



HAL
open science

L'apport du cone beam dans la gestion des instruments endodontiques fracturés

Charlène Lesieur

► **To cite this version:**

Charlène Lesieur. L'apport du cone beam dans la gestion des instruments endodontiques fracturés. Sciences du Vivant [q-bio]. 2019. dumas-02114401

HAL Id: dumas-02114401

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02114401>

Submitted on 29 Apr 2019

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

AVERTISSEMENT

Cette thèse d'exercice est le fruit d'un travail approuvé par le jury de soutenance et réalisé dans le but d'obtenir le diplôme d'État de docteur en chirurgie dentaire. Ce document est mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

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

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



UNIVERSITÉ
PARIS
DESCARTES

MEMBRE DE

U-S-PC
Université Sorbonne
Paris Cité

UNIVERSITÉ PARIS DESCARTES

FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2019

N° 011

THÈSE

POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement le : 12 février 2019

Par

Charlène LESIEUR

L'apport du Cone Beam dans la gestion des instruments endodontiques fracturés

Dirigée par Mme le Docteur Marie Sevin

JURY

Mme le Professeur Marysette Folliguet

Président

Mme le Docteur Anne-Margaux Collignon

Assesseur

M. le Docteur Denis Bouter

Assesseur

Mme le Docteur Marie Sevin

Assesseur

Tableau des enseignants de la Faculté

DÉPARTEMENTS	DISCIPLINES	PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS	MAÎTRES DE CONFÉRENCES
1. DÉVELOPPEMENT, CROISSANCE ET PRÉVENTION	ODONTOLOGIE PÉDIATRIQUE	Mme DAVIT-BÉAL Mme DURSUN Mme VITAL	M. COURSON Mme JEGAT Mme SMAIL-FAUGERON Mme VANDERZWALM
	ORTHOPÉDIE DENTO-FACIALE		Mme BENAHMED M. DUNGLAS Mme KAMOUN-GOLDRAT Mme LE NORCY
	PRÉVENTION, ÉPIDÉMIOLOGIE, ÉCONOMIE DE LA SANTÉ ET ODONTOLOGIE LÉGALE	Mme FOLLIGUET M. PIRNAY	Mme GERMA M. TAVERNIER
2. CHIRURGIE ORALE, PARODONTOLOGIE, BIOLOGIE ORALE	PARODONTOLOGIE	Mme COLOMBIER Mme GOSSET	M. BIOSSE DUPLAN M. GUEZ
	CHIRURGIE ORALE	M. MAMAN Mme RADOI	Mme EJEIL M. GAULTIER M. HADIDA M. MOREAU M. NGUYEN
	BIOLOGIE ORALE	Mme CHAUSSAIN M. GOGLY Mme SÉGUIER Mme POLIARD	M. ARRETO Mme BARDET (MCF) Mme CHARDIN M. FERRE M. LE MAY
3. RÉHABILITATION ORALE	DENTISTERIE RESTAURATRICE ENDODONTIE	Mme BOUKPESSI Mme CHEMLA	Mme BERÈS Mme BESNAULT M. BONTE Mme COLLIGNON M. DECUP Mme GAUCHER
	PROTHÈSES		M. CHEYLAN M. DAAS M. DOT M. EID Mme FOUILLOUX-PATEY Mme GORIN M. RENAULT M. RIGNON-BRET M. TIRLET M. TRAMBA Mme WULFMAN
	FONCTION-DYSFONCTION, IMAGERIE, BIOMATÉRIEAUX	M. SALMON	M. ATTAL Mme BENBELAID Mme BENOÎT A LA GUILLAUME (MCF) M. BOUTER M. CHARRIER M. CHERRUAU M. FLEITER Mme FRON CHABOUIS Mme MANGIONE Mme TILOTTA
	PROFESSEURS ÉMÉRITES	M. BÉRENHOLC Mme BRION M. LASFARGUES M. LAUTROU M. LEVY	M. PELLAT M. PIERRISNARD M. SAFFAR Mme WOLIKOW
Mise à jour le 04 septembre 2018			

Remerciements

À Mme le Professeur Marysette Folliguet

Docteur en Chirurgie dentaire

Spécialiste qualifiée en Médecine bucco-dentaire

Docteur en Sciences odontologiques

Docteur d'Etat en Odontologie

Professeur des Universités, Faculté de Chirurgie dentaire Paris Descartes

Praticien hospitalier, Assistance Publique-Hôpitaux de Paris

Vice-Doyen de la Faculté de Chirurgie dentaire Paris Descartes

Chef de service de l'hôpital Louis Mourier

Chevalier de l'ordre national de la Légion d'honneur

Officier de l'ordre des palmes académiques

Un grand merci à vous tout d'abord pour avoir accepté mon transfert au sein de votre service. Je vous suis extrêmement reconnaissante de m'avoir permis d'étudier au sein de votre faculté. Et merci également d'avoir accepté de présider ce jury de thèse d'exercice.

À Mme le Docteur Anne-Margaux Collignon

Docteur en Chirurgie dentaire

Docteur de l'Université Paris Descartes

Maître de Conférences des universités, Faculté de Chirurgie dentaire Paris Descartes

Praticien Hospitalier, Assistance Publique-Hôpitaux de Paris

Margaux, je devais être attachée le mercredi matin, et un jour tu m'as demandé de rester l'après midi, j'ai accepté. La semaine d'après tu m'as redemandé si je voulais rester et encore une fois j'ai dit oui. Puis cela est devenue une évidence, tu n'avais même plus besoin de me demander ! J'ai aimé chaque mercredi passé avec toi, et maintenant j'aime chaque jeudi. Merci pour toute ton aide, ta gentillesse, ton humour, ta patience et ta pédagogie. Je suis très reconnaissante de tout ce que tu fais pour moi, et j'ai la chance d'apprendre et de progresser chaque semaine à tes côtés ! Je suis aujourd'hui très fière d'être ton attachée !

À M. le Docteur Denis Bouter

Docteur en Chirurgie dentaire

Docteur de l'Université Paris Descartes

Maitre de Conférences des Universités, Faculté de Chirurgie dentaire Paris Descartes

Praticien Hospitalier, Assistance Publiques-Hôpitaux de Paris

Merci d'avoir accepté de faire partie de ce jury.

À Mme le Docteur Marie Sevin

Docteur en Chirurgie dentaire

Docteur de l'Université Paris Descartes

Assistant Hospitalo-Universitaire, Faculté de Chirurgie dentaire Paris Descartes

Marie, je pense que tu ne t'en souviens pas mais la première fois que l'on a travaillé ensemble, c'était pour une endo un jeudi. Et je n'avais pas fait d'endo depuis quelques temps, j'étais stressée comme d'habitude, je n'avais jamais utilisé de system b. Et je me souviens très bien t'avoir demandé de venir dans mon box pour me rassurer. Toi, tu m'as posé des questions sur le protocole, je t'ai répondu et tu m'as dit non c'est bon tu sais le faire ! Et ça a été comme ça toute ma T1 et même lorsque j'étais ton attachée, tu m'as tout de suite fait confiance. Tu es la première à avoir cru en moi et à m'avoir dit tu peux le faire, tu sais le faire, tu n'as pas besoin de moi et je ne te remercierai jamais assez pour ça !

À Sarah,

Merci pour ce que tu as fait pour moi, tu es plus qu'une amie tu es une sœur. Je repense à toutes ces soirées passées ensemble, tous ces rires, ces pleurs, ces danses, ces moments de shopping en ligne, et je pense à l'avenir, à tous ces voyages que l'on s'est promis, tous nos projets, nos ambitions ! Crois en ton destin, je remercie le mien chaque jour de t'avoir rencontré !

À Elodie,

Ça a tout de suite été une évidence notre amitié, je n'oublierai jamais toutes ces soirées, nos talents de chanteuses sur Céline Dion ou Michel Sardou, nos rires, ... On s'est vu grandir professionnellement, personnellement et maintenant tu vas devenir maman et je serai encore à tes côtés à chaque nouvelle étape de ta vie ! Tata Chacha a hâte de rencontrer sa petite princesse !

À Marie-Astrid,

Je te remercierai jamais assez de m'avoir poussé à partir au Québec, grâce à ce choix m'a vie a changé. Tu es toujours là dans les bons comme dans les mauvais moments malgré la distance. Tu me manques chaque jour mais je sais que notre amitié sera éternelle

À Mélanie

Je nous revois encore galérer pendant tous ses TP en précliniques, mais je savais qu'avec toi ma journée serait ensoleillée. Merci ma binôme pour tout ce que tu as fait pour moi !

Un grand merci à tous les colombiens et les colombiennes (et aussi à ma petite Hakimiette, à Patricia...). J'ai énormément appris et progressé avec vous les T1, je vous ai vu grandir mes zouz : Rebecca, Alice, Prianga, les Camille et les Chloé, Alexia, Fatou...

Merci à ma plus vieille amie Léa qui est là depuis mon premier jour d'école et qui est encore là aujourd'hui.

Merci à tous ceux qui ont croisé mon chemin à Tours, Montpellier, Québec et maintenant à Paris : Morgane, Andréa, Mathilde, Barbara, Charlène, Pierre, Clotilde, Hélène, Priscilia,...

Merci à mes parents, qui m'ont soutenu et qui ont cru en moi depuis le début. Merci à mon frère et à ma belle sœur, à mes grands parents à tous mes oncles et tantes, mes cousins, cousines... A ma filleule Albanne et Ethan pour tout le soutien qu'ils m'ont apporté avec leurs innocences et leurs soutiens.

Merci à ma collègue Ana, grâce à toi je vais travailler au cabinet chaque jour avec le sourire et même dans les moments difficiles tu es là pour me faire rire ! Merci au Dr Berthier de m'avoir permis de faire mes premiers pas en cabinet et de me laisser exercer comme je le veux, grâce à vous j'ai beaucoup appris. Merci à toutes les assistantes du cabinet de Mainvilliers pour votre gentillesse à mon égard et pour votre travail.

Table des matières

Introduction	3
1 : L'imagerie en endodontie.....	4
1.1. Historique.....	4
1.2. Radioprotection	5
1.2.1. Définition.....	5
1.2.2. Les effets déterministes et stochastiques.....	6
1.2.3. Les trois grands principes de radioprotection.....	6
1.3. La radiographie en deux dimensions.....	8
1.3.1. Radiographie extra-orale.....	8
1.3.2. Radiographie intra-orale	8
1.4. Radiographie en trois dimensions.....	11
1.4.1. Le scanner.....	11
1.4.2. Le Cone Beam.....	12
2 : Les instruments fracturés	17
2.1. Mécanismes de la fracture instrumentale	17
2.1.1. L'acier inoxydable.....	17
2.1.2. L'alliage en Nickel Titane (NiTi)	18
2.2. Les causes de fracture instrumentale	20
2.2.1. L'anatomie radiculaire.....	20
2.2.2. Complexité du réseau endodontique.....	22
2.2.3. Les calcifications canalaires.....	27
2.2.4. Non respect du protocole.....	29
2.3. La gestion des fractures instrumentales	34
2.3.1. Le bypass	34
2.3.2. Les techniques de dépose	35
2.3.3. Autres techniques.....	39
2.3.4. Recommandations.....	39
3 : L'apport du Cone Beam dans l'étude des fragments.....	41

3.1. Les limites de la radiographie en deux dimensions	41
3.1.1. Le nombre de racines	42
3.1.2. Le nombre de canaux	42
3.1.3. Les résorptions externes et internes	43
3.1.4. Les lésions péri-apicales	44
3.1.5. Les perforations ou stripping.....	45
3.1.6. Les instruments fracturés	46
3.2. Analyse du fragment instrumental.....	46
3.2.1. La localisation tridimensionnelle.....	46
3.2.2. La dimension.....	47
3.2.3. Le type d'instrument	48
3.3. Etude tridimensionnelle de l'anatomie dentaire.....	48
3.3.1. Epaisseur de dentine résiduelle et fracture radiculaire	48
3.3.2. La racine mésio-vestibulaire des molaires maxillaires	50
3.3.3. Les prémolaires maxillaires	52
3.3.4. Les molaires mandibulaires	53
3.3.5. Les particularités anatomiques	54
3.4. Apport du Cone Beam au choix de la technique	54
Conclusion	57
Bibliographie	58
Table des figures.....	63
Table des tableaux.....	65

Introduction

La fracture d'un instrument endodontique est un incident thérapeutique rencontré par de nombreux praticiens. Le traitement endodontique a pour but la désinfection de l'ensemble du réseau canalaire, or la présence d'un instrument peut gêner ce bon nettoyage. Aujourd'hui il existe de nombreuses techniques de dépose instrumentale, mais qui entraînent toutes une perte de substance dentinaire importante augmentant le risque de fracture dentaire.

Les radiographies rétro-alvéolaires en deux dimensions sont essentielles et obligatoires lors d'un traitement endodontique, mais elles possèdent de nombreuses limites. Depuis quelques années le recours à l'imagerie en trois dimensions (cone beam ou CBCT) est de plus en plus courant.

La possibilité de visualiser l'instrument (en termes de taille, de longueur et de position) et la racine dans laquelle il est fracturé dans les trois sens de l'espace ouvrent de nouvelles possibilités.

L'analyse pré-opératoire à l'aide du cone beam peut-elle apporter une aide dans le choix de la technique de dépose afin d'éviter les fractures radiculaires consécutives à ce type de soin ?

Pour répondre à cette question, nous parlerons tout d'abord de l'imagerie utilisée en endodontie et notamment du principe de fonctionnement, des indications, des avantages et des inconvénients du CBCT.

