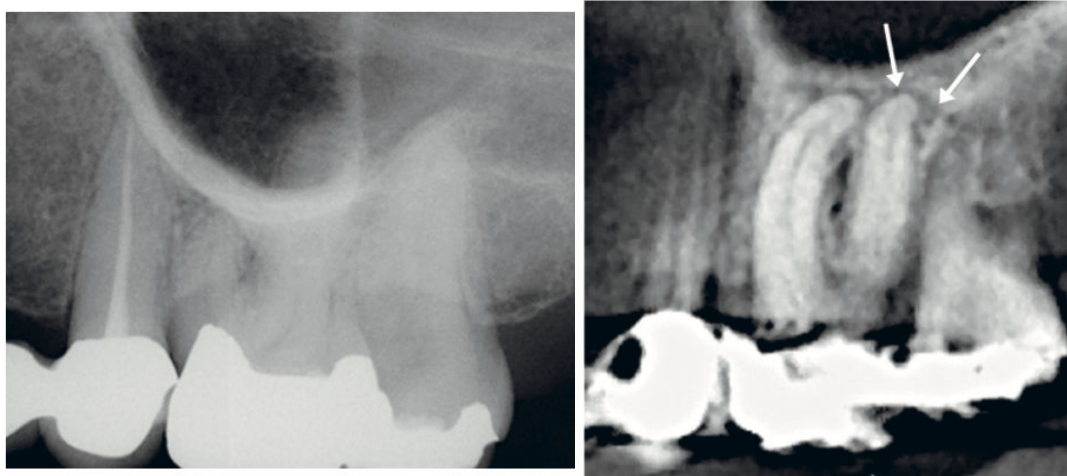


Figure 9. Sur cette radiographie, la superposition de la première molaire maxillaire gauche symptomatique avec le processus zygomatique empêche la mise en évidence d'une radio-clarté. La réalisation d'un CBCT a permis d'observer cette radio-clarté [16]

Lors de la radiographie per-opératoire avec les limes en place, les bruits anatomiques peuvent gêner l'interprétation et entraîner des erreurs de mesures de longueur de travail.

3.2.1.4 Point de vue médico-légal

Au niveau médico-légal, la Haute Autorité de Santé (HAS) recommande au praticien de réaliser au moins trois radiographies rétro-alvéolaire : pré-opératoire, per-opératoire, post-opératoire [33].

Un traitement endodontique réalisé avec uniquement la radiographie pour déterminer la longueur de travail peut requérir un nombre important de clichés. Cependant la législation tout en imposant trois clichés médico-légaux incitent les praticiens à utiliser une technique alternative à la radiographie aussi souvent que possible.

L'ordonnance du 28 mars 2001 [56], relative à la transposition de directives communautaires dans le domaine de la protection contre les rayonnements ionisants, indique que « l'exposition des personnes aux rayonnements ionisants doit être maintenue au niveau le plus faible qu'il est raisonnablement possible d'atteindre compte tenu de l'état des techniques, des facteurs économiques et de l'objectif médical recherché. »

Dans son rapport d'évaluation concernant l'endodontie de septembre 2008 [33], la HAS préconise de réduire le nombre de clichés par l'utilisation de localisateurs d'apex

électroniques.

3.2.1.5 Radiographie rétro-alvéolaire et localisateur d'apex électronique

Les limites de la radiographie conventionnelle posant problème, la détermination électronique de la longueur de travail est devenue de plus en plus populaire car elle élimine bon nombre des problèmes associés aux méthodes radiographiques. Son avantage le plus important par rapport à la méthode radiographique est que le localisateur d'apex électronique peut mesurer la longueur radiculaire jusqu'à la fin de la jonction cémento-dentinaire. Il est plus précis, facile et rapide, sans exigences d'exposition aux rayons X mais son exactitude est influencée par l'état du canal, et la mesure est moins précise dans les cas d'apex ouverts et de canaux calcifiés.

L'étude de Hassanien [32] a montré que le localisateur donnait des mesures plus proches de la jonction cémento-dentinaire. Tandis que la radiographie fournissait des longueurs plus proches de la constriction apicale.

Avec une longueur de travail obtenue grâce à la radiographie, El Ayouti et coll. [20] ont observé une sur-instrumentation plus fréquente au niveau prémolaire (51%) et au niveau molaire (22%). Les racines palatines et mésio-vestibulaire des molaires maxillaires ont tendance à fournir des mesures radiographiques plus inexactes que les racines des autres molaires.

Différentes études ont comparé la détermination de la longueur de travail avec la radiographie et avec un localisateur d'apex électronique. Il en a été conclu que les méthodes électroniques (86,7%) sont plus précises que les méthodes radiographiques (76,6%) [66].

3.2.2 « Cone-beam computed tomography » (CBCT)

La capacité de l'imagerie à fournir la bonne information sur la dent et son environnement participe grandement au succès du traitement endodontique. La radiographie conventionnelle, malgré ses limites inhérentes, reste le système d'imagerie par défaut dans le domaine. Cependant, le développement de la tomodensitométrie à faisceau conique (CBCT) a mis en évidence les insuffisances de la radiographie conventionnelle lors de l'exploration anatomique.

Le CBCT est une technique d'imagerie tridimensionnelle de diagnostic spécifiquement utilisé pour l'exploration du squelette maxillo-faciale. Développée à partir du CT scan, son utilisation est toutefois optimisée pour l'imagerie dentaire (Fig. 10).

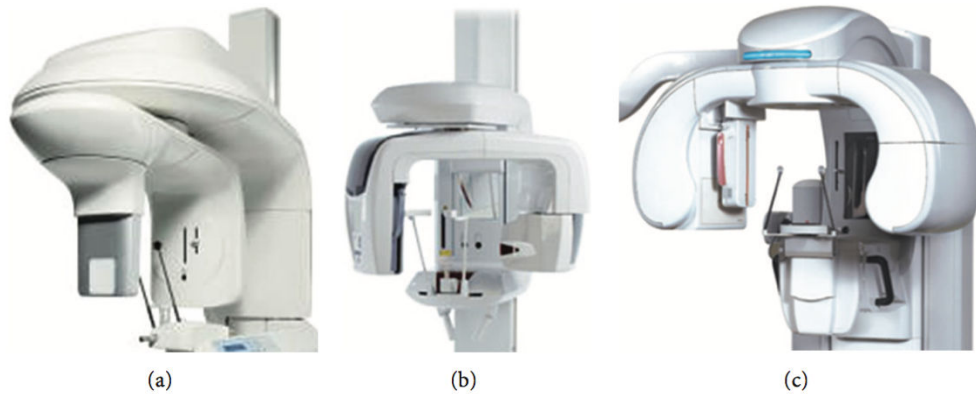


Figure 10. Exemples de CBCT. (a) KODAK Dental Imaging 9000 3D, (b) Veraviewepocs 3D, (c) Picasso Trio [65]

Il se compose d'une source de rayons X et d'un capteur monté sur un portique rotatif. Un faisceau de rayon X en forme de cône est émis et dirigé sur la zone d'intérêt. Lors de l'acquisition, l'ensemble faisceau et capteur effectuent une rotation de 180° à 360° autour de la tête du patient, en un seul balayage. Le temps de balayage est généralement compris entre 10 et 40 secondes. Cependant, de nombreux systèmes utilisent un faisceau pulsé réduisant le temps d'exposition entre 2 et 5 secondes [16].

De nombreuses images sont alors produites au cours de l'acquisition. Ces images sont ensuite assemblées à l'aide d'un logiciel afin de produire un volume cylindrique ou sphérique, appelés « Field of View » (FOV). Ce volume n'est plus constitué de pixels mais de voxels [16].

Le CBCT, plus simple d'utilisation que le CT scan, amène un changement fondamental dans le diagnostic et la prise en charge des difficultés endodontiques.

3.2.2.1 Avantages du Cone beam

Par rapport à la radiographie conventionnelle, le CBCT produit une image tridimensionnelle permettant une meilleure compréhension de l'anatomie maxillo-faciale ainsi

que des dents et de leur environnement.

Comme l'acquisition produit des données volumétriques de hautes résolutions et qu'elles sont affichées comme des images interactives, le CBCT offre au praticien une visualisation inégalée des relations et des limites souvent complexes entre les dents et leur environnement anatomique. Les images obtenues étant géométriquement précises, les mesures effectuées sur l'écran sont alors exemptes de distorsion [41].

La plus grande utilité du CBCT en endodontie est sa capacité à produire des images en trois dimensions fidèles permettant d'appréhender les éventuelles difficultés.

3.2.2.2 Applications en endodontie

Le CBCT fournissant des images en trois dimensions, les bénéfices en endodontie sont donc vastes. Cette technique d'imagerie s'est montrée supérieure à la radiographie rétro-alvéolaire dans la détection des lésions péri-apicales [49]. Elle permet une meilleure planification des chirurgies endodontiques, d'améliorer la prise en charge des traumatismes dentaires [2]. Le CBCT s'est également montré d'une aide précieuse dans l'exploration de l'anatomie canalaire.

3.2.2.2.1 L'exploration de la morphologie et de l'anatomie radiculaire

Le succès du traitement endodontique dépend de l'identification, du nettoyage, de la mise en forme et de l'obturation de toutes les zones accessibles du système canalaire. En conséquence, le fait de ne pas distinguer ou de ne pas traiter tous les canaux peut affecter négativement le résultat du traitement. Par exemple, la détection d'un deuxième canal mésio-vestibulaire (MV2) sur les premières molaires maxillaires est de 69% à 93% selon la méthode utilisée (Fig. 11) [65].