Dans une seconde partie, nous traiterons des fractures instrumentales (types de limes, mécanismes et causes de fracture) et nous présenterons les différentes techniques de dépose standard.

Pour terminer, nous détaillerons les limites de la radiographie en deux dimensions et l'apport du CBCT dans l'analyse détaillée du fragment instrumental et de l'anatomie dentaire puis nous proposerons un arbre décisionnel.

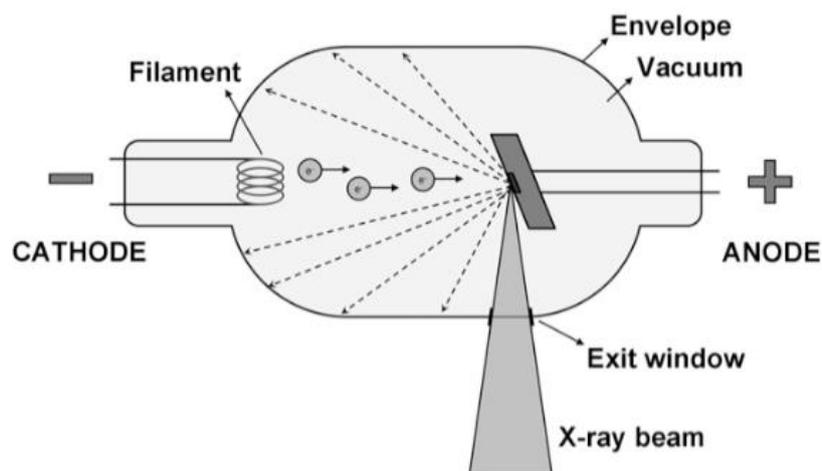
1 : L'imagerie en endodontie

1.1. Historique

La première radioscopie a été réalisée par Wilhelm Conrad Röntgen en 1895. Pour cela il utilisa un tube de Crookes qu'il plaça dans une boîte en carton, hermétique à la lumière. Un écran de platinocyanure de barium était placé en face du tube à l'écart de la lumière. Cet écran se composait d'une substance fluorescente sensible à la lumière visible.

Il remarqua que malgré l'éloignement de l'écran du tube, ou l'interposition d'objet tels qu'une feuille de papier, du bois, du verre... l'écran demeure fluorescent. C'est ainsi que Röntgen découvrit de nouveaux rayonnements qu'il nomma rayons X, lettre symbolisant l'inconnue en mathématiques.

Figure 1 : Tube de Crookes

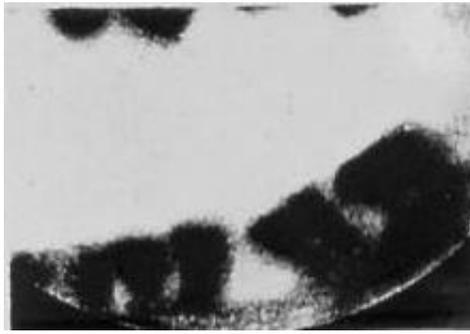


Source : Pauwels et al., « Technical aspects of dental CBCT: state of the art », 2015

Quelques semaines plus tard Otto Walkhoff réalise la première radiographie dentaire de ses propres dents, avec un temps d'exposition de 25 minutes. ¹

¹ Riaud, « Première radiographie dentaire (1896) - Histoire de la médecine. »

Figure 2 : Première radiographie dentaire de Walkhoff



Source : Rousseau, « Radiographies du Dr Walkhoff réalisées par Giesel », 2000

La radiographie médicale se développe alors dans le monde entier à partir de 1896. La première installation radiographique est apparue en France en 1897 à l'hôpital Tenon, dans le service de médecine générale du Dr Bécclère. Elle permettait de réaliser des radiographies du thorax et des poumons et servait dans le diagnostic de la tuberculose.

Les premiers manipulateurs radiologiques n'utilisaient pas de protection, leurs mains étaient donc la partie du corps la plus exposée. La plupart d'entre eux présentaient, après quelques années, des radiodermites (brûlures au niveau des mains) entraînant des amputations des doigts, des mains et même des décès. Le corps médical s'est ainsi rendu compte de la dangerosité des rayons X et c'est ainsi qu'est née la radioprotection.

1.2. Radioprotection

1.2.1. Définition

La radioprotection regroupe l'ensemble des règles, des procédures et des moyens de prévention et de surveillance visant à empêcher ou réduire les effets nocifs des rayonnements. L'objectif est de protéger la population ainsi que les travailleurs et les patients contre les effets nocifs des rayonnements ionisants produits sur les personnes directement ou indirectement exposées.

Il faut distinguer le rayonnement primaire issu directement du tube à rayons X du rayonnement secondaire qui est la diffusion d'une partie des rayons X reçus par tout objet (patient, fauteuil, murs...)².

² Gauron, « Médecine et rayonnements ionisants : fiche d'aide à l'analyse des risques en radiologie dentaire endobuccale et textes applicables. ».

1.2.2. Les effets déterministes et stochastiques

La radioprotection vise à éviter l'apparition des effets déterministes et à réduire un maximum les effets stochastiques.

Les rayonnements ionisants peuvent produire deux types d'effet :

- Les effets déterministes qui entraînent la mort cellulaire. Ils apparaissent à des doses supérieures à un certain seuil déterminé en fonction du type de rayon et leur gravité croît avec la dose. Ils sont en général précoces mais peuvent aussi être tardifs.
- Les effets stochastiques qui entraînent des mutations cellulaires. Leur sévérité n'est pas liée à la dose utilisée. Ce sont des risques tardifs, aléatoires et dépourvus de seuil.³

1.2.3. Les trois grands principes de radioprotection

1.2.3.1. La justification de l'exposition

La radiographie est un examen complémentaire, qui ne peut contribuer à lui seul à poser un diagnostic. Cependant la radiographie est essentielle pour le diagnostic des lésions carieuses (rétro-coronaire), le diagnostic parodontal, la réalisation d'un traitement endodontique, le diagnostic chirurgical ou traumatologique et le suivi de l'évolution des lésions.

Selon le code de santé publique et l'article R. 43-51 du décret du 24 mars 2003 :

« Toute exposition d'une personne à des rayonnements ionisants, dans un but diagnostique, thérapeutique, de médecine du travail ou de dépistage, doit faire l'objet d'une analyse préalable permettant de s'assurer que cette exposition présente un avantage médical direct suffisant au regard du risque qu'elle peut présenter et qu'aucune autre technique d'efficacité comparable comportant de moindres risques ou dépourvue d'un tel risque n'est disponible. »

³ Salmon et Denmat, « Radioprotection au cabinet dentaire ».

1.2.3.2. L'optimisation de la dose

L'optimisation consiste à maintenir au niveau le plus bas possible les doses individuelles et le nombre de personnes exposées en prenant en compte les impératifs moraux, sociaux et économiques. Une fois décidé, un examen radiologique doit être réalisé de façon optimale, en réduisant l'exposition tout en conservant les qualités requises au diagnostic. C'est le principe ALARA (As Low As Reasonably Achievable).

1.2.3.3. La limitation de la dose individuelle

Les radiographies doivent uniquement être prises par des personnes qualifiées et dans le respect des principes de radioprotection. Toutes les procédures doivent être aussi précises que possible pour éviter la multiplication des expositions.⁴

La méthode la plus efficace pour réduire la dose est de garder le champ d'irradiation aussi réduit que possible. Ainsi l'utilisation d'un tube rectangulaire permet de réduire de 50 % le champ d'irradiation comparativement aux tubes circulaires.

En ce qui concerne les femmes enceintes, la dose d'irradiation reçue à l'abdomen est très faible en radiographie dentaire mais il est de bonne pratique de faire porter un tablier de plomb et de ne prendre que des radiographies nécessaires durant cette période.

Pour les enfants, le port d'un collier de plomb est recommandé pour protéger la thyroïde qui est un des organes les plus sensibles aux rayonnements ionisants et proches des régions dentaires.

Aucune personne non indispensable au déroulement de la radiographie ne doit se trouver dans la zone contrôlée durant l'exposition du patient. Si la présence du praticien est nécessaire celui-ci doit se tenir à une distance de 1,25 mètre minimum dans un angle de 90 à 120° par rapport au faisceau primaire.

⁴ Gauron, « Médecine et rayonnements ionisants : fiche d'aide à l'analyse des risques en radiologie dentaire endobuccale et textes applicables. ».

1.3. La radiographie en deux dimensions

1.3.1. Radiographie extra-orale

1.3.1.1 La radiographie panoramique

La radiographie panoramique est aussi appelée orthopantomogramme. Elle permet de voir en un seul cliché l'ensemble de la dentition et les structures avoisinantes. C'est un examen de « débrouillage ». Le principe de la radiographie panoramique repose sur la tomographie, c'est à dire une succession de coupes afin de distinguer plan par plan les structures anatomiques. Pour cela il faut que le tube à rayons X et la cassette soient mobiles, avec un mouvement simultané de sens contraire et que l'axe de rotation soit situé dans le plan de l'élément à radiographier. Tous les éléments qui se situent dans le plan ont une image stationnaire sur le film, ils sont donc nets. Les autres éléments en dehors du plan apparaissent flous et déformés.

1.3.2. Radiographie intra-orale

Ce type de cliché est utilisé quotidiennement dans les cabinets dentaires, cependant il reste un examen complémentaire qui aide à confirmer ou écarter un diagnostic mais il ne doit en aucun cas se substituer à l'examen clinique.

Les rayons X sont émis à partir d'un tube de Coolidge. Ils traversent ensuite la matière puis sont arrêtés sur un capteur. L'image alors formée sur le capteur est le résultat des différents niveaux d'atténuation des rayons X par la matière.

Nous nous intéresserons dans le cadre de cette thèse aux clichés radiologiques qui sont utiles au bon déroulement d'un traitement endodontique.

1.3.2.1. Radiographie rétro-alvéolaire

Elle est essentielle à la réalisation du traitement endodontique, en effet d'un point de vue médico-légal une radiographie pré, per et post opératoires sont obligatoires.

Les critères de réussite d'une radiographie rétro-alvéolaire sont :

- La visualisation : elle doit montrer la totalité de chaque dent d'intérêt de la couronne à l'apex, ainsi que les structures environnantes,

- La reproduction critique : l'image doit avoir une densité et un contraste suffisants pour analyser correctement les différents tissus dentaires, les espaces desmodontaux et les structures osseuses.

Afin de faciliter la prise d'un cliché radiographique, il est possible d'utiliser un angulateur de Rinn qui se compose d'un bloc de morsure, d'un anneau de visée et d'une tige métallique.

Il y en a des spécifiques pour les dents antérieures ou les dents postérieures et le type de cliché souhaité (rétro-coronaire ou alvéolaire). Il existe également un angulateur spécial pour l'endodontie qui permet de laisser le crampon et la digue en place pendant le cliché.

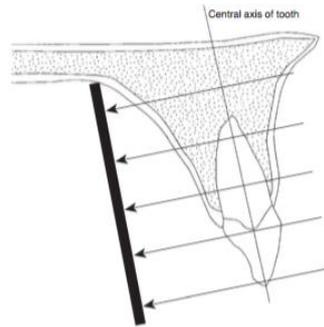
Figure 3 : Angulateur de Rinn® (rétro-alvéolaire, antérieur et pour l'endodontie)



Source : Hôpitaux universitaires Paris Nord Val de Seine, « Radiographie intra orale », 2017

L'angulateur de Rinn permet d'utiliser la technique des plans parallèles. Dans le sens vertical, le film est placé parallèlement au grand axe de la dent. Dans le sens horizontal, le film est placé parallèlement à l'arcade. Le faisceau de rayons X est donc perpendiculaire à la dent et au film, afin de minimiser le risque de déformation de l'image.

Figure 4 : Position idéale du film par rapport au faisceau de rayons X avec la technique des plans parallèles



Source : White et Pharoah, « Oral radiology principles and interpretation », 2009

La radiographie pré-opératoire permet une estimation de la longueur de travail et l'anticipation des complications du traitement endodontique (axe de la dent, pulpolithe, calcifications canalaire, courbures canalaire...).

La radiographie per-opératoire permet de confirmer le bon déroulement de la mise en forme canalaire, elle peut être réalisée avec des limes ou des cônes de Gutta Percha.

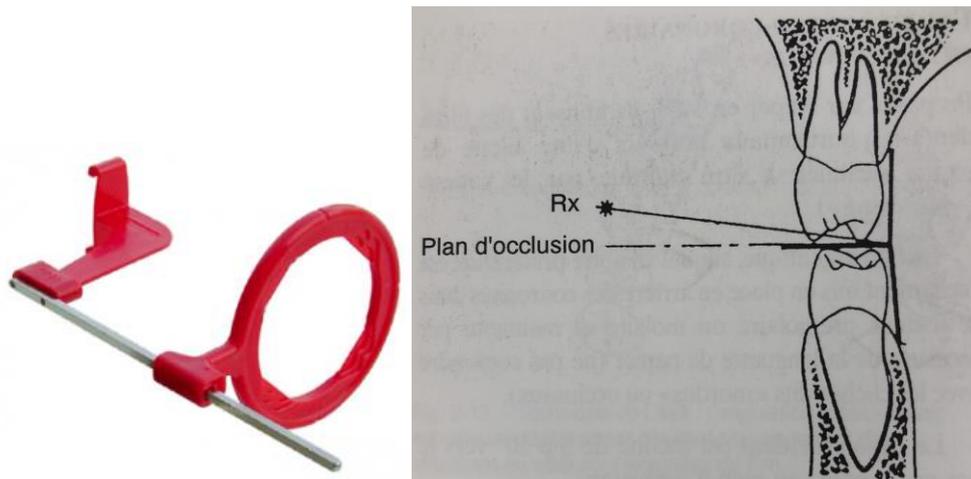
Enfin la radiographie post-opératoire permet le contrôle de l'obturation du système canalaire. Elle doit être réalisée sans crampons et prouver la mise en place d'une obturation coronaire transitoire.

1.3.2.2. Radiographie rétro-coronaire

La radiographie rétro-coronaire ou bite-wing est la technique de choix dans la détection des caries interproximales. Mais elle peut également s'avérer utile dans l'évaluation du volume de la chambre camérale : proximité du plancher et présence de pulpolithe.

Pour que les rétro-coronaires soient lisibles et reproductibles, il est possible d'utiliser un angulateur de Rinn. Le film doit être placé équitablement par rapport aux arcades antagonistes et parallèlement aux zones à radiographier. L'incidence des rayons X doit être descendante de 5 à 10° par rapport au plan d'occlusion et perpendiculaire au film.

Figure 5 : Angulateur de Rinn (rétro-coronaire) et angulation du faisceau de rayons X



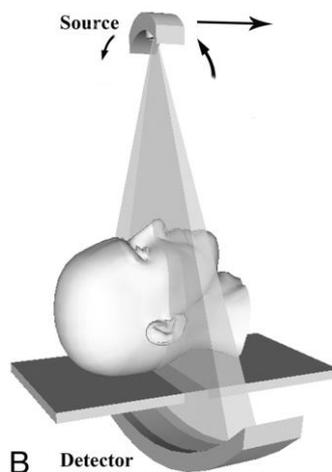
Source : Cavézian, Pasquet, et Bel, *Imagerie dento-maxillaire : approche radio-clinique*, 2006

1.4. Radiographie en trois dimensions

1.4.1. Le scanner

Le principe de fonctionnement du scanner est la superposition de coupes lors de la rotation du système. Le faisceau de rayons X est plat et continu.⁵ Nous ne détaillerons pas le scanner car comme nous le verrons plus loin, il n'est pas possible de posséder un scanner au sein d'un cabinet dentaire.

Figure 6 : Faisceau plat du scanner



Source : Miracle, Mukherji, « Conebeam CT of the head and neck, Part 1: Physical Principles », 2009

⁵ Patel et al., « The potential applications of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems ».

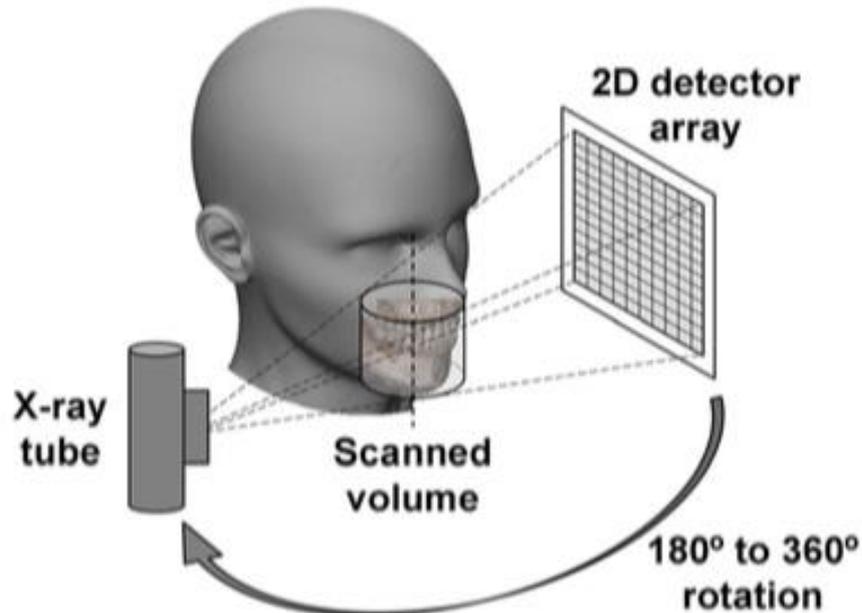
1.4.2. Le Cone Beam

1.4.2.1. Principes de fonctionnement

Le Cone Beam Computed Tomography (CBCT) aussi appelé tomographie volumique à faisceaux coniques (TVFC) en français est apparu dans les années 90. La tomographie consiste à obtenir une image de coupe selon un plan vertical, horizontal ou oblique et des images dans les trois sens de l'espace : sagittal, axial et coronal.

Le CBCT se compose d'un générateur à rayons X émettant un faisceau conique, d'un détecteur plan et d'un système informatique permettant de traiter les images. Le tube à rayons X et le détecteur sont solidaires et l'un en face de l'autre. Ils effectuent tous les deux une rotation autour de la tête du patient de 180 à 360°. A chaque degré de rotation, le générateur émet un faisceau pulsé de rayon X, qui traverse le volume à étudier et ressort atténué. Ce faisceau est ensuite capturé par le récepteur plan, ce sont les données brutes. Ces données sont ensuite transmises à un ordinateur, qui grâce à un logiciel d'algorithme mathématique permet une reconstruction tridimensionnelle du volume étudié. ⁶

Figure 7 : Faisceau conique du CBCT



Source : Pauwels et al, « Technical aspects of dental CBCT: state of the art », 2015

⁶ Venkatesh et Elluru, « Cone beam computed tomography: basics and applications in dentistry ».

1.4.2.2. Indications selon la Haute Autorité de Santé

En décembre 2009, la Haute Autorité de Santé (HAS) a émis un rapport sur les indications de la tomographie volumique à faisceau conique.⁷

Celle-ci préconise l'utilisation du CBCT dans des cas bien particuliers :

- bilan péri-apical pré-chirurgical particulièrement dans la région maxillaire postérieure ou dans la région du foramen mentonnier,
- recherche et localisation d'un canal radiculaire supplémentaire,
- bilan d'une pathologie radiculaire type fracture, résorption et/ou péri-apicale.

Le groupe de travail stipule que l'examen, pour l'exploration endodontique, exige une précision et une définition nécessitant une forte résolution spatiale et donc une forte dose d'irradiation.

1.4.2.3. Avantages du Cone Beam par rapport au scanner

1.4.2.3.1. Faible dose d'exposition

En imagerie tridimensionnelle, la dose d'exposition aux rayons X reçue par le patient est beaucoup plus faible avec un cone beam qu'avec un scanner.

Tableau 1 : Dose d'exposition aux rayons X

Techniques radiologiques	Doses en μSv (unité utilisée pour évaluer quantitativement l'impact des rayonnements ionisants sur l'homme)
Cliché rétro-alvéolaire	4 à 8 μSv
Radiographie panoramique	10 à 25 μSv
Cone beam	50 à 250 μSv
Scanner	300 à 1300 μSv
Scanner abdominal	8 000 μSv

Source : Auteur, Récapitulatif, 2018

⁷ Saint Pierre et al., « Haute Autorité de Santé - Tomographie volumique à faisceau conique de la face (cone beam computerized tomography) ».

1.4.2.3.2. Rapidité du balayage et de l'acquisition des images

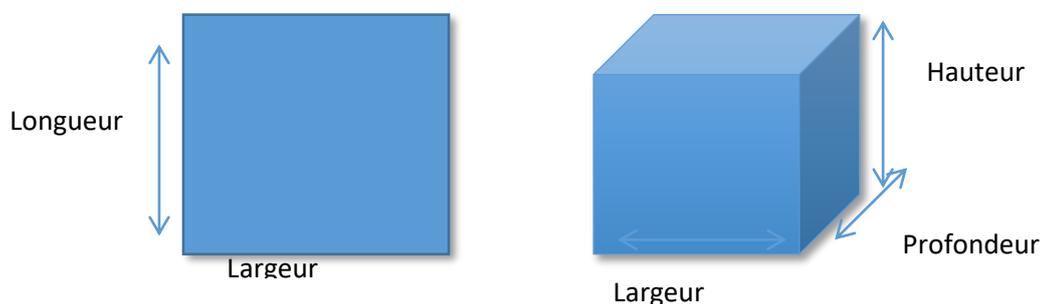
Le temps d'exposition aux rayons X pendant l'examen radiographique est très court, en moyenne 20 à 40 secondes selon les modèles. La rapidité de cet examen diminue le risque de mouvement du patient et permet ainsi de limiter le risque d'artefact.

Le temps de traitement des images par l'ordinateur peut, lui, varier de 3 à 5 minutes. Le cone beam est donc un examen très rapide à réaliser, car il n'y a qu'une seule rotation avec une impulsion de rayons X.

1.4.2.3.3. Qualité et précision de l'image

La qualité et la précision des images en deux dimensions sont définies par les pixels. Un pixel est un point d'une image électronique défini par une hauteur et une largeur et est caractérisé par un niveau de gris. Ce sont ces milliers de pixels aux niveaux de gris différent assemblés qui forment une image.⁸ Le voxel est l'unité qui permet de définir la qualité d'une image en trois dimensions puisqu'elle associe le pixel dans les trois sens de l'espace.

Figure 8 : Pixel à gauche et voxel à droite



Source : Auteur, 2018

Le CBCT utilise des voxels isométriques c'est à dire dont les dimensions sont égales dans les trois sens de l'espace. La taille du pixel conditionne la qualité de l'image. Plus le pixel est petit, plus le contraste entre les niveaux de gris est visible et donc plus l'image apparaît comme nette.⁹ Le CBCT peut produire un voxel avec une dimension allant de 75 μm à 100 μm . En comparaison le scanner produit des voxels avec une résolution maximale de 300 μm . Le CBCT possède donc une plus grande précision et qualité d'image, c'est pourquoi, des structures ou éléments peuvent être visibles sur un CBCT et « floutés » sur un scanner.

⁸ Pauwels et al., « Technical aspects of dental CBCT ».

⁹ Scarfe et Farman, « What is Cone-Beam CT and How Does it Work? »

Figure 9 : Comparaison d'une coupe axiale d'un scanner à gauche et d'un CBCT à droite

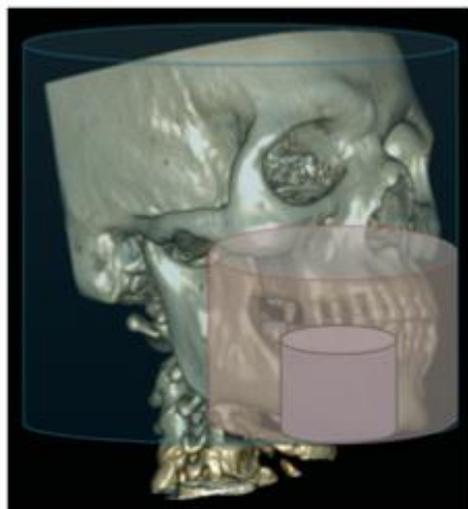


Source : Teman et al., « Stratégie des explorations en imagerie dentaire et maxillofaciale », 2010

1.4.2.3.4. Choix du champ d'exposition

Le cone beam permet de sélectionner plusieurs tailles de champ d'exposition (petit, moyen ou grand champ), afin de radiographier uniquement une arcade (maxillaire ou mandibulaire), ainsi qu'une localisation (antérieure ou postérieure). Cela permet de réduire la dose d'exposition aux rayons pour le patient, et évite ainsi une irradiation inutile contrairement au scanner où le massif maxillo-facial est irradié entièrement.¹⁰

Figure 10 : Différentes tailles de champ : petit (4 x 5 cm), moyen (8 x 8 cm) et grand (10 x 10 cm)



Source : Felizardo et Duverneuil , « Tomographie volumique à faisceau conique », 2018

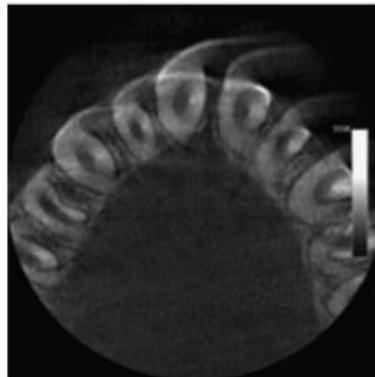
1.4.2.4. Inconvénients :

¹⁰ Kiljunen et al., « Dental cone beam CT ».

1.4.2.4.1. Artefacts

Les artefacts d'image peuvent être définis comme des régions dans l'image qui sont aberrantes (qui ne correspondent pas à l'objet réel) et qui sont déterministes (non aléatoires) par rapport aux données de projection.¹¹ Ces artefacts peuvent compliquer l'analyse du cone beam, et le rendre illisible s'ils sont trop présents. Les artefacts métalliques sont dus à la présence d'objets métalliques comme des couronnes ou des inlay core. Les artefacts cinétiques sont liés aux mouvements du patient lors de l'examen radiologique.

Figure 11 : Artefact de mouvement



Source : Felizardo et Duverneuil , « Tomographie volumique à faisceau conique », 2018

1.4.2.4.2. Manque de contraste pour les tissus mous

Le CBCT ne permet pas un contraste suffisant pour l'étude et le diagnostic des tissus mous. Dans ce cas, le scanner offre une meilleure résolution et un meilleur contraste.

1.4.2.4.3. Coût de l'acquisition

Le prix d'acquisition d'un système CBCT varie entre 85 000 et 300 000 euros, celui d'un scanner varie autour d'un million d'euros. Le CBCT est un gros investissement pour un cabinet dentaire mais ne nécessite pas d'autorisation particulière. L'installation d'un scanner n'est autorisée que pour les radiologues.¹²

La nomenclature de l'Assurance Maladie inclut le Cone Beam s'il est utilisé dans le cadre des recommandations de la Haute Autorité de Santé, le montant est de 69€.