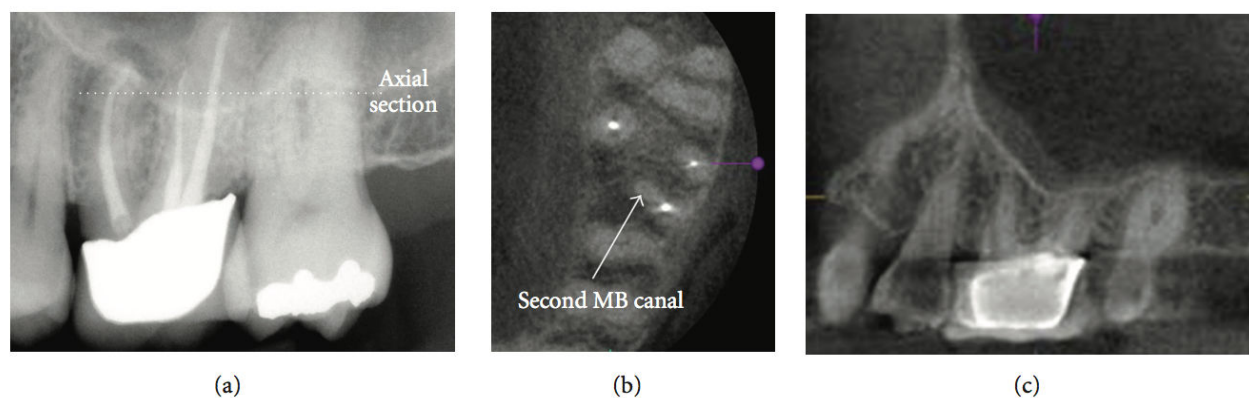


Figure 11. Présence d'un canal 2ème mésio-vestibulaire non traité, non visible sur la radiographie rétro-alvéolaire. Le CBCT a permis de mettre en évidence ce canal non traité [65]

A cause de la superposition des structures anatomiques, la radiographie rétro-alvéolaire ne permet pas de toujours détecter toutes les variations anatomiques [2] [6]. Ramamurthy et coll. [62] ont montré que la radiographie conventionnelle ne révèle le MV2 que dans 55% des cas. Avec le CBCT, la détection peut aller jusqu'à 93% [65].

Matherne et coll. [52] ont montré à l'aide d'un modèle humain *ex vivo* la supériorité du CBCT par rapport à la radiographie conventionnelle pour détecter la présence de canaux supplémentaires.

En pré-opératoire, le CBCT est un outil fiable pour évaluer les morphologies canalaire anormales comme les dents invaginées, les dents fusionnées ou bien un nombre anormalement élevés canaux [2] [81]. De plus, la tomodensitométrie à faisceau conique permet d'évaluer avec précision le degré de courbures des racines [16]. Ces informations permettront une meilleure planification du traitement afin de limiter les complications per et post opératoires.

3.2.2.3 Limites du CBCT

Malgré ses applications en endodontie, le CBCT possède une résolution spatiale et un contraste inférieur à la radiographie conventionnelle [41].

Lors de l'acquisition de l'image, les artefacts radiographiques sont possibles. Lorsque le faisceau de rayon X du CBCT rencontre un objet de très haute densité, comme l'émail ou les restaurations métalliques, il en résulte une augmentation de l'énergie moyenne du faisceau. C'est ce que l'on appelle le durcissement du faisceau [41].

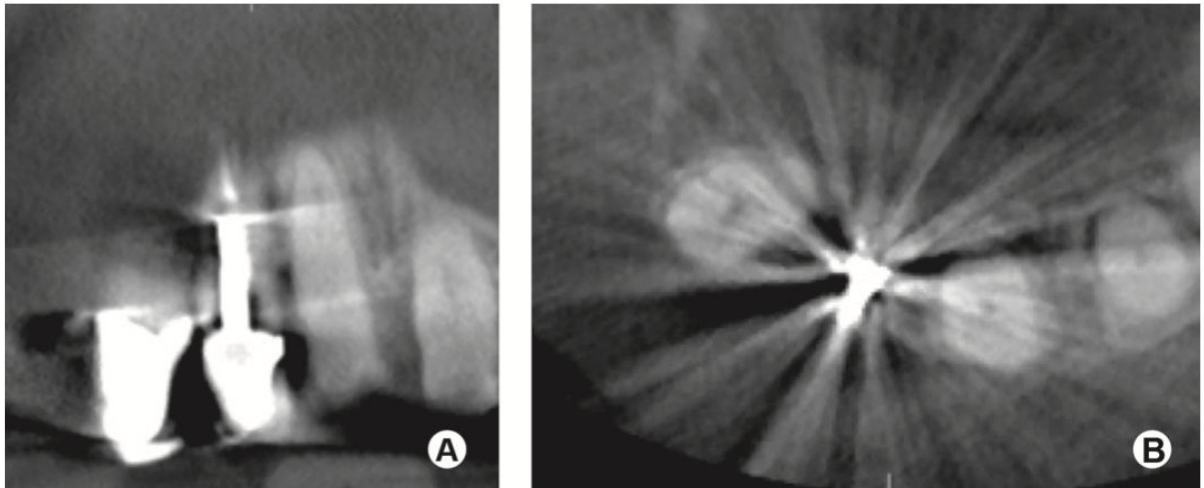


Figure 12. Coupe axiale et coronaire d'un CBCT à travers une incisives centrale maxillaire gauche avec un ancrage et une couronne. Le durcissement du faisceau causé par la restauration métallique entraîne l'apparition de stries et de bandes [16].

Ce phénomène produit 2 types d'artéfacts (Fig. 12) pouvant réduire la précision du diagnostic [65] :

- La distorsion des structures métalliques, appelée « artefact d'écrasement »
- L'apparition de stries et bandes sombres entre 2 structures denses.

Les mouvements du patient peuvent également affecter la netteté de l'image lors du balayage

En pratique, l'utilisation de petits champs peut fournir des images plus claires, cela permet d'éviter le balayage de structures en dehors la zone d'intérêt susceptibles de durcir le faisceau (restaurations métalliques, implants dentaires par exemple).

De plus, la dose de rayonnement délivrée lors de la réalisation d'un CBCT est supérieure à celle délivrée par la radiographie rétro-alvéolaire (de 11 à 674 μSv pour le CBCT et $< 1,5 \mu\text{Sv}$ pour la RA) [81]. Hors la dose de rayonnement doit être aussi basse que possible. Le bénéfice apporté par la réalisation d'un CBCT sur un patient doit donc l'emporter sur les risques potentiels.

A l'heure actuelle, l'utilisation du CBCT est plus orientée vers le diagnostic pré-opératoire et vers la gestion de cas endodontiques complexes là où la radiographie rétro-alvéolaire est insuffisante.

Le CBCT étant une technique plus coûteuse et moins disponible que les méthodes conventionnelles, l'emploi d'un localisateur électronique d'apex est très utile dans ce cas pour

estimer les longueurs de travail.

4 Les localisateurs d'apex associés à un moteur d'endodontie

4.1 *Historique et principe des localisateurs d'apex électroniques*

La radiographie rétro-alvéolaire montrant certaines limites pour déterminer la longueur de travail, une autre méthode basée sur de faibles courants traversant la dent a été développée.

4.1.1 Les localisateurs d'apex électroniques utilisant la résistance

En 1918, Custer [13] a été l'un des précurseurs dans le développement des localisateurs d'apex électroniques. Au cours de son étude, il a observé que lorsqu'une tension est appliquée entre une lime insérée dans la pulpe dentaire et une électrode placée dans l'alvéole, la conductivité augmente quand la lime s'approche du foramen apical.

Suite à ces observations, il en a déduit que la conductivité électrique des tissus péri-apicaux était plus grande que la conductivité au sein du système canalaire et que cela pourrait être une méthode fiable pour détecter le foramen apical.

Par la suite, Suzuki [55] a démontré dans son étude sur l'iontophorèse que la résistance entre un instrument inséré dans un canal et un électrode posé sur la muqueuse orale avait des valeurs constantes.

A l'aide des recherches de Suzuki, Sunada [71] en 1962 a mesuré la valeur de la résistance entre un instrument canalaire au foramen apical et la muqueuse orale. La résistance était égale à 6,5 k Ω . Il a également remarqué que la valeur de la résistance en cas de perforation était égale à la valeur à l'apex et que l'âge, la forme ou le diamètre du canal n'avait aucune influence.

A partir des travaux de Sunada, un modèle de résistance de la dent a été mis au point. Ce modèle électrique peut être représenté par le circuit électrique suivant [55] :

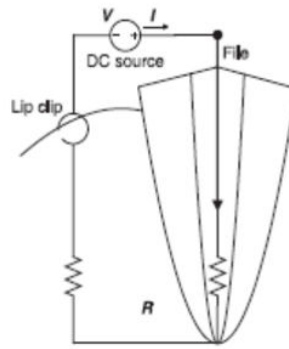


Figure 13. Modèle de circuit utilisé pour les localisateurs utilisant la résistance [55]

Le ciment et la dentine sont considérés comme des isolants électriques tandis que la pulpe et le ligament parodontal sont comme des conducteurs.

Quelques localisateurs d'apex électroniques ont alors été développés en utilisant ce circuit comme par exemple l'Endometer [55]. Cependant, l'utilisation de ce type de localisateur nécessitait de contrôler le contenu canalaire. La précision était affectée par la présence d'électrolytes, de sang, de pus ou de tissus pulpaire au sein du canal [70] [40]. De plus, des douleurs ont été constatées lors de l'utilisation de courant continu [41].

4.1.2 Les localisateurs d'apex électroniques utilisant l'impédance

Afin de d'éviter les dommages causés aux tissus par le courant continu, il a alors été proposé d'utiliser le courant alternatif. L'utilisation du courant alternatif a permis de remédier aux douleurs et d'introduire une nouvelle composante qui est l'impédance [55].

L'impédance est la quantité d'opposition que va fournir un circuit électrique au passage d'un courant alternatif. Lorsqu'une lime endodontique est insérée dans une canal, l'impédance va chuter à l'approche de l'apex.