Si le CBCT est réalisé dans le cas d'une planification de traitement implantaire, l'acte n'est pas pris en charge et le montant des honoraires est fixé par le praticien.

¹¹ Schulze et al., « Artefacts in CBCT ».

¹² Teman et al., « Stratégie des explorations en imagerie dentaire et maxillofaciale ».

2 : Les instruments fracturés

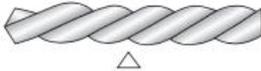
2.1. Mécanismes de la fracture instrumentale

2.1.1. L'acier inoxydable

Aujourd'hui les instruments manuels en acier inoxydable sont constitués de 72 % de fer et 12 % de chrome, le pourcentage de fer a diminué dans la fabrication pour les rendre moins sensibles à la corrosion. Ils ont en revanche perdu en pouvoir de coupe.

Parmi les instruments en acier inoxydable utilisés au cours du traitement endodontique, on retrouve les limes K (symbole carré), les limes H (symbole rond), les broches (symbole triangle) et les tire nerfs.¹³

Figure 12 : Lime K, Lime H, et broche

Instruments	Lime K	Lime H	Broche
Photographie			
Radiographie			
Profil et section	 □ / △	 ○	 △

Source : Arbab-Chirani et al. , « Instrumentation canalaire de préparation », 2010

Les limes K :

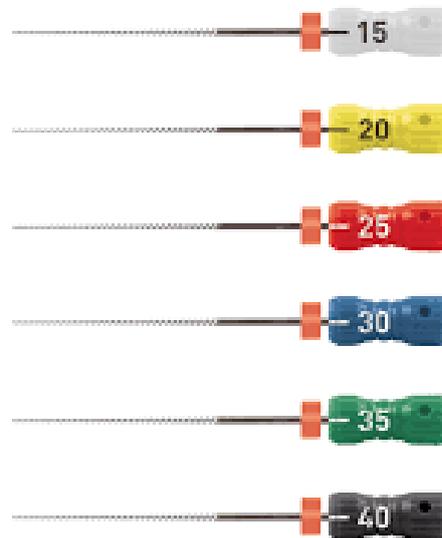
Les limes K existent en différentes longueurs (21mm, 25mm, 28mm et 31mm), et possèdent une conicité de 2 %. La conicité est une augmentation de la section transversale par millimètre. La partie active de la lime est de 16mm, ainsi le diamètre en fin de partie travaillante équivaut au numéro de la lime plus 0,32mm.

Elles sont fabriquées par usinage torsadage c'est à dire usinage d'un cylindre en une ébauche pyramidale de section triangulaire ou quadrangulaire qui subira secondairement une torsion. Cet

¹³ Arbab-Chirani et al., « Instrumentation canalaire de préparation ».

usinage torsadage apporte une plus grande résistance à la rupture et une déformation avant rupture par sursprialisation ou désrialisation.¹⁴

Figure 13 : Limes K



Source : Orodent, « Lime K », 2018

Elles sont utilisées en rotation (en quart de cercle) ou en traction. Ce sont des instruments stérilisables qui peuvent être réutilisés s'ils n'ont pas subi trop de contraintes. Les limes K sont sensibles à la fracture par torsion et non à la fracture par fatigue cyclique.

Les limes K sont essentiellement utilisées au cours du traitement endodontique pour le cathétérisme (K10), le calcul de la longueur de travail (K15), le maintien de la perméabilité apicale (K10) tout au long du nettoyage et de la mise en forme en canalaire.

2.1.2. L'alliage en Nickel Titane (NiTi)

L'alliage en Nickel Titane est apparu en France dans les années 90 pour un usage dentaire, il compose aujourd'hui la plupart des instruments utilisés dans le traitement endodontique. Il en existe de différentes marques mais les Protaper de Dentsply Maillefer sont les plus couramment utilisés en France. Cet alliage en nickel titane est un mélange composé de 44 % de titane et 56 % de nickel.

Le NiTi fait partie de la famille des alliages à mémoire de forme qui présente des propriétés pseudo-élastique remarquables reposant sur une transformation micro-structurale réversible à l'état solide de type martensitique.

¹⁴ Arbab-Chirani et al.

Ce sont des alliages qui présentent au moins deux structures différentes avec une transformation qui permet le passage entre les deux : de l'état d'austénite (de haute température) à l'état de martensite (de basse température).

Cette transformation d'austénite en martensite peut être provoquée par l'abaissement de température ou par l'application d'une contrainte.

Elle est caractérisée par 4 températures :

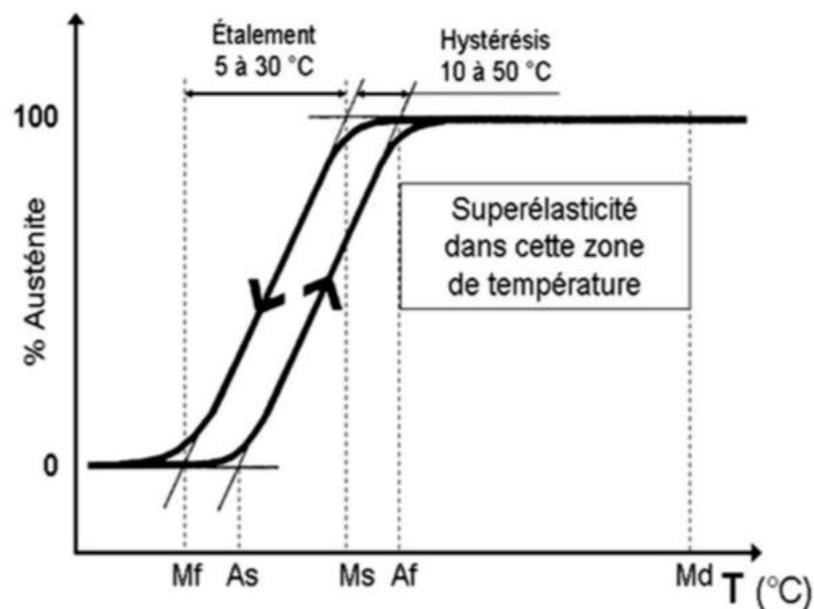
- Ms (Martensite Start) : température en dessous de laquelle la martensite apparaît spontanément
- Mf (Martensite Finish) : température en dessous de laquelle, la transformation d'austénite en martensite est complète

Entre Ms et Mf, il y a coexistence des 2 phases (martensite et austénite).

Au cours de l'élévation de la température :

- As (Austenite Start) : température au-dessus de laquelle l'austénite apparaît spontanément
- Af (Austenite Finish) : température au-dessus de laquelle la transformation de martensite en austénite est complète. Af est toujours supérieure à Ms.

Figure 14 : Comportement de l'alliage en Nickel Titane



Source : Jordan et Rocher, « Les alliages Nickel Titane », 2010

2.1.2.1. Fracture par torsion

Lorsque l'instrument est engagé dans le réseau canalaire, il subit des contraintes qui vont entraîner une déformation élastique. Après suppression des contraintes, l'instrument reprend sa forme initiale. Mais si les contraintes sont supérieures à la limite d'élasticité du matériau celui-ci subit une déformation plastique permanente. Des contraintes encore supérieures entraîneront une rupture du matériau, c'est la fracture par torsion.¹⁵

L'augmentation du diamètre, de la conicité et donc de la masse centrale de l'instrument, augmente la résistance à la torsion.

2.1.2.2. Fracture par fatigue cyclique

La fracture par fatigue cyclique est liée à l'accumulation des contraintes subies par l'instrument. C'est la répétition de ces contraintes dues à l'anatomie radiculaire et au réseau endodontique qui entraînent ce type de fracture. Des canaux très courbes et des rayons de courbure faibles augmentent le risque de fracture par fatigue cyclique.¹⁶

En clinique, bien que les fractures résultent le plus souvent d'un mélange entre torsion et fatigue, l'effet de torsion est généralement largement prédominant dans la survenue des fractures.

2.2. Les causes de fracture instrumentale

2.2.1. L'anatomie radiculaire

2.2.1.1. Le degré de courbure

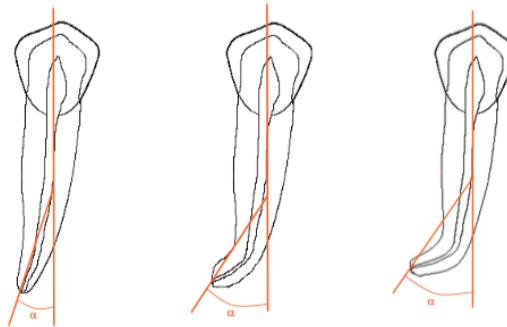
Le degré de courbure apparaît comme l'un des facteurs les plus importants, Schneider a créé en 1971 une classification largement reprise dans les études. Elle repose sur la valeur de l'angle α , compris entre l'axe général de la dent et la droite joignant le foramen apical au début de la courbure. Elle comporte trois catégories : les canaux droits ($\alpha < 5^\circ$), les canaux modérément courbes ($5^\circ < \alpha < 25^\circ$) et les

¹⁵ Varghese et al., « Resistance to torsional failure and cyclic fatigue resistance of ProTaper Next, WaveOne, and Mtwo files in continuous and reciprocating motion ».

¹⁶ Pedullà et al., « Cyclic fatigue resistance of three different nickel-titanium instruments after immersion in sodium hypochlorite ».

canaux sévèrement courbes ($\alpha > 25^\circ$).

Figure 15 : Le degré de courbure



Source : Schneider, « A comparison of canal preparations in straight and curved root canals », 1971

Tableau 2 : Pourcentage de fracture selon le degré de courbure

Separated file type	Curvature < 10°		Curvature = 10°-25°		Curvature > 25°		Total
	n	%	n	%	n	%	
Shaping files	7	25.0	9	32.1	12	42.9	28
Finishing files	5	11.9	11	26.2	26	61.9	42
Total	12	17.1	20	28.6	38	54.3	70

Source : Wu, « Instrument separation analysis of multi-used ProTaper Universal rotary system during root canal therapy », 2011

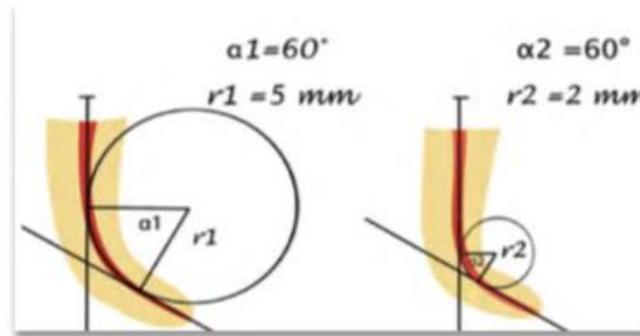
Ainsi plus le degré de courbure augmente, plus le risque de fracture instrumentale augmente. On remarque également que pour un faible degré de courbure les shaping files sont plus fracturés, et que pour un degré de courbure élevé les finishing files sont plus sensibles à la fracture.¹⁷

¹⁷ Wu et al., « Instrument separation analysis of multi-used ProTaper universal rotary system during root canal therapy ».

2.2.1.2. Le rayon de courbure

Le rayon de courbure indique le niveau d'incurvation, plus il est grand plus il se rapproche d'une ligne droite. Ainsi plus le rayon de courbure est petit, plus la courbe est franche et plus le risque de fracture instrumentale augmente.

Figure 16 : Le rayon de courbure



Source : Bronnec, Caron, « Le traitement endodontique des premières molaires », 2008

2.2.2. Complexité du réseau endodontique

L'anatomie canalaire ne se résume pas à un canal par racine avec seulement une entrée et une sortie. En réalité la situation est bien plus complexe et l'on préférera la dénomination de réseau canalaire plus adaptée à la réalité anatomique interne de la dent.

La dent est généralement divisée en trois parties : le tiers coronaire, le tiers moyen et le tiers apical.

Le plus souvent la zone présentant le plus de variations anatomiques est la partie apicale du canal, l'apex.

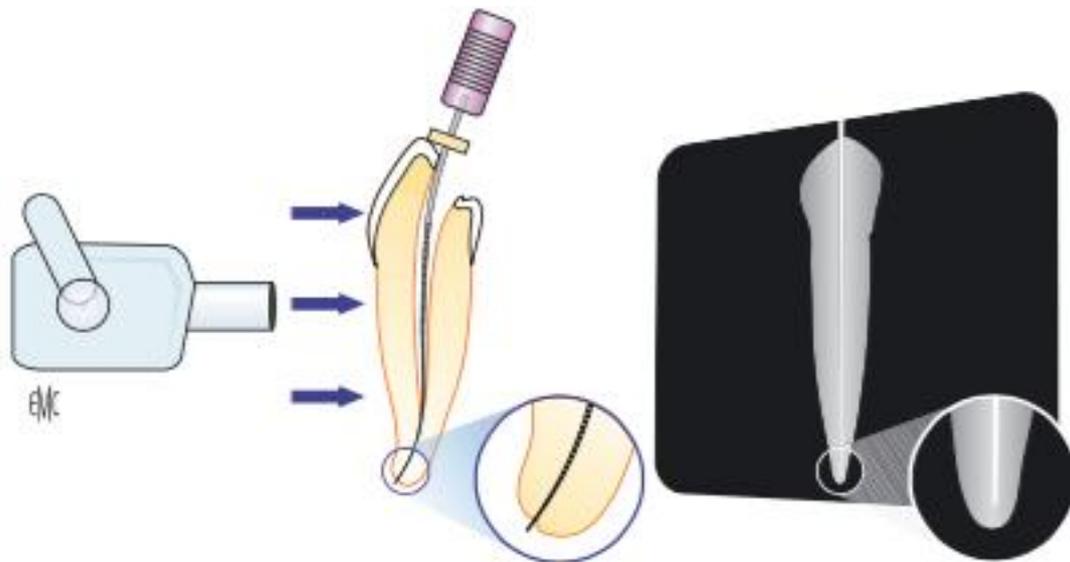
C'est pourquoi il est important de redéfinir différents termes et de revoir certaines classifications :

Apex anatomique : Extrémité morphologique de la racine ou dôme apical ou Vertex de la racine dentaire.