Plusieurs localisateurs d'apex électroniques ont été développés comme le SonoExplorer Mark III et l'Endocater [35] [26]. Cependant ces appareils perdaient également en précision en fonction de l'électrolyte présent dans le canal et nécessitaient une calibration avant chaque utilisation [55] [41] [35] [26].

4.1.3 Les localisateurs d'apex électronique utilisant plusieurs fréquences.

Dans l'objectif d'améliorer la précision de ces appareils, un nouveau type de localisateur utilisant plusieurs fréquences a été développé au début des années 1990. Ces nouveaux dispositifs mesuraient l'impédance de deux fréquences différentes. Yamashita et Kobayashi ont proposé deux approches différentes.

Yamashita [42] a proposé de calculer la différence de deux impédances à deux fréquences différentes. L'Endex mesurait la différence d'impédance à des fréquences de 1 et 5 kHz, la précision de cette appareil n'était pas affectée par le contenu canalaire cependant une calibration était nécessaire entre chaque canal.

Quand à Kobayashi en 1994 [43], il a proposé de mesurer les impédances de deux fréquences différentes et d'en calculer le ratio. L'appareil développé par Kobayashi et commercialisé sous le nom de Root ZX mesure donc l'impédance de deux fréquences de 8 kHz et 0,4 kHz. Lorsque la lime est à distance du foramen apicale, le ratio est proche de 1. A l'approche du foramen apical, 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. Cette chute du ratio traduit la position de la lime au sein du canal. De plus, selon Kobayashi [43], le ratio n'est pas affecté la présence d'électrolyte au sein du canal.

En 1997, après le développement des instruments en NiTi et de la rotation continue, Kobayashi [44] a développé un dispositif associant le Root ZX et un moteur d'endodontie afin de faciliter la préparation canalaire. Cet appareil est commercialisé sous le nom de Tri Auto ZX.

4.2 Présentation des appareils

Ces appareils sont des moteurs destinés à la préparation endodontique des canaux et associés à un localisateur d'apex électronique intégré. Ces outils permettent d'utiliser de manière combinée un localisateur d'apex et un contre-angle d'endodontie.

On obtient un monitoring de la longueur de travail au cours de la préparation

canalaire. En effet, tous ces appareils possèdent un écran affichant diverses informations. Sur cette écran, on pourra trouver une représentation schématique du tiers apical de la dent. La progression de la lime sera signalée au niveau du tiers apical grâce à un signal sonore et plusieurs diodes.

Par exemple pour le Gold Reciproc (Fig. 14) [80], la progression de la lime au sein du canal est affichée à l'aide de 8 LED :

- 3 LED bleu pour la zone coronale-médiane
- 3 LED verte et 1 LED orange qui correspondent à la constriction apicale jusqu'au foramen
- 1 LED rouge qui témoigne d'un dépassement du foramen apical ou d'un sur-instrumentation



Figure 14. Gold Reciproc de VDW [80]

De plus, la plupart des appareils émettent un signal sonore dont la fréquence augmentera à l'approche de l'apex jusqu'à devenir continu en cas de dépassement.

L'avantage d'une utilisation combinée du contre angle et du localisateur d'apex est l'emploi de la fonction « auto apical reverse ». Cette fonction, lorsqu'elle est activée, permet un arrêt et une rotation inverse automatique de l'instrument à l'apex. La distance à laquelle l'instrument doit s'arrêter peut-être programmée de -2mm à 0mm, soit à l'apex [54]. Ces appareils permettent également de déterminer la longueur de travail comme un simple

localisateur d'apex à l'aide d'une lime manuelle.

4.3 Précautions d'utilisation

4.3.1 Facteur influençant la mesure canalaire

Les localisateurs d'apex électroniques, dans certaines situations, peuvent soit détecter l'apex de manière précoce, soit ne donner aucun signal.

Lorsque le localisateur détecte l'apex de manière précoce, cela peut être causé [42] [17] [27] [34] [14] :

- par un excès de sang, de solutions irrigations dans la chambre pulpaire,
- la présence de restauration métallique ou de caries sous gingivales qui entraîne un court circuit au niveau coronaire,
- lors d'une perforation canalaire,
- lorsque le diamètre du foramen apical est important.

Dans ce cas pour améliorer le fonctionnement du localisateur, il sera nécessaire [42] [17] [27] [34]:

- déposer les restaurations métalliques,
- d'utiliser un champ opératoire type digue afin d'éviter la présence de salive,
- d'enlever l'excès d'irrigants dans la chambre pulpaire,
- d'utiliser une lime de diamètre adapté au diamètre du foramen apical.

L'absence de signal lors de l'utilisation d'un localisateur électronique d'apex peut être causé [42] [27] [79]:

- par un canal calcifié ou obstrué. L'obstruction canalaire, par exemple par des débris de dentine, peuvent entraîner une interruption du circuit électrique empêchant la localisation de l'apex,
- par un canal extrêmement sec ce qui empêche le passage du courant.

Il conviendra alors [42] [27] [79]:

- d'effectuer un cathétérisme afin d'obtenir la perméabilité canalaire,
- d'irriguer légèrement le canal tout en éliminant les excès.

4.3.2 « Pacemaker »

De nos jours, environ 3 millions de personnes dans le monde portent des « pacemakers » et chaque année, environ 600 000 stimulateurs cardiaques sont implantés.

Actuellement, de nombreux manuels d'instructions recommandent de ne pas utiliser de localisateur électronique d'apex chez les patients porteurs d'un « pacemaker ». Ces recommandations sont basées sur un risque potentiel d'interférences électromagnétiques.

Cependant, l'utilisation toujours plus répandue des stimulateurs cardiaques implantés (SCI) est une cause de préoccupation par rapport à l'utilisation des localisateurs d'apex électroniques. Les interférences électromagnétiques peuvent entraîner un dysfonctionnement de l'appareil, ce qui entraîne un préjudice pour le patient.

Les premiers « pacemakers » fabriqués avant 1975 [68] utilisaient des composants électroniques encapsulés dans un boîtier époxy. Ce boîtier procurait une faible protection contre les interférences électromagnétiques. De nombreuses évolutions ont été réalisées au cours des dernières décennies, les SCI modernes possèdent une boîtier en acier inoxydable ou en titane. De plus, ils contiennent des conducteurs bipolaires et des condensateurs qui filtrent efficacement les interférences électromagnétiques.

Les localisateurs d'apex utilisant les résistance électriques (courant continu) pouvaient reprogrammer de manière inappropriée le dispositif cardiaque. L'énergie électrique produite pouvait se propager le long des fils vers le cœur et provoquer une fibrillation ventriculaire ou auriculaire. Ce type de localisateurs d'apex électroniques ne sont pas recommandés chez les patients avec un SCI.

Gomez et coll. [29] ont montré la présence d'interférence magnétique uniquement lorsque le localisateur était directement connecté avec le « pacemaker ». Hors cette situation est impossible au niveau clinique car le circuit électrique produit par le localisateur est confiné à la région de la tête, à environ 25,5-30,5cm du cœur. De plus, les champs électromagnétiques diminuent inversement de la distance de la source. De plus, plusieurs études [68] [29] ont montré que l'utilisation d'un localisateur d'apex n'entraînait aucune interférence avec un pacemaker. Par conséquent, il est conseillé de maintenir le localisateur à plus 10-15cm de distance avec le « pacemaker ».

4.4 Intérêt des localisateurs d'apex associés à un moteur d'endodontie

4.4.1 Contrôle permanent de la longueur de travail

4.4.1.1 Causes d'une mauvaise longueur de travail

La longueur de travail est couramment obtenue à partir de la méthode radiographie ou à l'aide d'un localisateur d'apex. Ces deux techniques reposent sur l'ajustement et la lecture de la longueur au moyen d'une lime. Cela se fait en ajustant un stop en silicone sur repère coronaire et en mesurant la distance entre ce stop et la pointe de la lime avec une réglette [19].

Au cours de cette procédure, des erreurs de mesure [19] peuvent survenir à cause de :

- ajustement inexact du stop sur le repère de référence,
- mouvement du stop au cours de la procédure,
- manque de parallélisme entre le grand axe de la lime et la réglette,
- mauvaise lecture de la longueur.

Lorsque la mesure est effectuée sur une image digitale, les retouches de l'image et l'identification de la longueur de travail sur l'écran sont une autre source d'erreur.

Cliniquement, ces erreurs de procédures peuvent être réduites en adoptant des techniques pour minimiser l'imprécision, par exemple, en utilisant un point de référence coronaire définitif, en utilisant un stop en silicone stable et en prenant une moyenne des différentes mesures.

Dans l'étude d'ElAyouti et coll. [19], les auteurs ont comparé la répétabilité de mesure sur un modèle monté standardisé et une méthode de mesure visuelle conventionnelle. La méthode visuelle avait une moins bonne répétabilité que la mesure sur un modèle standardisé. Ces erreurs sur la méthode visuelle étaient majoritairement dû à des erreurs de procédures comme un mauvais ajustement ou une mauvaise lecture de la longueur sur la lime.

4.4.1.2 Conséquences d'une mauvaise longueur de travail

Une mauvaise détermination de la longueur de travail peut affecter la cicatrisation post-traitement endodontique. Une étude récente [48] a démontré que la réussite d'un traitement endodontique était principalement dû à l'absence de contamination bactérienne et à

l'élimination suffisante du tissu nécrotique. Il a également été conclu que la réduction de la charge bactérienne était fortement influencée par une détermination précise de la longueur de travail.