Apex radiologique : C'est la projection sur un cliché radiographique de la limite radulaire la plus éloignée de la couronne selon l'angulation utilisée. Il diffère de l'apex anatomique dans tous les cas où la racine présente une courbure apicale. Dans les cas d'une courbure vestibulaire ou palatine (courbures non radio-visible), l'incidence radiographique vestibulo-linguale ne permet pas de localiser

l'apex anatomique.¹⁸

Figure 17 : Différence entre l'apex radiologique et l'apex anatomique



Source : Pérard et al, « Choix de la limite apicale et de la longueur de travail », 2010

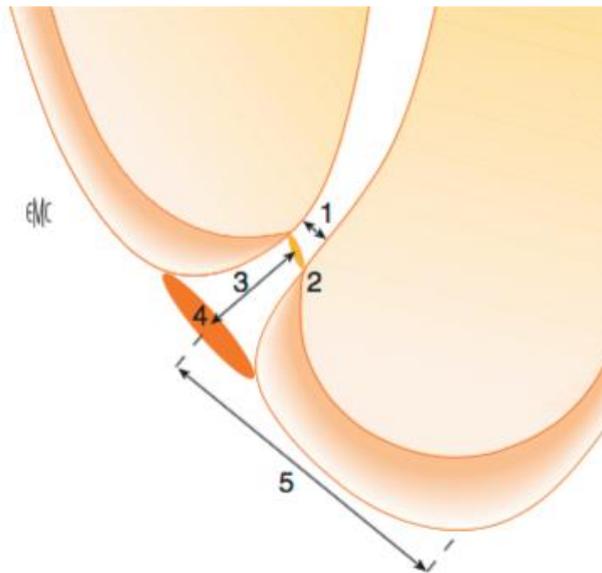
Le foramen apical : C'est la sortie principale du canal vers le parodonte

La constriction apicale : C'est le point le plus étroit apicalement, il permet de séparer deux structures triangulaires dont la constriction est le sommet commun.

La Jonction cémento-dentinaire ou JCD : C'est une structure purement histologique et sa localisation clinique est donc empirique. Le cément recouvre la partie externe de la racine mais remonte légèrement dans le canal par-delà le foramen. C'est alors à cet endroit, très variable d'une dent à une autre, que la dentine prend la continuité du cément.

¹⁸ Pérard et al., « Choix de la limite apicale et de la longueur de travail ».

Figure 18 : La région apicale d'après Kuttler



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

Source : Kuttler, « Microscopic investigation of root apexes », 1955

Seules trois structures sont décelables et identifiables cliniquement :

- l'apex radiographique visible sur une radio rétro-alvéolaire
- la constriction apicale que l'opérateur peut ressentir tactilement
- le foramen apical grâce au localisateur d'apex.

Du fait de par la constriction apicale et des contraintes exercées sur l'instrument, l'apex est une zone fréquente de fracture instrumentale.^{19 20}

¹⁹ Wu et al., « Instrument separation analysis of multi-used ProTaper universal rotary system during root canal therapy ».

²⁰ Iqbal, Kohli, et Kim, «A retrospective clinical study of incidence of root canal instrument separation in an endodontics graduate program ».

Tableau 3 : Type de Protaper fracturé en fonction de la localisation

File size	Fragment location in root canal		
	Apical third	Middle third	Coronal third
SX	0	2	0
S1	13	3	0
S2	9	1	0
F1	10	0	0
F2	20	0	0
F3	12	0	0
Total (%)	64 (91.4)	6 (8.6)	0 (0)

Source : Wu et al., « Instrument separation Analysis of Multi-used ProTaper universal rotary system during root canal therapy », 2011

Le tiers moyen du canal est lui aussi sujet à une anatomie complexe, qui engendre de nombreuses contraintes sur les instruments pouvant entraîner leurs fractures.

La complexité des canaux radiculaires a été mise en évidence par des études *in vitro* sur dents extraites. Ces canaux ont un dessin rarement régulier : ils sont souvent ovales voir très aplatis avec des irrégularités de surface et de parcours.

Pour décrire les ramifications, plusieurs classifications ont été proposées dont la plus utilisée est la classification de Weine.²¹ Celle ci possède 4 types de configuration canalaire dans chaque racine :

Type I : un seul canal partant de la chambre pulpaire jusqu'à l'apex

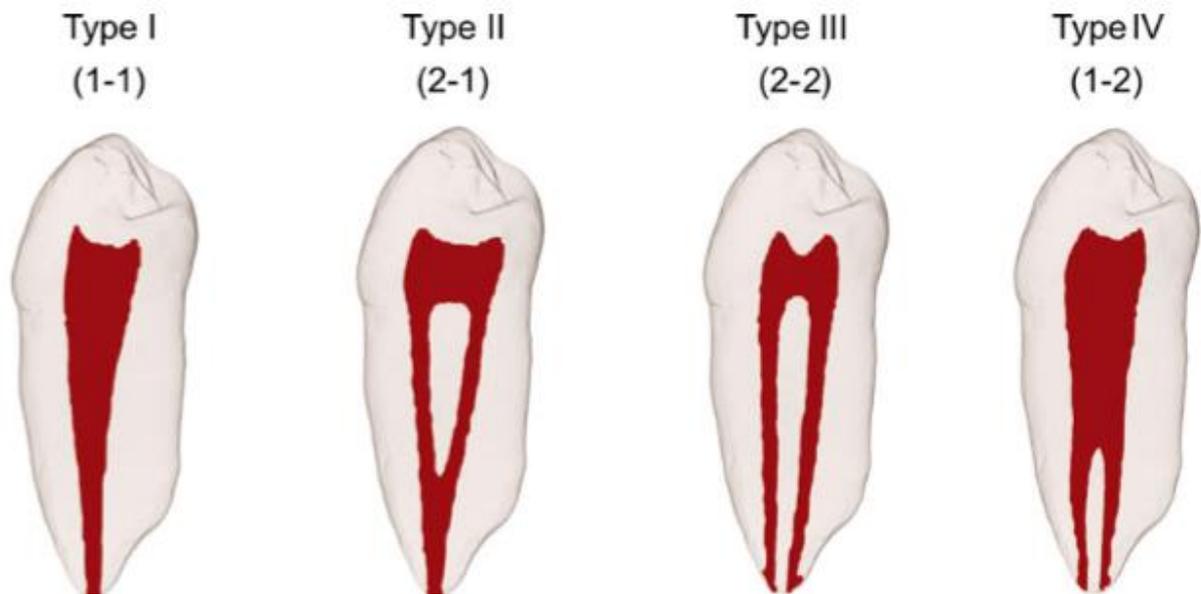
Type II : 2 canaux quittant la chambre pulpaire et se réunissant en un seul à proximité de l'apex

Type III : 2 canaux séparés et distincts quittant la chambre pulpaire jusqu'à l'apex et se terminant par 2 foramens apicaux différents.

Type IV : un canal quittant la chambre pulpaire et se divisant à proximité de l'apex par deux canaux séparés et distincts avec des foramina apicaux différents.

²¹ Ahmed et al., « A new system for classifying root and root canal morphology ».

Figure 19 : Classification de Weine



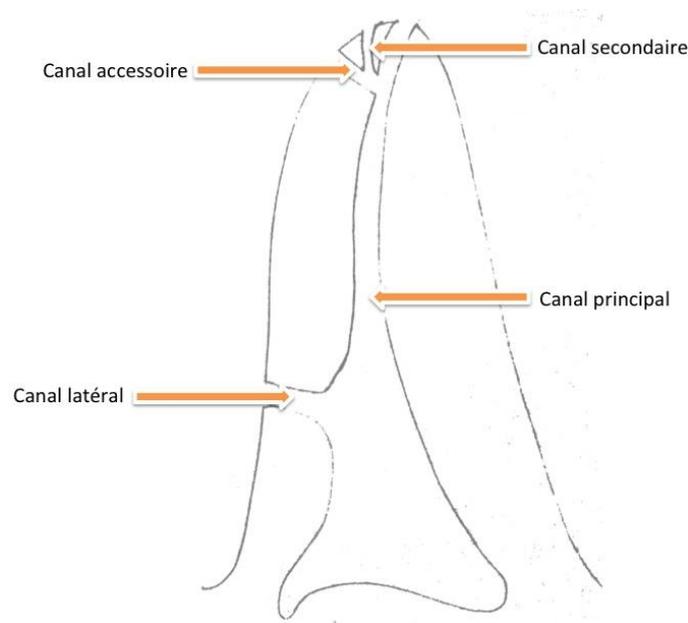
Source : Ahmed et al. , « A new system for classifying root and root canal morphology », 2016

En plus de la classification de Weine, qui s'intéresse au canal principal, s'ajoute la classification de De Deus qui elle caractérise les ramifications du réseau endodontique.

Il décrit 4 types de canaux :

- le canal principal : il se prolonge le long de la racine dès l'entrée canalaire au foramen apical,
- le canal latéral : c'est une émanation du canal principal située dans le tiers moyen ayant un trajet perpendiculaire au canal principal, il met en communication l'endodonte et le desmodonte (ex : canal latéral sur la face mésiale de la racine de l'incisive centrale maxillaire dans 12 % des cas),
- le canal secondaire se situe dans tiers apical et a un trajet oblique dans 90 % des cas, il relie le canal principal et le desmodonte,
- les canaux accessoires : ce sont des ramifications du canal secondaire.

Figure 20 : Classification de De Deus



Source : Auteur, 2018

Cette complexité du système canalaire augmente le risque de fracture instrumentale, de perforations, de stripping, de butée... C'est pourquoi le traitement endodontique doit respecter un protocole rigoureux afin de limiter le risque d'échecs.

2.2.3. Les calcifications canales

2.2.3.1. La sénescence

La sénescence est le vieillissement des tissus chez les êtres pluricellulaires. La pulpe subit ce phénomène, comme tous les autres tissus humains, en dehors de toute pathologie, inflammatoire ou autre.

Au cours de la vie de la dent sur l'arcade, il y a une formation continue de dentine ce qui conduit à une réduction du volume pulpaire.

Quelques rappels sur les différents types de dentine :

- Dentine I : dentine élaborée au cours de la dentinogenèse, jusqu'à la mise en fonction de la dent.
- Dentine II : dentine élaborée après l'édification radiculaire tout au cours de la vie au détriment du volume pulpaire initial.

- Dentine III : dentine élaborée à la suite d'une agression pathologique.

À 70 ans, la chambre pulpaire est presque entièrement comblée par une dentine secondaire de structure très irrégulière. L'apposition de dentine secondaire est plus importante au niveau du plafond et du plancher pulpaire, ce qui entraîne une réduction principalement centrale, non homothétique de la cavité pulpaire.²²

Figure 21 : Diminution du volume de la chambre pulpaire d'une molaire mandibulaire



Source : Auteur, 2018

Cette diminution de la chambre pulpaire augmente le risque de perforation du plancher lors de la réalisation de la cavité d'accès. Il y a également une diminution du volume canalaire qui multiplie les contraintes subies par l'instrumentation lors de la mise en forme. Ces contraintes favorisent le risque de fracture instrumentale et d'incidents type butée, fausse route.

Le réseau vasculaire et nerveux diminue, la paroi des capillaires s'épaissit et perd son élasticité. Ainsi le diamètre des éléments vasculaires et nerveux diminue ce qui entraîne une réduction du flux sanguin et une diminution de la sensibilité pulpo-dentinaire.

2.2.3.2. Les pulpolithes

Des calcifications dans la pulpe apparaissent à cause d'une matrice extracellulaire qui est devenue moins soluble.

²² Goldberg, « Pulpe dentaire : fonctions, structure et composition ».

Les pulpolithes sont surtout retrouvés dans les dents pluriradiculées et notamment les premières molaires maxillaires qui semblent plus atteintes que les autres dents.

Figure 22 : Pulpolithes



Source : Auteur 2018

Toutes ces variations n'entraînent aucun symptôme sinon une diminution de réponse aux tests de vitalité. A la radio, la structure interne de la dent montre une chambre pulpaire très réduite et des canaux très fins.

Lorsque la lumière canalaire est ainsi réduite, la surface de contact entre l'instrument et les parois canalaires augmente. La friction exercée peut entraîner le vissage et le blocage de l'instrument : c'est là que la fracture par torsion intervient.

2.2.4. Non respect du protocole

Le traitement endodontique doit suivre d'un protocole précis et rigoureux. Il se divise en une succession d'étapes :

- l'analyse préopératoire
- la cavité d'accès
- la mise en forme
- l'obturation

2.2.4.1. L'analyse pré-opératoire

Cette étape est essentielle afin d'anticiper les difficultés qui pourront apparaître lors du traitement. L'examen clinique endobuccal sera important pour évaluer l'axe de la dent, si elle est mésio ou distoversée, si elle est en rotation...

L'étude pré-opératoire de la radiographie permet d'apprécier :

- la hauteur des cornes pulpaire afin de faciliter la cavité d'accès
- l'estimation de la longueur de travail
- la présence de pulpolithe
- les différentes courbures canalaire
- la présence d'un canal calcifié

Figure 23 : Erreur d'axe dans la réalisation de la cavité d'accès



Source : Simon, « Cavité d'accès en endodontie », 2010

2.2.4.2. La cavité d'accès

La cavité d'accès constitue la première étape du traitement endodontique. Elle nécessite d'établir un accès direct au système canalaire de façon à assurer aux instruments endodontiques le libre passage lors de la préparation canalaire.

Si cet accès présente des défauts de position, de profondeur, ou de dimensions, il sera difficile d'atteindre le meilleur résultat souhaité.

La réalisation de cette conduite d'accès doit être faite selon les 3 objectifs suivants :

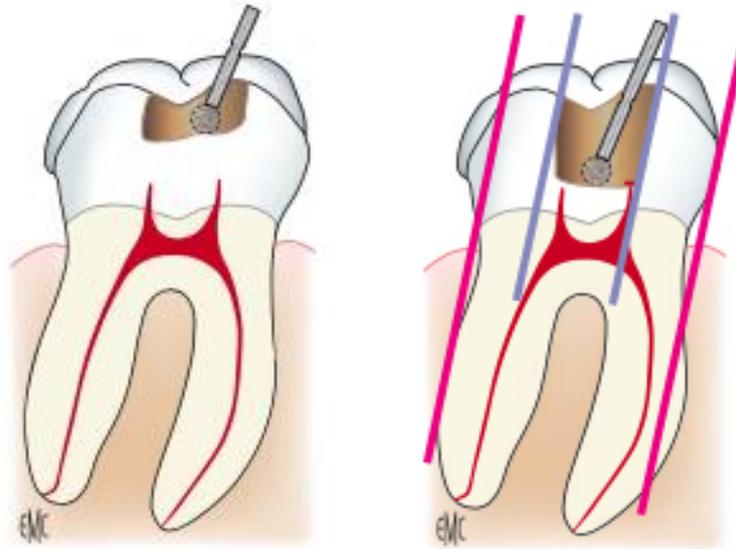
- Tous les tissus dentaires et éventuellement les matériaux d'obturation composant le plafond pulpaire doivent être supprimés. Cette cavité doit être cependant réalisée à minima dans un souci d'économie tissulaire.
- La cavité doit être à 4 parois, afin de réaliser un réservoir de solution d'irrigation. Ainsi une bonne assise du pansement transitoire entre les séances. La dent devra systématiquement reconstituée avant tout traitement endodontique.
- Les entrées canalaires doivent être visibles directement et l'accès des instruments dans les canaux doit pouvoir se faire sans interférence dentinaire et/ou amélaire et cela jusqu'à l'apex.

Pour cela 7 étapes clés sont essentielles :

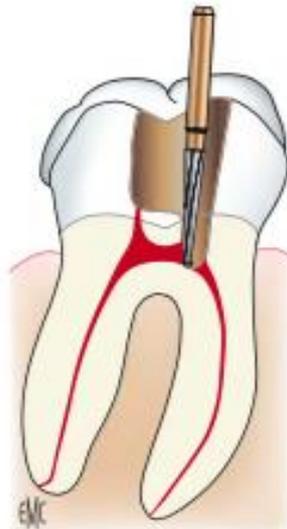
- **Cavité de délimitation** : c'est une cavité de 1 mm de profondeur qui correspond à la projection sur la surface externe occlusale de l'anatomie interne de la dent (fraise cylindro-conique à bout travaillant)
- **Descente plan par plan** : selon l'axe corono-radiculaire jusqu'à effraction de la chambre pulpaire (fraise cylindro-conique à bout travaillant)
- **Réalisation d'une forme de contour** : élimination du plafond pulpaire (fraise cylindro-conique à bout non travaillant ou endoZ)
- **Nettoyage de la chambre pulpaire** pour éliminer la pulpe camérale par système rotatif et/ou excavateur et/ou ultrasons. Rinçage au CloNa à 3 % (solvant et bactéricide).
- **Repérage et pointage des entrées canalaires** : ne peut se faire qu'avec des instruments pointus comme la sonde de Rhein ou DG 16.

- **Mise de dépouille de la cavité d'accès** : elle consiste à mettre en continuité les entrées canalaire avec les parois de la cavité d'accès (forêts de Gates)
- **Pénétration canalaire initiale** : cette étape est réalisée avec une lime K de faible diamètre (K10), précourbée dans les 3 derniers mm.

Figure 24 : Cavité de délinéation et descente plan par plan jusqu'à l'effraction pulpaire



Elimination du plafond pulpaire à l'Endo Z



Source : Simon, « Cavité d'accès en endodontie », 2010

2.2.4.3. La mise en forme canalaire

Il existe sur le marché de nombreux instruments en Nickel Titane utilisés pour la mise en forme canalaire, le système Protaper est le gold standard et la majorité des études portent sur ce système.

Une fois la cavité d'accès réalisée, on procède à la mise en forme canalaire. Dans un premier temps des limes K10 puis K15 sont introduites sans forcer, puis le S1 est utilisé jusqu'à la longueur de pénétration de K15. Cette opération est répétée jusqu'à ce que K15 atteigne l'apex. Le passage d'une lime K15 à la longueur de travail est obligatoire avant le passage d'instrument mécanisé à cette même longueur de travail.

La séquence instrumentale est ensuite réalisée à l'aide des Shaping Files (S1 et S2) afin de mettre en forme la partie coronaire et la partie moyenne du canal. Puis les Finishing Files (F1, F2, F3) sont utilisés afin de mettre en forme la partie apicale du canal.

Figure 25 : Protaper



Source : Dentsply Maillefer, « Protaper® gold », 2018

Les S1 et SX s'utilisent avec un appui pariétal contrairement au S2 et aux finishing files qui eux s'utilisent avec un appui apical. Ce sont des instruments qui s'utilisent avec une vitesse de rotation comprise entre 150 et 350 tours par minute, au-delà on augmente le risque de fracture par torsion.

Ces instruments sont utilisés avec des mouvements de va et vient (4 ou 5), ils sont alors retirés du canal pour être vérifiés et nettoyés afin d'éliminer les copeaux dentinaires qui se situent dans les spirales de

l'instrument. L'accumulation de copeaux dentinaires dans les spires favorise la fracture par fatigue cyclique.

Un rinçage à l'hypochlorite de sodium et le cathéterisme sont également réalisés après chaque passage actif d'instrument afin d'assurer le maintien de la perméabilité apicale et l'élimination de la boue dentinaire. Le risque de bouchons apicaux est alors limité, et ainsi la fracture par torsion des instruments est diminuée.²³

L'utilisation d'un gel chélatant comme du Glyde sont de lubrifiant et ainsi diminue le risque de fracture instrumentale.

Les Protaper ne sont pas des instruments à usage unique, ils doivent donc être vérifiés et éliminés régulièrement. Il est recommandé de les jeter après une utilisation dans 10 canaux, en sachant qu'un cycle de stérilisation équivaut à 1 canal.

2.3. La gestion des fractures instrumentales

2.3.1. Le bypass

Cette technique consiste à passer à côté de l'instrument fracturé avec une lime de faible diamètre (K8, K10, K15). Les limes K files sont utilisées avec un mouvement en quart de tour, elles sont très souvent vérifiées car elles subissent de nombreuses contraintes et la fracture par fatigue cyclique est augmentée.²⁴

L'utilisation d'EDTA est recommandée pour faciliter l'élimination de la dentine adjacente à l'instrument fracturé.²⁵

En passant à côté de l'instrument fracturé, le but est de retrouver la perméabilité canalaire, et ainsi permettre à la solution d'hypochlorite de sodium d'agir au niveau du tiers apical. La longueur de travail est alors retrouvée, puis le protocole habituel de mise en forme, irrigation et obturation reste inchangé.

Selon une étude, il n'y a pas de différence de contamination bactérienne entre une racine obturée sans instrument fracturé et une racine obturée avec un instrument laissé *in situ*. Il faut cependant nuancer

²³ Claisse-Crinquette, « Pharmacologie endodontique (I). Les irrigants ».

²⁴ Nevares et al., « Success rates for removing or bypassing fractured instruments ».

²⁵ Claisse-Crinquette, « Pharmacologie endodontique (I). Les irrigants ».

ce résultat, car le tiers apical de la racine a été mis en forme et irrigué à l'hypochlorite de sodium avant la fracture instrumentale. Mais dans le cas où l'instrument peut être bypassé, l'instrument fracturé est intégré dans l'obturation à la gutta percha et n'augmente pas le risque d'échec du traitement endodontique.^{26 27 28}

Les risques de cette technique sont de réaliser une fausse route voir une perforation, ainsi que la fracture d'un second instrument qui sera trop contraint dans le canal lors de la mise en forme secondaire.

Figure 26 : Les étapes du bypass



Source : Bal et al. , « Stratégie d'éviction des instruments brisés », 2005

2.3.2. Les techniques de dépose

2.3.2.1. Dépose à l'aide d'ultrasons

Les inserts ultra-sonores sont aujourd'hui de plus en plus utilisées pour le retrait des instruments fracturés. Cette technique peut être divisée en deux étapes clés : l'accès visuel direct au fragment et le retrait de l'instrument.

Afin d'accéder au fragment, il est possible d'utiliser des limes K manuelles ou des forêts de Gates Glidden de différentes tailles.

²⁶ Saunders et al., « Effect of a separated Instrument on bacterial penetration of obturated root canals ».

²⁷ Panitvisai et al., « Impact of a retained instrument on treatment outcome ».

²⁸ Murad et Murray, « Impact of Retained Separated Endodontic Instruments During Root Canal Treatment on Clinical Outcomes Remains Uncertain ».

Figure 27 : Forêts de Gates Glidden



Source : Kerr, « Gates Glidden Drills », 2018

Le kit Endo Success d'Actéon se compose d'inserts ultrasonores en Titane Niobium qui permet de transmettre les ultrasons jusqu'au bout de l'insert tout en étant très fin et résistant à la fracture.

L'insert ET20 permet de dégager les instruments bloqués dans la partie coronaire du canal. L'insert ET25 est plus fin, plus long et permet de déposer les instruments fracturés dans le tiers coronaire, moyen ou apical.²⁹

La technique de dépose à l'aide d'ultrasons nécessite l'utilisation d'un microscope afin de voir précisément le fragment. Une fois le fragment visible, les inserts ultrasonores sont utilisés afin de vibrer l'instrument et ainsi le dégager du canal.

Figure 28 : Dépose d'un fragment instrumental à l'aide d'ultrasons



Source : Bal et al. , « Stratégie d'éviction des instruments brisés », 2005

²⁹ Agrawal, Kapoor, et Patel, « Ultrasonic technique to retrieve a rotary nickel-titanium file broken beyond the apex and a stainless steel file from the root canal of a mandibular molar ».

Cette technique est très efficace lorsque l'instrument fracturé est situé dans le tiers coronaire ou moyen. Le risque d'échec est plus élevé lorsqu'il se situe dans le tiers apical, avec un plus haut risque de perforation radiculaire par stripping.

La résistance à la fracture de la racine est également diminuée, lorsque l'instrument est retiré du tiers apical.

2.3.2.2. Le kit de Masseran

Ce kit a été inventé en 1966 par Masseran. C'est la première méthode utilisant des microtubes. Cette méthode est une référence en matière de dépose d'instruments fracturés et a inspiré de nombreuses techniques mises au point ultérieurement.

Le microkit de Masseran comprend 4 trépanns possédant deux diamètres externes de 1,2 et 1,3 mm, disponibles en longueur 21 ou 25 mm. Il comprend également un extracteur de diamètre externe 1,2 mm. L'extracteur est constitué d'un tube creux comme un piston et d'une tige venant bloquer l'extrémité du fragment fracturé à l'intérieur du tube.³⁰

Figure 29 : Kit de Masseran



Source : Micromega®, « Kit de Masseran », 2016

³⁰ Thirumalai, Sekar, et Mylswamy, « Retrieval of a separated instrument using Masserann technique ».

Cette technique de dépose se divise en trois étapes : l'accès au fragment, le dégagement du fragment et l'extraction du fragment.

L'accès au fragment peut se faire à l'aide de limes K manuelles ou bien de forêts de Gates.

Le dégagement du fragment nécessite l'utilisation du Kit de Masseran. Les trépan sont utilisés dans le sens inverse des aiguilles d'une montre pour créer un espace autour de la tête de l'instrument fracturé. Ils doivent éliminer la dentine qui entoure l'instrument sur une profondeur d'environ 4mm. Ils peuvent être utilisés manuellement ou sur un contre angle réducteur.

La préhension du fragment se fait grâce à l'extracteur qui est placé dans la gorge créée par le trépan. Une fois en place, la tige est insérée dans l'extracteur puis tournée dans le sens des aiguilles d'une montre pour bloquer la tête de l'instrument le long de la paroi de l'extracteur. Une fois celui-ci bloqué, l'ensemble est tourné dans le sens anti-horaire pour dévisser le fragment coincé dans la dentine. Ils peuvent également être tournés dans le sens horaire s'il s'agit d'instrument d'obturation (Thermo-compacteur ou Lentulo).

L'instrument fracturé peut ainsi être récupéré.