Une sous-instrumentation, soit une limite apicale bien trop coronaire par rapport à la constriction apicale, entraînera la persistance de tissus pulpaire, de tissus nécrotiques, à un espace vide dans la zone apicale. Cela peut amener à une inflammation des tissus péri-apicaux et provoquer une parodontie apicale. Des taux de réussites nettement inférieurs ont été observés lors d'une sous-instrumentation, notamment dans le cas d'une parodontite apicale, par rapport au cas où la longueur de travail était atteinte [3].

D'autre part, la sur-instrumentation provoque une rupture de la constriction apicale, l'extrusion de débris au-delà de l'apex et une absence de stop apical. Ainsi un moment de l'obturation, on augmente le risque de sur-obturation et de sur-extension. Dans le 1^{er} cas, des douleurs post-opératoires peuvent survenir mais l'intégralité du système canalaire est obturé. Il s'agit d'un dépassement de ciment. Dans le deuxième cas, l'obturation apicale n'est pas étanche et le cône de gutta-percha provoque une inflammation persistante du péri-apex pouvant évoluer vers un échec de traitement.

L'utilisation de dispositifs intégrant un localisateur d'apex et une pièce à main d'endodontie permettraient un monitoring permanent de la longueur de travail sans craindre de sur-instrumentation.

Ces appareils permettent de stopper la rotation de la lime en NiTi à un point estimé comme étant l'apex. En cela, les localisateurs d'apex intégrés à un moteur d'endodontie éliminent la nécessité de maintenir la longueur de travail avec plusieurs limes et la nécessité d'un point de référence sur la dent [3].

Cependant l'utilisation de la rotation continue génère une accumulation de débris dentinaires qui est susceptible de modifier la conductivité électrique du canal et de compromettre la précision du localisateur d'apex [21]. Une évaluation de la fiabilité de ces appareils est donc nécessaire.

5 Fiabilité des localisateurs d'apex associés à un moteur d'endodontie

5.1 *Le Tri Auto ZX et le Root ZX II*

5.1.1 Le Root ZX

Le Root ZX est un localisateur de troisième génération, mesurant simultanément l'impédance de 2 fréquences différentes (0,4 kHz et 8 kHz). Il est devenu le dispositif de référence auquel les autres localisateurs sont comparés. Cet appareil a été testé de manière exhaustive à la fois *in vivo* et *in vitro*. De plus, il a montré une précision de 90-100% dans la détermination de la constriction apicale [72] [73].

Ce localisateur d'apex s'est révélé ne pas être influencé par le contenu canalaire et les solutions d'irrigations. Dans leur étude, Piasecki et coll. [59] ont évalué la précision du Root ZX sur des dents vitales et des dents avec une parodontite apicale. Le foramen apical était localisé avec une marge de +/- 0,5mm à 83% en présence de parodontite apicale et à 100% sur des dents vitales.

Plusieurs études ont cherché à démontrer si la présence de solutions d'irrigation au sein du canal pouvait affecter la précision du Root ZX. Les résultats ont montré que les solutions d'irrigations tel que l'hypochlorite de sodium, l'EDTA ou bien la Chlorhexidine n'affectaient pas de manière significative la précision du localisateur d'apex [61] [9] [36].

5.1.2 Le Tri Auto ZX

Le Tri Auto ZX est une pièce à main sans fil intégrant le Root ZX comme localisateur d'apex et conçue pour la rotation continue avec des instruments en nickel-titane. Cette appareil utilise le ratio d'impédance et ne nécessite pas de calibration car un micro processeur corrige le quotient calculé et affiche la position de la lime sur un petit écran. Sa fonction Auto Apical Reverse (AAR) se déclenche lorsque la pointe de la lime atteint la longueur définie par l'utilisateur. Cette mesure peut être à -0,5 mm, -1, -1,5 ou -2mm du foramen apical. Selon le fabricant, le réglage de la mesure à -0,5 mm correspondrait à la constriction apicale.

5.1.2.1 La fonction AAR du Tri Auto ZX

La précision du Tri Auto ZX a été longtemps étudiée. En effet, une étude datant de 1998 [7] évaluait déjà la fiabilité du dispositif selon la distance d'activation de la fonction auto apical reverse (-0,5, -1, -1,5 ou -2mm). Les résultats de l'époque étaient une faible fiabilité de la fonction AAR lorsqu'elle était fixée à -1mm. De plus, la constriction apicale se trouvait souvent élargie.

Plusieurs études ont testé le fonction AAR à -0,5mm. Genç et coll. [28] ont évalué *in vitro* la capacité de 3 techniques de préparations apicales (rotation manuelle, LightSpeed et S-Apex) à créer un stop apical quand la constriction apicale est détruite. Ainsi la distance moyenne par rapport au foramen mineur était de 0,09mm pour la technique manuelle, 0,41mm pour LightSpeed et 0,68mm pour le S-Apex.

Altenburger et coll. [3] ont évalué la fiabilité du Tri Auto ZX avec 3 systèmes de préparations canalaire, le Protaper, le Mtwo et le Flexmaster. Les résultats de l'étude montrent que les mesures effectuées à +/- 0,5mm du foramen mineur avec le tri auto ZX était de 66,7%. Aucune sur-instrumentation du foramen majeur n'a été observée entre les différents groupes. Cependant, quelques cas ont montré un élargissement de la constriction apicale. La distance moyenne entre la pointe de la lime et le foramen majeur variaient entre 0,72 mm et 0,82 mm et aucune différence significative n'a été mise en évidence entre les différents systèmes de préparation.

Dans l'étude de Grimberg et coll. [31], l'objectif était d'évaluer la précision *in vivo* de la fonction AAR à -0,5mm. Ils ont comparé la fonction localisateur d'apex (EL) et la fonction AAR sur Tri Auto ZX. La longueur réelle des dents était plus grande que la longueur EL et ARR dans 60% des cas. La distance moyenne entre la longueur réelle et les deux autres mesures était de -0,23mm +/- 0,32mm. Dans 40% des cas, la longueur réelle coïncidait avec la longueur EL et AAR

Ils en ont conclu que la fonction AAR et que le localisateur d'apex du Tri Auto ZX était fiable. De plus, ils ont remarqué que l'état pulpaire et le contenu canalaire ne semblaient pas affecter la précision du Tri Auto ZX.

Dans une autre étude, Carneiro et coll. [8] ont évalué la précision *in vitro* du Tri Auto

ZX avec des instruments NiTi à -1mm et à -2mm. Les résultats de la présente étude ont démontré que la fonction AAR du Tri auto ZX réglé à -1mm fournissait une distance réelle de 0,669mm alors que le réglage à 2 mm donnait une distance de 1,384mm. Les distances étaient donc plus courtes que prévues dans les deux groupes. L'analyse statistique a montré une précision plus importante pour le groupe avec l'AAR à -1mm.

5.1.2.1.1 Lors de l'utilisation de solutions d'irrigations

L'irrigation est actuellement la meilleure méthode pour éliminer les restes de tissus et de débris dentinaire pendant l'instrumentation. L'utilisation de solution d'irrigation fournis un débridement brut, une lubrification, une destruction des microbes et une dissolution des tissus.

Erdemir et coll [22] ont évalué l'influence *in vivo* de ces solutions d'irrigations sur la précision de la fonction AAR du Tri Auto ZX. Les dents ont été réparties en plusieurs groupes afin d'évaluer l'influence d'une solution saline, de l'hypochlorite de sodium, de l'eau oxygénée, de la chlorhexidine, d'EDTA, d'ultracaine et lorsque le canal est sec.

Les résultats indiquaient que la distance entre la pointe de l'instrument et la constriction apicale était significativement plus grande pour la solution saline. Un canal sec et la présence des autres solutions d'irrigations n'influençaient pas la précision du Tri Auto ZX. Les mesures obtenues étaient précises à 85% à +/- 0,5mm de la constriction apicale mise par le groupe de la solution qui avait une précision de 35%.

Les auteurs ont donc conclu que le Tri Auto ZX était fiable avec toutes les solutions d'irrigations. Aucune instrumentation de l'apex ne fut observée. Cependant les résultats ont montré une influence de la solution saline (0,9%) sur la précision du Tri Auto ZX.

5.1.2.1.2 Lors d'un retraitement

La détection précise de la limite apicale et de la longueur de travail est essentielle lors d'un retraitement afin de réduire le risque de laisser du matériaux d'obturation ou d'endommager les tissus péri-apicaux.

Les instruments rotatifs sont fréquemment utilisés pour éliminer la gutta-percha et le ciment lors d'un retraitement. L'utilisation de localisateur d'apex combiné à un moteur

semble être un moyen pratique sûr pour retraiter les dents.

La fonction AAR réglée à -0,5mm du Tri Auto ZX a été évaluée *Ex vivo* par Uzun et coll. [77]. Le dispositif s'est activé au-delà de l'apex dans 60% des cas. De plus, 80% des mesures étaient à +/- 0,5mm du foramen apical et 100% à +/- 1mm. Les dents ont également été mesurées avec le Tri Auto ZX en mode passif, 80% des mesures obtenus se trouvaient avant le foramen apical et 90% à +/- 0,5mm de l'apex. Dans cette étude, la localisation de l'apex de manière passive a été plus précise que la fonction AAR.

5.1.2.1.3 Avec les solvants

Au cours d'un retraitement, l'utilisation de solvants est assez fréquente afin de faciliter l'élimination du matériau d'obturation et d'aider à la préparation canalaire.

Ustun et coll. [75] ont étudié l'influence de trois solvants (Resosolv, Endosolv, Guttasolv) sur la précision du Tri Auto ZX. La fonction AAR a donné des résultats acceptables en présence des 3 solvants. Cependant, l'utilisation du dispositif de manière passive a donné des résultats un peu moins précis. Ceci serait dû à l'utilisation du localisateur à -0,5mm hors le localisateur du Tri Auto ZX est plus précis à l'apex. Cette imprécision pourrait être due à un changement de la conductivité électrique à l'apex en présence de solvant.