Figure 30 : Accès au fragment, dégagement et préhension



Source : Micromega®, « Kit de Masseran », 2018

La résistance à la fracture radiculaire est diminuée après une dépose avec la technique de Masseran. Le risque de fracture est même plus important après une dépose avec le kit de Masseran qu'avec une dépose à l'aide d'ultrasons, car cette technique nécessite d'éliminer plus de dentine pour permettre au trépan d'accéder à l'instrument. Ainsi l'épaisseur des parois dentinaires est plus fine favorisant la

fracture.^{31 32}

Figure 31 : Dépose d'un instrument fracturé dans le canal distal d'une molaire mandibulaire à l'aide du Kit de Masseran



Source : Thirumalai, Sekar et Mylswamy, « Retrieval of a separated instrument using Masserann technique », 2007

2.3.3. Autres techniques

D'autres techniques sont décrites dans la littérature internationale comme l'IRS, l'Endo Rescue, la technique du lasso, utilisation d'une seringue et de composite chémo polymérisable. Certaines d'entre elles ne sont plus sur le marché français et d'autres possèdent un recul trop faible pour être évaluées. C'est pourquoi il ne nous a pas semblé pertinent de les développer ici.

2.3.4. Recommandations

La majorité des instruments sont fracturés dans le tiers apical ; à cet endroit, la tentative de bypass doit être toujours tentée en première intention car elle présente un taux de succès élevé et est considérée comme la technique la moins mutilante.³³ Le pourcentage de réussite du traitement endodontique est aussi élevé qu'avec une dent sans fragment instrumentale car le bypass permet une désinfection du système canalaire jusqu'à l'apex.

³¹ Gerek et al., « Comparison of the force required to fracture roots vertically after ultrasonic and Masserann removal of broken instruments ».

³² Yoldas et al., « Perforation risks associated with the use of Masserann endodontic kit drills in mandibular molars ».

³³ Simon, Machtou, et Pertot, *Endodontie*.

Le développement récent des techniques ainsi que les aides visuelles ont rendu les techniques de dépose plus prédictibles. Cependant les déposes d'instruments restent plus mutilantes avec un risque de déplacement du canal, de stripping et de perforation.³⁴

En cas d'impossibilité de dépose ou de bypass, la chirurgie à rétro ou la possibilité de laisser le fragment *in situ* sera évalué.

Toutes les techniques de dépose instrumentale reposent sur un élargissement canalaire au détriment de la dent c'est pourquoi il est intéressant d'analyser le cone beam et de pouvoir anticiper la perte de substance.

En cas d'impossibilité de déposer le fragment, un abord chirurgical sera envisagé en fonction des signes de pathologie apicale (douleur, percussion, palpation, LIPOE...). Sinon le fragment sera laissé *in situ* et un suivi régulier sera mis en place.

³⁴ Panitvisai et al., « Impact of a retained instrument on treatment outcome ».

3 : L'apport du Cone Beam dans l'étude des fragments

Une étude a permis de mettre en évidence l'apport du cone beam dans la décision thérapeutique du praticien. Une lime en acier inoxydable a été fracturée dans 40 molaires maxillaires puis une radiographie rétro-alvéolaire et un cone beam ont été réalisés sur chaque dent. Il a été demandé au clinicien, en fonction des examens radiologiques de choisir une option thérapeutique :

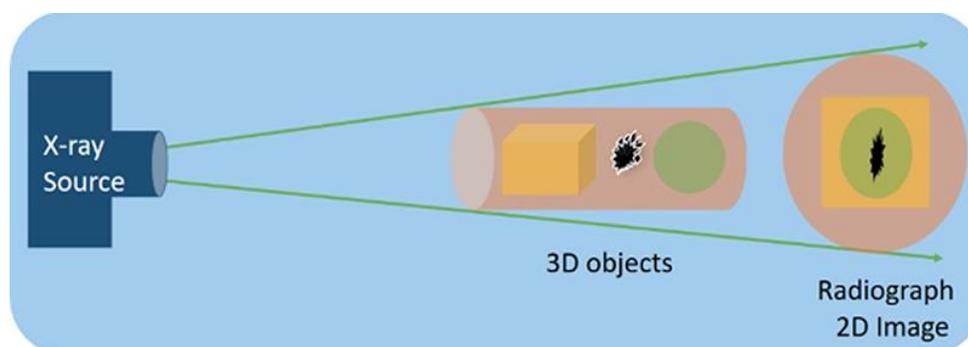
- dépose du fragment
- fragment laisser *in situ*
- bypasser le fragment
- approche chirurgicale pour dépose

Les cliniciens qui ont analysé le CBCT ont dans la plupart des cas décidé de bypasser le fragment ou de le déposer. Les autres cliniciens, avec la radiographie rétro-alvéolaire, ont dans la plupart des cas décidé de laisser le fragment *in situ*. Donc la possibilité d'analyser la dent ainsi que le fragment dans les trois dimensions oriente les praticiens à procéder au bypass ou à la dépose par rapport à une analyse en deux dimensions.

3.1. Les limites de la radiographie en deux dimensions

La radiographie conventionnelle rétro-alvéolaire est une image en deux dimensions d'un objet en trois dimensions. C'est une coupe dans le sens mésio-distal, donc de nombreuses informations ne peuvent être analysées (défaut d'information dans le sens vestibulo-lingual).³⁵

Figure 32 : Les limites de la 2D



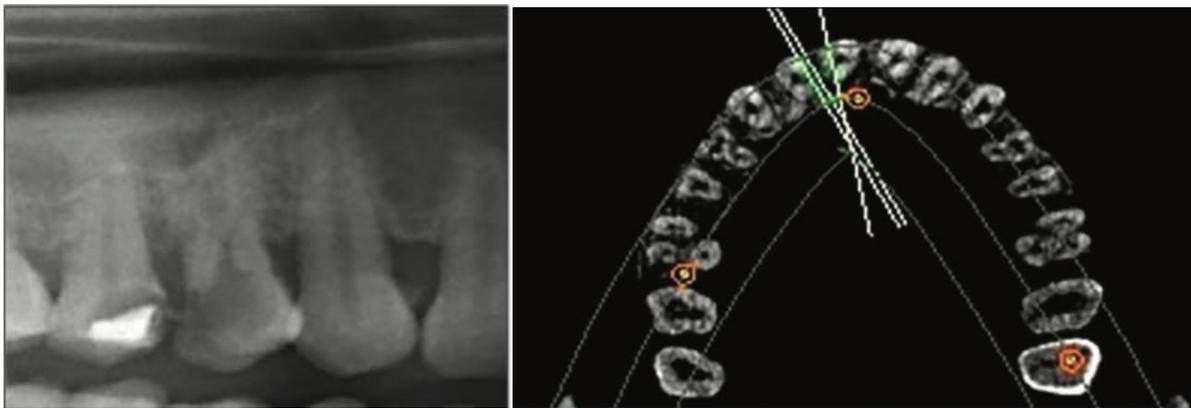
Source : Venkatesh, Elluru, « Cone beam computed tomography: basics and applications in dentistry », 2017

³⁵ Cotton et al., « Endodontic applications of Cone-Beam volumetric tomography ».

3.1.1. Le nombre de racines

Bien que la connaissance de l'anatomie radulaire soit indispensable à tout traitement endodontique, il existe des particularités anatomiques rares sur certaines dents comme la présence d'une racine supplémentaire. Cette particularité peut être retrouvée avec des prémolaires maxillaires qui ont ainsi trois racines. Ces 3 racines peuvent être visibles sur une radiographie rétro-alvéolaire mais la confirmation de la présence de cette racine supplémentaire nécessite un CBCT.

Figure 33 : Radiographie en deux dimensions et CBCT de 14 montrant 3 racines

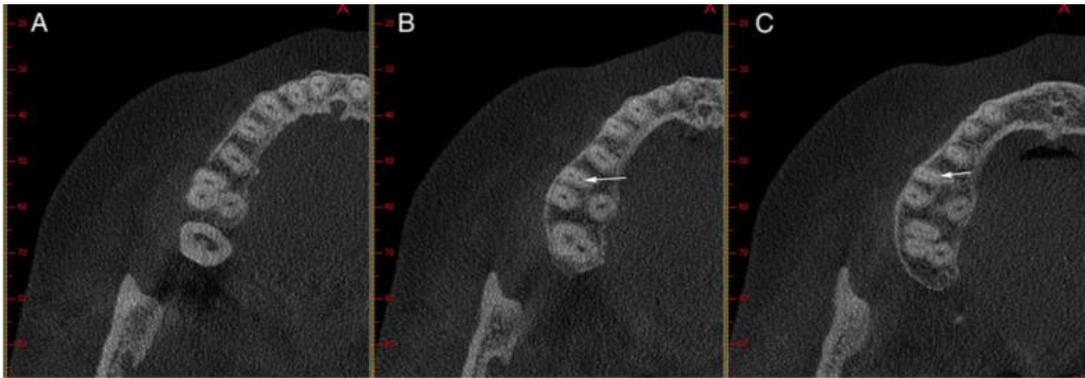


Source : Gopal et al. , « Endodontic treatment of bilateral maxillary first premolars with three roots using CBCT : a case report », 2014

3.1.2. Le nombre de canaux

La radiographie rétro-alvéolaire ne permet pas de visualiser avec précision la configuration canalaire d'une dent. En effet de nombreux échecs de traitements endodontiques sont dus à un canal qui n'a pas été nettoyé et obturé. C'est souvent le cas dans la racine mésio-vestibulaire de la première molaire maxillaire avec la présence d'un deuxième canal dans 79 % des cas, ce canal n'étant pas visible sur une radiographie en deux dimensions.

Figure 34 : Coupe axiale du tiers coronaire, moyen et apical d'une molaire maxillaire montrant la présence d'un MV2

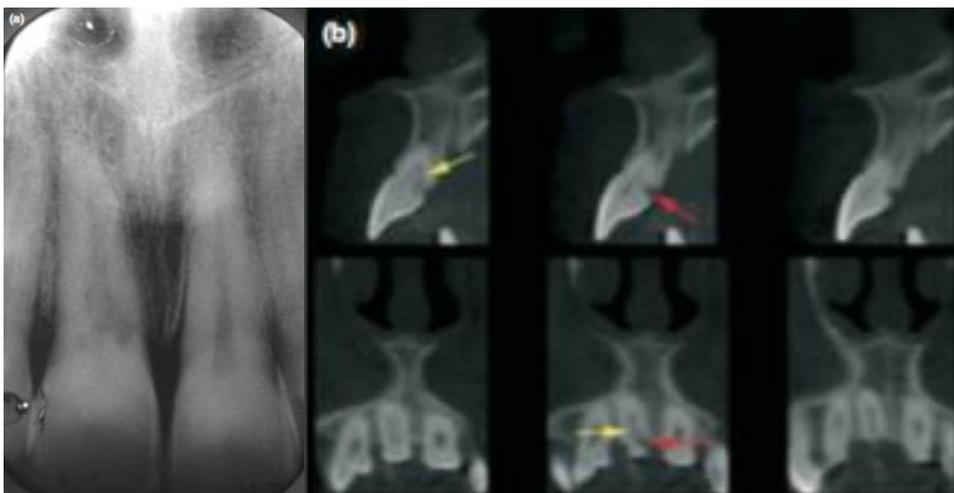


Source : Reis, « Second canal in mesiobuccal root of maxillary molars is correlated with root third and patient age : a cone-beam computed tomographic study », 2013

3.1.3. Les résorptions externes et internes

Selon l'American Association of Endodontists, une résorption est un « état associé à un processus physiologique ou pathologique provoquant une perte de tissu dentaire, cémentaire ou osseux ». Il existe des résorptions internes (au sein de la pulpe) et des résorptions externes (sur la paroi externe de la racine). D'après une revue systématique portant sur 15 études, le CBCT possède une meilleure sensibilité que la radiographie rétro-alvéolaire dans la détection des résorptions.³⁶

Figure 35 : Résorption externe sur 11



Source : Patel, « The potential applications of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems », 2007

³⁶ Yi et al., « Cone-beam computed tomography versus periapical radiograph for diagnosing external root resorption ».

3.1.4. Les lésions péri-apicales

Certaines lésions péri-apicales ne sont pas visibles sur une radiographie rétro-alvéolaire. Une étude s'est intéressée à la prévalence de détection des lésions péri-apicales sur des radiographies rétro-alvéolaires et sur un CBCT. Deux praticiens ont analysé les clichés radiologiques, dans 50 % des cas les lésions péri-apicales sont visible sur la radiographie rétro-alvéolaire et sur le CBCT. Dans 40 % des cas, les praticiens ont observé une lésion péri-apicale sur le CBCT mais cette lésion n'était pas visible sur la radiographie en deux dimensions.³⁷

La majorité des lésions visibles au CBCT et non visibles sur la radiographie rétro-alvéolaire concernaient les molaires maxillaires ainsi que le groupe incisivo-canin maxillaire. La superposition de structures anatomiques voisines comme les sinus ou l'arcade zygomatique peut compliquer l'analyse du secteur maxillaire postérieur. Les racines du groupe incisivo-canin maxillaire peuvent se superposer avec les fosses nasales et expliquer la difficulté de diagnostic des lésions péri-apicales.