5.1.2.1.4 Lors d'une résection apicale

Dans certains cas, les retraitements peuvent avoir lieu sur dents réséquées. Une autre étude de Uzun et coll. [76] ont évalué *in vitro* la précision de l'appareil en présence d'une résection apicale. L'appareil a été réglé à 0.0 mm considérant la constriction apicale détruite à cause de la résection apicale.

Ils ont comparé les mesures obtenues en mode passif et celles en mode auto apical reverse à la longueur réelle de la dent. En mode passive, le Tri Auto ZX n'a pas montré de différence significative avec la longueur réelle. En revanche, la fonction AAR réglée à 0,0mm n'a pas montré des résultats concluant lors d'un retraitement sur résection apicale.

5.1.2.2 Conclusion sur le Tri Auto ZX

En conclusion, la précision du Tri Auto ZX augmente lorsque la fonction AAR est réglée au plus près du foramen apical. Avec une limite à -0,5 mm, 66,7% des mesures obtenues étaient à +/- 0,5 mm de la constriction apicale. A mesure que l'on s'éloigne du foramen apical, la fiabilité du dispositif diminue. Avec une fonction AAR réglée à -1 mm ou à -2 mm, il a été trouvé une distance réelle de -0,669 mm ou de -1,384 mm. Les solutions d'irrigations hormis les solutions salines et les solvants ne semblent pas affectés la précision du dispositif. Aucune instrumentation du foramen apical n'a été constatée lors d'un traitement endodontique.

Dans le cas d'un retraitement endodontique, la fonction AAR fixée à -0,5 mm n'a pas montré de résultats concluants. Elle s'est activée dans 60% des cas au-delà de l'apex. Il en va de même pour les dents réséquées. En revanche, l'utilisation du localisateur d'apex du Tri Auto ZX en mode passif lors d'un retraitement endodontique a montré une précision de 90% à +/- 0,5 mm du foramen apical. De plus, sur dents réséquées, les mesures ne dépassaient pas l'apex.

L'emploi de la fonction auto apical reverse du Tri Auto ZX est plus précise dans le cas d'un traitement endodontique lorsque la limite est fixée à -0,5 mm. Les limites de -1,0 mm et -2,0 mm sont à utiliser avec précaution. Lors d'un retraitement, l'emploi séparé du localisateur d'apex et du contre-angle est recommandé.

5.1.3 Root ZX II

Le Root ZX II est un localisateur d'apex qui peut être lié à une pièce à main basse vitesse basé sur le principe du Root ZX. Le module de la pièce à main est interchangeable et s'enclenche à l'arrière de l'appareil. Cela permet au clinicien de choisir entre l'utilisation d'un localisateur d'apex, une pièce à main basse vitesse ou une combinaison des deux. La fonction AAR du Root ZX II peut être réglée à -2, -1,5, -1,0, -0,5mm et Apex sur l'affichage de l'appareil. Selon les fabricants, ces paramètres sont des unités arbitraires indiquant la position de la lime dans le canal.

5.1.3.1 La fonction AAR du Root ZX II

Plusieurs auteurs ont évalué la capacité du Root ZX II à confiner l'instrumentation au sein de canal à -2mm, -1,5mm, -1mm, -0,5mm et au foramen apical.

Parente et coll. [57] ont évalué la précision *ex vivo* du dispositif à 0,0mm, soit le foramen apical et à -1mm. Les résultats ont montré une précision de 100% au foramen apical et 0% à -1mm pour le Root ZX II avec une tolérance de +/- 0,5mm. Une instrumentation de l'apex a été observée dans 33,3% des cas. Ces résultats concordent avec ceux de l'étude Vasconcelos et coll. [78]. Ils ont évalué la précision du Root ZX II au foramen apical et -1.0mm et ont obtenu une précision de 100 % au foramen et de 33,3 % à -1,0mm. Au cours de ses deux études, le diamètre du foramen apical a été standardisé.

Felippe et coll. [24] ont étudié *ex vivo* la précision du Root ZX II à -2mm, -1,5mm, -1.0mm et -0.5mm en mode passif et en mode AAR. Ils ont mesuré les dents en mode passive avant (EL1) et après (EL2) instrumentation, la précision était de 86% avant et 83,1 % après instrumentation.

En mode AAR, les mesures obtenues étaient en moyenne plus courtes que la longueur réelle et électronique. Lorsque la limite apicale choisie était -0.5, -1.0 et -2.0mm, la pointe de l'instrument était -0,12 mm, -0,38 mm et -0,74 mm plus courte que la mesure électronique après préparation. Dans 30,8 % des cas, les mesures AAR obtenues étaient plus longues que EL2. La comparaison des mesures de EL2 et AAR indiquait que le dispositif était plus fiable lorsqu'il était réglé à -0,5 mm par rapport à -1mm et -2mm.

Les auteurs ont conclu que le Root ZX II était fiable pour localiser le foramen apical en mode passive. Cependant il ne l'était pas lors de monitoring de la longueur de travail au cours de la préparation. La Fonction « auto apical reverse » était plus fiable à -0,5mm qu'à -1mm et -2mm.

Jakobson et coll. [37] ont montré un pourcentage de distances acceptables de 58,33% avec une limite fixée à -1mm et 41,67% à -2mm *in vivo*. La distance moyenne entre la pointe de la lime et la foramen apical était de -0,46 mm pour l'AAR à -1,0 mm et - 2,09 mm pour l'AAR à -2,0mm. Lorsque la fonction AAR était réglée à -1 mm, 33,3 % des dents utilisées ont été sur-instrumentées. La distance moyenne était de 0,45 mm au-delà de l'apex. Il n'y pas

eu de sur-instrumentation avec la fonction AAR à -2mm. Cependant, dans 50% des cas, les instruments étaient à une position bien loin de 2mm. Cette étude *in vivo* a mis en évidence que la détermination et le maintien de la longueur de travail avec une fonction AAR à -1 mm et -2 mm est moins précise.

Dans une autre étude, Fadel et coll. [23] ont trouvé un pourcentage de mesures acceptables entre -1.0 mm et 0.0 mm de 30% à -0.5 mm, 50% à -1.0 mm et 0 % à 1.5mm. Malgré le réglage de la fonction AAR à -0,5 mm, limite supposée pour obtenir une bonne longueur de travail, une sur-instrumentation du foramen apicale s'est produite sur 70 % des dents à -0.5 mm, et dans 40 % des cas à -1.0mm. Aucune sur-instrumentation n'a été constatée avec la fonction AAR à -1,5 mm.

Siu et coll. [67] ont évalué la précision du Root ZX II avec comme point de référence, la constriction apicale. Lorsque le Root ZX II a été utilisé en mode manuel avec des limes en acier inoxydable, ils ont pu localiser le foramen mineur avec une distance moyenne de 0,16 mm avec une marge de tolérance de +/- 0,5mm.

Lors de l'utilisation de la rotation continue, la pointe de la lime dépassait le foramen mineur en moyenne de 0,45 mm pour le Root ZX II. La précision du Root ZX II pour localiser la constriction apicale était de 50 % à +/- 0,5mm et 75 % à +/- 0,75mm. Avec une marge de tolérance de +/- 1,0 mm, les mesures obtenues étaient précises à 92,86 %. La pointe de la lime est allée au-delà la constriction apicale dans 79 % des cas et a dépassée le foramen apical dans 28,6 % des cas.

5.1.3.2 Conclusion sur le Root ZX II

Le Root ZX II est également moins fiable lorsque la fonction AAR est fixée à -1,0 mm et -2,0 mm. Les distances réelles obtenues pour ces deux réglages respectifs étaient de -0,46mm et de -2,09mm. De plus, le foramen apical a été instrumenté dans 33,3% à 40% des cas. Avec la fonction AAR à -0,5 mm, l'instrumentation du foramen majeur a été observée avec un pourcentage variant entre 28,6% et 70%

Dans deux des études, les auteurs ont fixé la limite au foramen apical, soit à 0,0 mm et à -1 mm. Ils ont noté une fiabilité de 100% avec une marge de tolérance de +/- 0,5 mm et de 0% à -1 mm. Ce fort pourcentage de réussite à 0,0 mm est causé par la standardisation du

diamètre du foramen apical, cela faciliterai l'interprétation des impédances. De plus, 33,3 % des dents ont vu leur foramen majeur instrumenté quand la limite était fixée à l'apex.

Le localisateur d'apex du Root ZX II utilisé en mode passif a montré une précision de 86%. Le Root ZX II est fiable pour évaluer une longueur de travail de manière passive mais n'est pas très concluant pour le monitoring de la longueur de travail au cours de l'instrumentation. La fonction AAR fixée à -0,5 mm est plus précise qu'à -1 mm et -2 mm.

5.2 *VDW Gold Reciproc*

Le VDW Gold Reciproc (VDW GbmH, Munich, Germany) combine le localisateur d'apex nommé Raypex 5 (VDW GbmH) et un moteur d'endodontie permettant d'utiliser la rotation continue et la réciprocité. Lors de la réciprocité, la lime effectue une rotation dans le sens des aiguilles d'une montre et une rotation dans le sens inverse. Le mouvement dans le sens inverse est toujours de plus grande amplitude que l'autre mouvement permettant à la lime de progresser continuellement vers le foramen apical.

5.2.1 Raypex 5

Le Raypex 5 est un localisateur d'apex de quatrième génération mesurant l'impédance de 2 fréquences (0,4 et 0,8kHz). Cependant, il utilise une seule fréquence à la fois et la mesure est basée sur les valeurs moyennes au carré des signaux. Cela augmentera sa précision et sa fiabilité [72].

De nombreuses études ont évalué la précision de ce localisateur. Dans la plupart des cas, le Raypex 5 avait une précision pouvant aller de 75 % à 93,2 % [72] [69] [11]. L'hétérogénéité des résultats entre les différentes études serait en partie causée par les différentes méthodologies.

Une autre étude [64] sur le Raypex 5 a montré une précision de l'ordre de 81,3% en présence d'une parodontite apicale et de 86,7% en l'absence de cette dernière.

Les auteurs ont donc conclu que le Raypex 5 était cliniquement fiable pour déterminer la longueur de travail.

5.2.2 Fiabilité de la fonction AAR

En combinant le Raypex 5 et un moteur d'endodontie, on obtient ainsi un dispositif capable de contrôler en permanence la longueur de travail, il s'agit du VDW Gold Reciproc. C'est le même principe que pour le Tri Auto ZX et le Root ZX II.

La fonction AAR a été évaluée lors d'un mouvement de réciprocité et un mouvement de rotation continue à différentes longueurs de travail (0,0 mm, -1,0 mm ou bien en fonction des LED du dispositif). Les résultats [78] obtenus pour la fonction AAR fixée à 0,0 mm et -1,0 mm étaient respectivement de 100 % et 41,6 % pour la rotation continue et de 100 % et 33,3 % pour la réciprocité avec une marge de tolérance de +/- à 0,5 mm. Cependant au cours de cette étude, les foramens apicaux ont vu leur diamètre standardisé

Dans une autre étude, Wigler et coll. [84] ont évalué la précision du VDW Gold Reciproc selon les différentes LED (1^{ère} et 3^e LED vertes et la LED orange). Les résultats obtenus ont été comparés à 2 localisateurs d'apex, le Bingo 2020 et le Root ZX.

Les mesures obtenues à la 1^{ère} et 3^e LED verte et à la LED orange était cliniquement acceptable (respectivement -0.38 ± 0.27 mm, 0.15 ± 0.16 mm, et -0.04 ± 0.15 mm). Cependant, les longueurs mesurées à la 1^{ère} LED étaient significativement plus courtes que celle obtenues à la 3^e LED et à la LED orange.

Ces résultats soutiennent les informations du fabricant selon laquelle la 1^{ère} LED verte et la LED orange correspondent à la zone apicale. Une préparation canalaire ne doit donc pas dépasser la LED orange afin d'éviter la sur-instrumentation. Aucune différence significative n'a été trouvée entre les longueurs de travail obtenu par le Root ZX, le Bingo 1020 et la troisième LED verte du VDW Gold Reciproc.

L'objectif de l'étude de Koçak et coll. [45] était de comparer *in vivo* l'obturation de plusieurs dents dont les longueurs de travail ont été obtenues par la radiographie, un localisateur d'apex seul (Mini Root ZX) et un localisateur intégré dans moteur d'endodontie (VDW Gold Reciproc).

Les trois méthodes ont donné des résultats quasiment identiques. Le VDW Gold Reciproc avait un pourcentage de réussite de l'ordre de 83,5 %. La méthode radiographique

avait le taux de réussite le plus faible (81,9 %), alors que le groupe avec le taux de dépassement et de sous obturation le moins élevé était celui du Mini Root ZX. Aucune différence significative n'a été mise en évidence entre les trois techniques.

5.2.3 Conclusion sur le VDW Gold Reciproc

Le VDW Gold Reciproc est donc fiable au vu de ces études. Dans l'étude de Koçak, les résultats fournis par le dispositif étaient équivalents aux résultats des deux autres méthodes. Les mesures obtenues à partir de la troisième LED verte étaient comparables à celle obtenues avec les deux localisateurs d'apex signifiant que cette troisième LED ne doit pas être dépasser sous peine d'instrumenter le foramen apical.

La première étude montre un résultat de 100% lorsque la limite fixée à l'apex. Cependant les diamètres apicaux ont été standardisés et une instrumentation du foramen apicale a été observée dans 33,3% des cas pour la rotation continue et 16,7% des cas pour la réciprocité.

Le VDW Gold Reciproc est fiable pour le maintien la longueur de travail. Mais il perd en précision quand la limite fixée s'éloigne de l'apex. Plus d'études seront nécessaires afin de confirmer les résultats.

5.3 Comparaison des localisateurs d'apex seuls et des localisateurs d'apex associés à un moteur d'endodontie

A l'heure actuelle, les localisateurs d'apex sont fiables et d'une très grande précision. On atteint une précision allant de 93,4 % à 100 % pour le Raypex 5 et le Root ZX selon la situation clinique. Du faite de cette grande précision, l'idée de coupler l'un de ses appareils avec une pièce à main endodontique permettrait un monitoring permanent de la longueur de travail.

On améliorerait ainsi l'ergonomie du traitement endodontique en supprimant la nécessité de reporter la longueur de travail sur chaque instrument, ceci pouvant être source d'erreur. C'est le cas du Tri Auto ZX, Root ZX II et du Gold Reciproc. Ils combinent la technologie du Root ZX pour les deux premiers et du Raypex 5 pour le dernier à un contre-angle d'endodontie.

Les études précédentes ont montré que selon la méthodologie utilisée, la marge de tolérance utilisée et selon les différentes positions employées, la précision de ces appareils variait beaucoup.

D'une manière générale, ces appareils perdent en précision quand la fonction AAR s'éloigne de l'apex. La précision est plus élevée avec une limite fixée à -0,5 mm qu'à -1 mm ou -2 mm. Lorsque la limite fixée était de -1 mm et -2 mm, on obtenait une longueur réelle de -0,4 mm et -1,3 mm par rapport au foramen majeur. Ces mesures sont variables d'un appareil à l'autre.

Nous avons vu que la chute du ratio d'impédance avait lieu à la constriction apicale, ceci expliquera une moins bonne précision de l'appareil lorsque la limite est fixée à -1 mm ou -2 mm car cela ne correspond pas à la constriction apicale. Cela explique également la précision plus importante lorsque la limite est fixée à -0,5 mm.

Deux études concernant le Root ZX II et le VDW Gold Reciproc obtiennent une précision de 100 % lorsque la limite est fixée au foramen majeur. Cependant, au cours de ces études, les dents mesurées ont vu leur foramen majeur standardisé, hors cela augmente la précision du localisateur favorisant l'interprétation des composantes résistives et capacitives. Mais c'est une situation clinique que l'on rencontre rarement.

Lorsque la constriction apicale était prise comme référence, une sur-instrumentation de cette dernière a souvent été constatée. Le Tri Auto ZX avait une précision de 66,7 %, le Root ZX II de 50 %. Hors la constriction apicale doit être laissée intacte pour optimiser la guérison apicale.

Dans le cas d'un retraitement avec ce type d'appareil, la fonction AAR n'est pas très précise. Pour le Tri Auto ZX, lorsque la limite était fixée à -0,5 mm, la fonction AAR s'est déclenchée au-delà de l'apex dans 60 % des cas. Il en va de même pour un retraitement sur résection apicale, la fonction AAR n'est pas très efficace. Les mesures ont également été effectuées avec un localisateur d'apex seul et une précision de 90 % a été observée à +/- 0,5 mm de l'apex ainsi qu'une meilleure précision dans le cas d'une résection apicale.

6 Conclusion

La réussite du traitement endodontique nécessite une détermination correcte de la longueur de travail afin de ne pas léser la constriction apicale. Le respect de cette structure anatomique permet de favoriser la cicatrisation.

La radiographie rétro-alvéolaire est toujours très utilisée pour déterminer la longueur de travail mais elle a ses propres limites : la compression des structures en trois dimensions, la distorsion géométrique, le bruit anatomique. Ces limitations rendent parfois difficile la détermination de la limite apicale. Le CBCT est quant à lui plus indiqué dans une optique pré-opératoire pour la gestion des cas avec une anatomie complexe. De plus, la dose de rayonnement délivrée par le CBCT est supérieure celle de la radiographie rétro-alvéolaire. Son utilisation courante pour déterminer la longueur de travail irait à l'encontre de la radioprotection.

Le développement des localisateurs électroniques d'apex a permis de compenser les limites de la radiographie et leur efficacité a grandement été prouvée. Cependant leur association avec un moteur d'endodontie a montré une certaine limite. La fiabilité de la fonction « auto apical reverse » s'est avérée inconstante selon la limite choisie. Le réglage de la limite à -1mm et à -2mm s'est révélée très imprécise. La limite à -0,5mm a donné de meilleurs résultats, mais une instrumentation de la constriction apicale s'est avérée fréquente alors que cette structure doit être préservée.

A l'heure actuelle, la détermination de la longueur de travail avec un localisateur d'apex séparé d'un moteur d'endodontie offre de meilleurs résultats.

Index 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 [58]	15
Figure 2- Formes du foramen apical selon Green [30] : rond, ovale, asymétrique, semi-lunaire, sablier, cranté.....	16
Figure 3 Photo par microscope électronique des différentes positions du foramen apical [51]	17
Figure 4. Incisive centrale maxillaire droite, Extension de ciment : à gauche 303,8 µm et à droite 616 µm [60]	18
Figure 5 : Les 4 types de constriction apicales selon Dummer [15]	19
Figure 6. La technique bissectrice donne des clichés avec une déformation [83]	22
Figure 7. La technique parallèle offre des clichés avec le moins de déformations [83]	23
Figure 8. Malgré un cliché lime en place correct, l'extraction de cette molaire montre que la lime est allée au-delà de l'apex [85].....	25
Figure 9. Sur cette radiographie, la superposition de la première molaire maxillaire gauche symptomatique avec le processus zygomatique empêche la mise en évidence d'une radio-clarté. La réalisation d'un CBCT a permis d'observer cette radio-clarté [16]	27
Figure 10. Exemples de CBCT. (a) KODAK Dental Imaging 9000 3D, (b) Veraviewepocs 3D, (c) Picasso Trio [65].....	29
Figure 11. Présence d'un canal 2ème mésio-vestibulaire non traité, non visible sur la radiographie rétro-alvéolaire. Le CBCT a permis de mettre en évidence ce canal non traité [65].....	31
Figure 12. Coupe axiale et coronaire d'un CBCT à travers une incisives centrale maxillaire gauche avec un ancrage et une couronne. Le durcissement du faisceau causé par la restauration métallique entraîne l'apparition de stries et de bandes [16].....	32
Figure 13. Modèle de circuit utilisé pour les localisateurs utilisant la résistance [55]	35
Figure 14. Gold Reciproc de VDW [80].....	37

Références bibliographiques

1. Abarca J, Zaror C, Monardes H, Hermosilla V, Muñoz C, Cantin M. Morphology of the physiological apical foramen in maxillary and mandibular first molars. *Int J Morphol*. 2014;32(2):671-7.
2. Abella F, Morales K, Garrido I, Pascual J, Duran-Sindreu F, Roig M. Endodontic applications of cone beam computed tomography: case series and literature review. *G Ital Endodonzia*. 2015;29(2):38-50.
3. 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*. 2009;42(4):368-74.
4. Altman M, Guttuso J, Seidberg BH, Langeland K. Apical root canal anatomy of human maxillary central incisors. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1970;30(5):694-9.
5. Arora S, Tewari S. The morphology of the apical foramen in posterior teeth in a north indian population. *Int Endod J*. 2009;42(10):930-9.
6. Ball RL, Barbizam JV, Cohenca N. Intraoperative endodontic applications of cone-beam computed tomography. *J Endod*. 2013;39(4):548-57.
7. Campbell D, Friedman S, Nguyen H., Kaufman A, Keila S. Apical extent of rotary canal instrumentation with an apexlocating handpiece in vitro. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology*. 1998;85(3):319-24.
8. Carneiro E, Bramante C, Picoli F, Letra A, Dasilvaneto U, Menezes R. Accuracy of root length determination using Tri Auto ZX and ProTaper instruments: an in vitro study. *J Endod*. 2006;32(2):142-4.
9. Carvalho ALP, Moura-Netto C, Moura AAM de, Marques MM, Davidowicz H. Accuracy of three electronic apex locators in the presence of different irrigating solutions. *Braz Oral Res*. 2010;24(4):394-8.
10. Chapman CE. A Microscopic study of the apical region of human anterior teeth. *Int Endod J*. 1969;3(4):52-8.
11. Cimilli H, Aydemir S, Kartal N, Chandler N. Comparing the accuracy of four electronic apex locators for determining the minor diameter: An ex vivo study. *J Dent Sci*. 2013;8(1):27-30.
12. Citterio F, Pellegatta A, Citterio CL, Maddalone M. Analysis of the apical constriction using micro-computed tomography and anatomical sections. *G Ital Endodonzia*. 2014;28(1):41-5.
13. Custer. LE. Exact Methods of locating the apical foramen. *J Natl Dent Assoc*. 1918;5(8):815-9.
14. D'Assunção FLC, Sousa JCN, Felinto KCA, de Medeiros TC, Leite DT, de Lucena RB, et al. Accuracy and repeatability of 3 apex locators in locating root canal perforations:

An Ex Vivo Study. J Endod. 2014;40(8):1241-4.

15. Dummer PMH, McGINN JH, Rees DG. The position and topography of the apical canal constriction and apical foramen. Int Endod J. 1984;17(4):192-8.
16. Durack C, Patel S. Cone beam computed tomography in endodontics. Braz Dent J. 2012;23(3):179-91.
17. ElAyouti A, Dima E, Ohmer J, Sperl K, von Ohle C, Löst C. Consistency of apex locator function: a clinical study. J Endod. 2009;35(2):179-81.
18. ElAyouti A, Hülber-J M, Judenhofer MS, Connert T, Mannheim JG, Löst C, et al. Apical constriction: location and dimensions in molars-a micro-computed tomography study. J Endod. 2014;40(8):1095-9.
19. ElAyouti A, Löst C. A simple mounting model for consistent determination of the accuracy and repeatability of apex locators. Int Endod J. 2006;39(2):108-12.
20. Elayouti A, Weiger R, Lost C. Frequency of overinstrumentation with an acceptable radiographic working length. J Endod. 2001;27(1):49-52.
21. Eldarrat AH, High AS, Kale GM. In vitro analysis of 'smear layer' on human dentine using ac-impedance spectroscopy. J Dent. 2004;32(7):547-54.
22. Erdemir A, Eldeniz AU, Ari H, Belli S, Esener T. The influence of irrigating solutions on the accuracy of the electronic apex locator facility in the Tri Auto ZX handpiece. Int Endod J. 2007;40(5):391-7.
23. Fadel G, Piasecki L, Westphalen VPD, Silva Neto UX, Fariniuk LF, Carneiro E. An in vivo evaluation of the Auto Apical Reverse function of the Root ZX II: Evaluation of the Root ZX II. Int Endod J. 2012;45(10):950-4.
24. Felipe WT, Felipe MCS, Reyes Carmona J, Crozoé FCI, Alvisi BB. Ex vivo evaluation of the ability of the ROOT ZX II to locate the apical foramen and to control the apical extent of rotary canal instrumentation. Int Endod J. 2008;41(6):502-7.
25. Forsberg J. A comparison of the paralleling and bisectin-angle radiographic techniques in endodontics. Int Endod J. 1987;20(4):177-82.
26. Fouad AF, Krell KV. An in vitro comparison of five root canal length measuring instruments. J Endod. 1989;15(12):573-7.
27. Franco V, Tosco E. The endodontic line: A clinical approach. G Ital Endodonzia. 2013;27(1):2-12.
28. Genç Ö, Alaçam T, Kayaoglu G. Evaluation of three instrumentation techniques at the precision of apical stop and apical sealing of obturation. J Appl Oral Sci Rev FOB. 2011;19(4):350-4.
29. Gomez G, Duran-Sindreu F, Jara Clemente F, Garofalo RR, Garcia M, Bueno R, et al. The effects of six electronic apex locators on pacemaker function: an *in vitro* study. Int Endod J. 2013;46(5):399-405.

30. Green D. A stereomicroscopic study of the root apices of 400 maxillary and mandibular anterior teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1956;9(11):1224-32.
31. 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;35(7):590-3.
32. Hassanien EE, Hashem A, Chalfin H. Histomorphometric study of the root apex of mandibular premolar teeth: an attempt to correlate working length measured with electronic and radiograph methods to various anatomic positions in the apical portion of the canal. *J Endod.* 2008;34(4):408-12.
33. HAS. Traitement endodontique. Rapport d'évaluation technologique. Haute Autorité de Santé; 2008
34. Herrera M, Ábalos C, Lucena C, Jiménez-Planas A, Llamas R. Critical diameter of apical foramen and of file size using the root zx apex locator: an in vitro study. *J Endod.* 2011;37(9):1306-9.
35. Inoue N, Skinner DH. A simple and accurate way of measuring root canal length. *J Endod.* 1985;11(10):421-7.
36. Jain S, Kapur R. Comparative evaluation of accuracy of two electronic apex locators in the presence of various irrigants: An in vitro study. *Contemp Clin Dent.* 2012;3(6):140.
37. Jakobson SJM, Westphalen VPD, da Silva Neto UX, Fariniuk LF, Picoli F, Carneiro E. The Accuracy in the control of the apical extent of rotary canal instrumentation using root zx ii and protaper instruments: an in vivo study. *J Endod.* 2008;34(11):1342-5.
38. Jeong H, Park S, Park S-H, Choi G-W. Morphology of the apical root canal system in Korean mandibular first molar. *J Korean Acad Conserv Dent.* 2009;34(2):137.
39. Kasahara E, Yasuda E, Yamamoto A, Anzai M. Root canal system of the maxillary central incisor. *J Endod.* 1 avr 1990;16(4):158-61.
40. Katz A, Tamse A, Kaufman AY. Tooth length determination: A review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1991;72(2):238-42.
41. Kiarudi AH, Eghbal MJ, Safi Y, Aghdasi MM, Fazlyab M. The applications of cone-beam computed tomography in endodontics: a review of literature. *Iran Endod J.* 2015;10(1):16-25.
42. Kim E, Lee S-J. Electronic apex locator. *dent clin north am.* 2004;48(1):35-54.
43. Kobayashi C, Suda H. New electronic canal measuring device based on the ratio method. *J Endod.* 1994;20(3):111-4.
44. Kobayashi C, Yoshioka T, Suda H. A new engine-driven canal preparation system with electronic canal measuring capability. *J Endod.* 1997;23(12):751-4.
45. Koçak M, Sağlam B, Koçak S. Efficiency of 2 electronic apex locators on working length determination: A clinical study. *J Conserv Dent.* 2013;16(3):229.

46. Kuttler Y. Microscopic investigation of root apexes. *J Am Dent Assoc.* 1955;50(5):544-52.
47. Larheim TA, Eggen S. Determination of tooth length with a standardized paralleling technique and calibrated radiographic measuring film. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1979;48(4):374-8.
48. Lin LM, Rosenberg PA, Lin J. Do procedural errors cause endodontic treatment failure? *J Am Dent Assoc* 1939. 2005;136(2):187-193; quiz 231.
49. Lofthag-Hansen S, Huumonen S, Gröndahl K, Gröndahl H-G. Limited cone-beam CT and intraoral radiography for the diagnosis of periapical pathology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2007;103(1):114-9.
50. Martos J, Ferrer-Luque CM, González-Rodríguez MP, Castro LAS. Topographical evaluation of the major apical foramen in permanent human teeth. *Int Endod J.* 2009;42(4):329-34.
51. Martos J, Lubian C, Silveira LFM, Suita de Castro LA, Ferrer Luque CM. Morphologic analysis of the root apex in human teeth. *J Endod.* 2010;36(4):664-7.
52. Matherne RP, Angelopoulos C, Kulild JC, Tira D. Use of cone-beam computed tomography to identify root canal systems in vitro. *J Endod.* 2008;34(1):87-9.
53. Meder-Cowherd L, Williamson AE, Johnson WT, Vasilescu D, Walton R, Qian F. Apical morphology of the palatal roots of maxillary molars by using micro-computed tomography. *J Endod.* 2011;37(8):1162-5.
54. Morita J. Tri Auto ZX, mode d'emploi [Internet]. [consulté le 13 juill 2017]. Disponible sur: [http://www.generiqueinternational.com/docs/12_IFU_TriAuto_handpiece_\(french_version\).pdf](http://www.generiqueinternational.com/docs/12_IFU_TriAuto_handpiece_(french_version).pdf)
55. Nekoofar MH, Ghandi MM, Hayes SJ, Dummer PMH. The fundamental operating principles of electronic root canal length measurement devices. *Int Endod J.* 2006;39(8):595-609.
56. Ordonnance du 28 Mars 2001 modifiant l'article 1333-1 du Code de la Santé publique
57. Parente LA, Levin MD, Vivan RR, Bernardes RA, Duarte MAH, Vasconcelos BC de. Efficacy of electronic foramen locators in controlling root canal working length during rotary instrumentation. *Braz Dent J.* 2015;26(5):547-51.
58. Pérard M, Le Goff A, Hingant B, Le Clerc J, Perez F, Vulcain J-M, et al. Documents légaux de l'article: Choix de la limite apicale et de la longueur de travail. *Médecine.* 2009;7(5):0-2.
59. Piasecki L, Carneiro E, Fariniuk LF, Westphalen VPD, Fiorentin MA, da Silva Neto UX. Accuracy of root zx ii in locating foramen in teeth with apical periodontitis: an in vivo study. *J Endod.* 2011;37(9):1213-6.
60. Ponce E, Vilarfernandez J. The cemento-dentino-canal junction, the apical foramen, and

the apical constriction: evaluation by optical microscopy. *J Endod.* 2003;29(3):214-9.

61. Prasad AB, Srivastava H, Srivastava AA, Raisingani D. An in vitro evaluation of the accuracy of two electronic apex locators to determine working length in the presence of various irrigants. *Ethiop J Health Sci.* 2016;26(5):457-62.
62. Ramamurthy R, Scheetz JP, Clark SJ, Farman AG. Effects of imaging system and exposure on accurate detection of the second mesio-buccal canal in maxillary molar teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* déc 2006;102(6):796-802.
63. Ricucci D. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 1. Literature review. *Int Endod J.* 1998;31(6):384-93.
64. Saatchi M, Aminoazarbian MG, Hasheminia SM, Mortaheb A. Influence of apical periodontitis on the accuracy of 3 electronic root canal length measurement devices: an in vivo study. *J Endod.* 2014;40(3):355-9.
65. Scarfe WC, Levin MD, Gane D, Farman AG. Use of cone beam computed tomography in endodontics. *Int J Dent.* 2009;2009:1-20.
66. Shanmugaraj M, Nivedha R, Mathan R, Balagopal S. Evaluation of working length determination methods: an in vivo / ex vivo study. *Indian J Dent Res Off Publ Indian Soc Dent Res.* 2007;18(2):60-2.
67. Siu C, Marshall JG, Baumgartner JC. An in vivo comparison of the Root ZX II, the Apex NRG XFR, and Mini Apex locator by using rotary nickel-titanium Files. *J Endod.* 2009;35(7):962-5.
68. Sriman N, Prabhakar V, Bhuvaneshwaran J, Subha N. Interference of apex locator, pulp tester and diathermy on pacemaker function. *J Conserv Dent.* 2015;18(1):15.
69. Stöber EK, de Ribot J, Mercadé M, Vera J, Bueno R, Roig M, et al. Evaluation of the Raypex 5 and the Mini Apex locator: an in vivo study. *J Endod.* 2011;37(10):1349-52.
70. Suchde RV, Talim ST. Electronic ohmmeter. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1977;43(1):141-50.
71. Sunada I. New method for measuring the length of the root canal. *J Dent Res.* 1962;41(2):375-87.
72. Swapna D, Krishna A, Patil A, Rashmi K, Pai V, Ranjini M. Comparison of third generation versus fourth generation electronic apex locators in detecting apical constriction: An in vivo study. *J Conserv Dent.* 2015;18(4):288.
73. Thomas A, Hartwell G, Moon P. The Accuracy of the Root ZX electronic apex locator using stainless-steel and nickel-titanium files. *J Endod.* 2003;29(10):662-3.
74. Updegrave WJ. The paralleling extension-cone technique in intraoral dental radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1951;4(10):1250-61.
75. Ustun Y, Uzun O, Er O, Maden M, Yalpi F, Canakci BC. Effects of dissolving solutions on the accuracy of an electronic apex locator-integrated endodontic handpiece. *Sci*

World J. 2013;2013:1-7.

76. Uzun Ö, Topuz Ö, Tinaz AC, Alaçam T. Apical accuracy of two apex-locating handpieces in root canal retreatments of root-end resected teeth. *J Endod.* 2007;33(12):1444-6.
77. Uzun O, Topuz O, Tinaz C, Nekoofar MH, Dummer PMH. Accuracy of two root canal length measurement devices integrated into rotary endodontic motors when removing gutta-percha from root-filled teeth. *Int Endod J.* 2008;41(9):725-32.
78. Vasconcelos BC de, Frota LMA, Souza T de A, Bernardes RA, Duarte MAH. Evaluation of the maintenance of the apical limit during instrumentation with hybrid equipment in rotary and reciprocating modes. *J Endod.* 2015;41(5):682-5.
79. Vasconcelos BC de, Veríssimo Chaves RD, Vivacqua-Gomes N, Candeiro GT de M, Bernardes RA, Vivan RR, et al. Ex vivo evaluation of the accuracy of electronic foramen locators in root canals with an obstructed apical foramen. *J Endod.* 2015;41(9):1551-4.
80. VDW. Gold Reciproc, mode d'emploi [Internet]. [consulté le 13 juill 2017]. Disponible sur: <https://www.vdw-dental.com/fileadmin/Dokumente/Service/Informationsmaterial/Gebrauchsanweisungen/VDW-Dental-VDW-GOLD-RECIPROC-DFU-de-en-fr-it-es.pdf>
81. Venskutonis T, Plotino G, Juodzbaly G, Mickevičienė L. The importance of cone-beam computed tomography in the management of endodontic problems: a review of the literature. *J Endod.* 2014;40(12):1895-901.
82. Walton R. Diagnostic imaging A. endodontic radiography. *Ingles' Endod.* 2008;554.
83. White SC, Pharoah MJ. Oral radiology-e-book: principles and interpretation. Elsevier Health Sciences; 2014.
84. Wigler R, Huber R, Lin S, Kaufman AY. Accuracy and reliability of working length determination by gold reciproc motor in reciprocating movement. *J Endod.* 2014;40(5):694-7.
85. Williams CB, Joyce AP, Roberts S. A comparison between in vivo radiographic working length determination and measurement after extraction. *J Endod.* 2006;32(7):624-7.

Les localisateurs d'apex associés à un moteur d'endodontie/ **ANTCZAK Jordan.-** p. 60 : ill. 14 ; réf. 85.

Domaines : Odontologie Conservatrice - Endodontie

Mots clés Rameau: Racine de la dent ; Endodontie—Appareils et matériel ; Appareils électroniques

Mots clés FMeSH: Apex de la racine de la dent ; Préparation de canal radiculaire ; Traitement de canal radiculaire ; Radiographie dentaire

Mots clés libres : Localisateur d'apex électronique ; Longueur de travail ; Moteur d'endodontie ; Constriction apicale ; Limite apicale ; Radiographie rétro-alvéolaire

La réussite du traitement endodontique nécessite une détermination correcte de la longueur de travail afin de ne pas léser la constriction apicale. Le respect de cette structure anatomique permet de favoriser la cicatrisation.

La radiographie rétro-alvéolaire est toujours très utilisée pour déterminer la longueur de travail mais elle a ses propres limites : la compression des structures en trois dimensions, la distorsion géométrique, le bruit anatomique. Ces limitations rendent parfois difficile la détermination de la limite apicale. Le CBCT est quant à lui plus indiqué dans une optique pré-opératoire pour la gestion des cas avec une anatomie complexe.

Le développement des localisateurs d'apex électroniques a permis de compenser les limites de la radiographie et leur efficacité a grandement été prouvée. Cependant au cours de la préparation canalaire, des erreurs de mesures sont toujours possibles comme un ajustement inexact du stop en silicone sur le repère de référence, un mouvement du stop au cours de la procédure ou une mauvaise lecture de la longueur.

L'association d'un localisateur d'apex électronique avec un moteur d'endodontie permet le monitoring permanent de la longueur de travail à une limite préalablement fixée (-0,5 mm, -1 mm ou -2 mm) et donc élimine la nécessité de reporter cette longueur sur plusieurs limes et la nécessité d'un repère de référence sur la dent.

Cependant cette association avec un moteur d'endodontie a montré une certaine limite. La fiabilité de la fonction « auto apical reverse » s'est avérée inconstante selon la limite choisie. Le réglage de la limite à -1mm et à -2mm s'est révélé très imprécis. La limite à -0,5mm a donnée de meilleurs résultats mais une instrumentation de la constriction apicale s'est avérée fréquente alors que cette structure doit être préservée.

A l'heure actuelle, la détermination de la longueur de travail avec un localisateur d'apex séparé d'un moteur d'endodontie offre de meilleurs résultats.

JURY :

Président : Madame la Professeur Elizabeth DELCOURT-DEBRUYNE

Assesseurs : Monsieur le Docteur Jérôme VANDOMME

Monsieur le Docteur Thibault BECAVIN

Madame le Docteur Aurélie MARECHAL