Figure 36 : Radiographie rétro-alvéolaire d'une 17 ne montrant pas de lésion péri-apicale et CBCT présentant une lésion péri-apicale

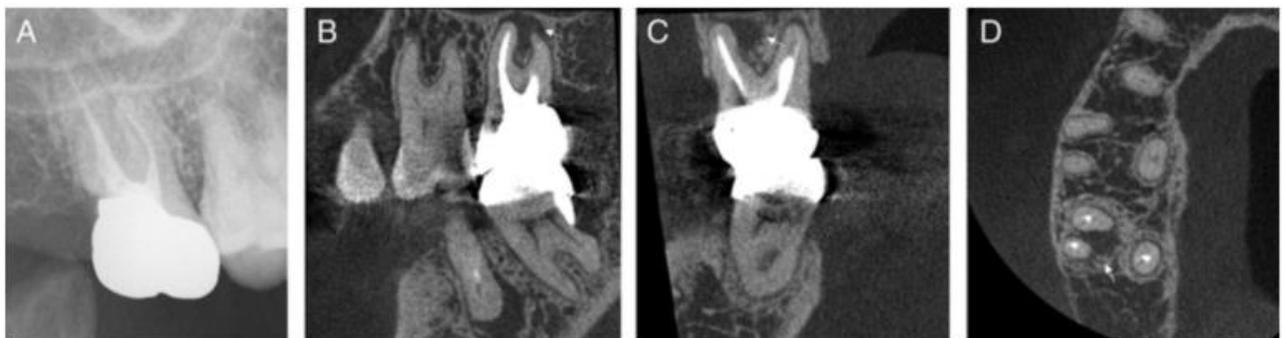


Figure 1. A case involving a maxillary right second molar. (A) No periapical lesion was visible on the periapical radiograph. The (B) coronal, (C) sagittal, and (D) axial images of the same tooth obtained with CBCT imaging. A periapical lesion (*arrows*) was observed between the mesiobuccal and distobuccal roots.

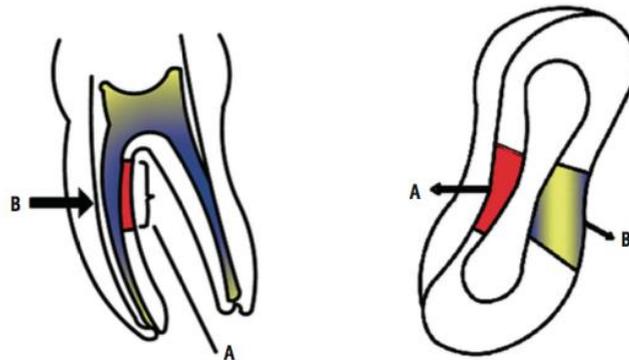
Source : Uraba et al. , « Ability of Cone-beam computed tomography to detect periapical sesions that were not detected by periapical radiography: a retrospective assessment according to tooth group », 2016

³⁷ Uraba et al., « Ability of cone-beam computed tomography to detect periapical lesions that were not detected by periapical radiography ».

3.1.5. Les perforations ou stripping

Les perforations ou stripping augmentent le risque d'échec des traitements endodontiques. Le stripping est un phénomène très fréquent dû à une préparation excessive de la paroi interne de la courbure.

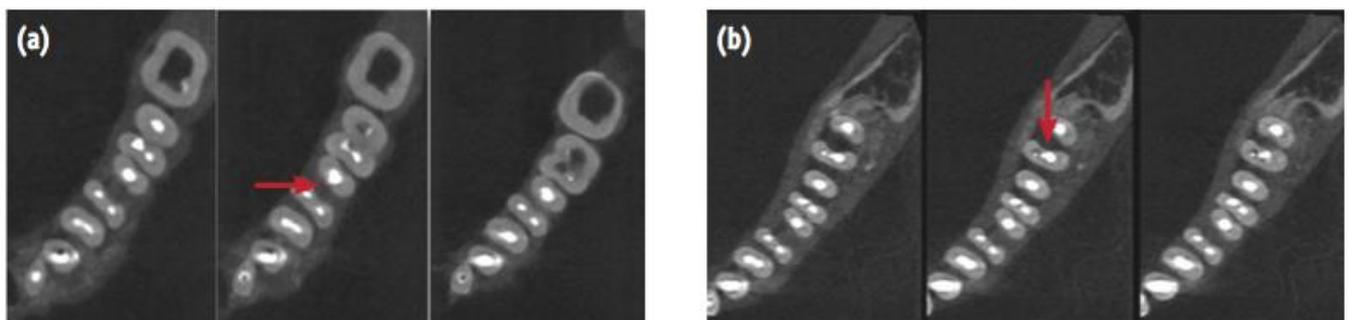
Figure 37 : Zone de risque de stripping en A et zone de sécurité en B



Source : Shokri et al. , « Detection of root perforations using conventional and digital intraoral radiography, multidetector computed tomography and cone beam computed tomography », 2014

Selon une étude, la radiographie rétro-alvéolaire possède une moins bonne sensibilité dans la détection des perforations ou du stripping, comparativement au CBCT.³⁸

Figure 38 : CBCT d'une perforation en A et d'un stripping en B



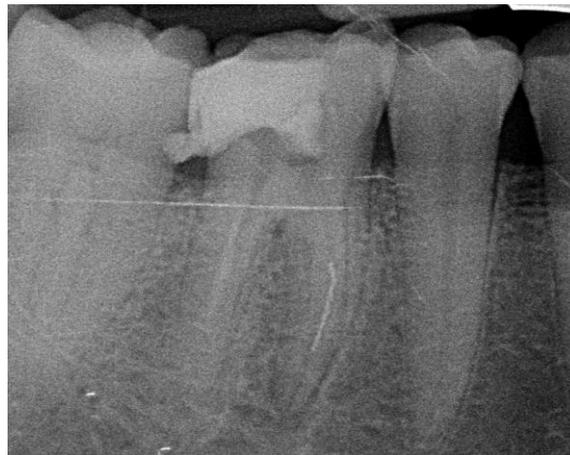
Source : Shokri et al. , « Detection of root perforations using conventional and digital intraoral radiography, multidetector computed tomography and Cone Beam computed tomography », 2014

³⁸ Shokri et al., « Detection of root perforations using conventional and digital intraoral radiography, multidetector computed tomography and cone beam computed tomography ».

3.1.6. Les instruments fracturés

La radiographie rétro-alvéolaire pré-opératoire ne permet pas de situer précisément la position de l'instrument. A cause de la superposition des structures anatomiques, il n'est pas possible de savoir si l'instrument est fracturé dans le canal mésio-vestibulaire ou dans le canal mésio-lingual d'une molaire mandibulaire par exemple.

Figure 39 : Instrument fracturé dans la racine mésiale d'une molaire mandibulaire



Source : Dr Sevin, 2018

3.2. Analyse du fragment instrumental

3.2.1. La localisation tridimensionnelle

Le Cone Beam permet une localisation du fragment fracturé dans les trois sens de l'espace grâce aux coupes dans le sens axial, coronal et para-sagittal. Chaque coupe présente son intérêt dans l'analyse du fragment instrumental.

La coupe axiale permet de connaître dans le canal dans lequel est fracturé l'instrument.

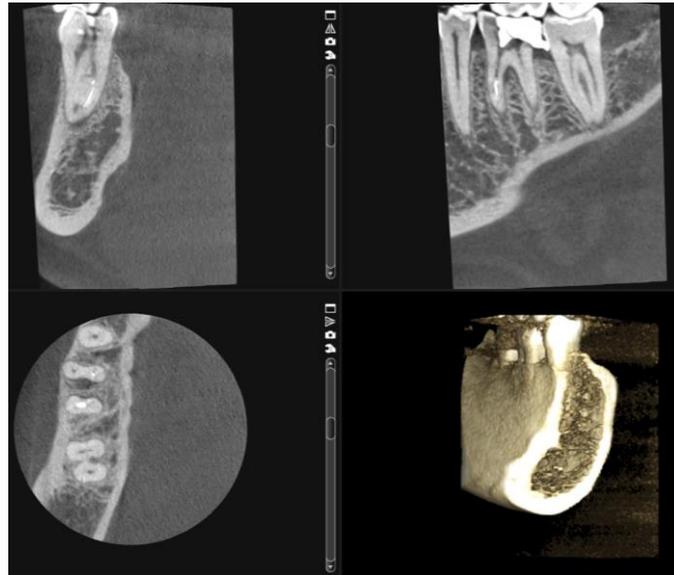
La coupe coronale permet de savoir si l'instrument se situe avant ou après la courbure. Sa position sera déterminante dans le choix de la technique de gestion de l'instrument. Le taux de dépose d'un instrument dans la partie coronaire est beaucoup plus élevé que dans la partie apicale.^{39 40}

³⁹ Souter et Messer, « Complications associated with fractured file removal using an ultrasonic technique ».

⁴⁰ Fors et Berg, « Endodontic treatment of root canals obstructed by foreign objects ».

La coupe para-sagittale confirme les informations mais permet également de visualiser parfaitement la zone apicale (permet également de distinguer dans quel canal est cassé l'instrument ainsi que sa position selon l'apex). Il est parfois difficile de savoir si un instrument va au delà de l'apex sur une radiographie en deux dimensions, le CBCT permet de distinguer parfaitement l'apex et ainsi choisir la technique la mieux adaptée pour la dépose.

Figure 40 : CBCT d'un instrument fracturé dans le canal mésio-vestibulaire



Source : Dr Sevin, 2018

3.2.2. La dimension

La largeur de la partie coronaire du fragment est aussi importante à prendre en compte. Plus la partie coronaire est large, plus la quantité de dentine radulaire à éliminer pour le dégager est importante. Le risque de perforation ou de fragilisation de la racine est donc augmenté. La contre-indication à la tentative de retrait peut alors être posée.

La longueur doit également être évaluée. Il est possible de mesurer la taille d'un instrument précisément avec le CBCT ce qui n'est pas fiable sur la radiographie en deux dimensions à cause de la déformation de l'image et du manque de précision du logiciel dans le calcul de la longueur du fragment.

41

⁴¹ Tyndall et Kohltfarber, « Application of cone beam volumetric tomography in endodontics ».

Le taux de succès de dépose d'un instrument de 5 mm de longueur ou moins était de 44 % selon une étude. En revanche pour des fragments compris entre 5 et 10 mm le taux de succès passe à 60 %, il est même de 100 % lorsque la taille du fragment dépasse les 10 mm.⁴²

En conséquence, plus l'instrument est long, plus la technique de dépose sera privilégiée, en revanche pour des instruments très courts la technique du bypass sera préférée.

3.2.3. Le type d'instrument

Dans des canaux courbes, les instruments rotatifs se fracturent plus que les instruments manuels.⁴³

Le matériau de l'instrument fracturé doit être prise en compte. Les fragments en acier inoxydable sont plus faciles à retirer que les fragments en nickel titane. Ces derniers ont tendance à se fracturer secondairement lors de l'utilisation des ultrasons. En effet, l'accumulation de chaleur au point de contact avec l'insert ajoute un stress au fragment déjà fragilisé. A l'inverse, l'acier est capable de répartir l'énergie rendant les ultrasons plus efficaces.^{44 45}

3.3. Etude tridimensionnelle de l'anatomie dentaire

3.3.1. Epaisseur de dentine résiduelle et fracture radiculaire

L'épaisseur de dentine minimale pouvant résister à la fracture est comprise entre 0,2 et 0,3 mm. En dessous de cette valeur, la fracture est inévitable. Or l'instrumentation canalaire mais surtout la dépose d'un instrument fracturé engendre un amincissement des parois canalaires.

L'instrumentation des racines les plus fines et plates, et de celles présentant des irrégularités (formes concaves), est susceptible de créer des perforations ou déchirements par une perte de dentine excessive.

De même les canaux de forme ovulaire entraînent une sur-instrumentation lors de leur mise en forme et donc une diminution de l'épaisseur des parois dentinaires les rendant plus susceptibles à la fracture, contrairement aux canaux de forme circulaire.⁴⁶

⁴² Shen, Peng, et Cheung, « Factors associated with the removal of fractured NiTi instruments from root canal systems ».

⁴³ Suter, Lussi, et Sequeira, « Probability of removing fractured instruments from root canals ».

⁴⁴ McGuigan, Louca, et Duncan, « Clinical decision-making after endodontic instrument fracture ».

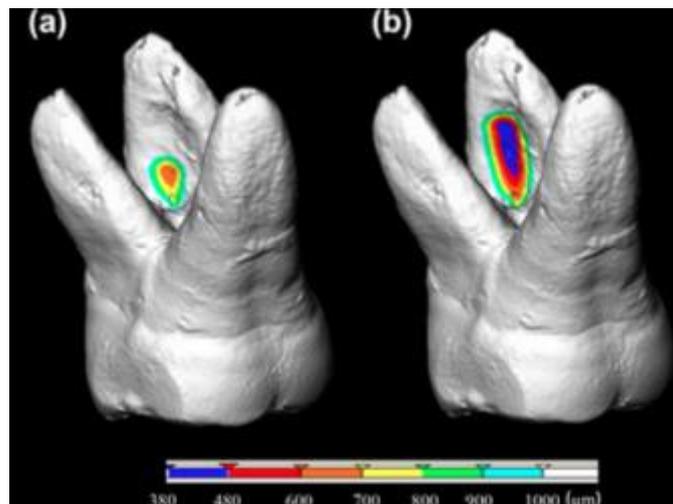
⁴⁵ Madarati, Hunter, et Dummer, « Management of intracanal separated instruments ».

⁴⁶ Tang, Wu, et Smales, « Identifying and reducing risks for potential fractures in endodontically treated teeth ».

Une étude sur l'épaisseur de dentine résiduelle dans le canal mésio-vestibulaire d'une première molaire maxillaire après dépose d'un instrument fracturé a été réalisée. Trente sept molaires ont été scannées au micro computed tomography (micro-CT), puis une fracture instrumentale d'un instrument de diamètre de 25 centièmes et une conicité de 6 % a été simulée à 3 mm et à 5 mm de l'apex physiologique. La technique des ultrasons a alors été utilisée pour la dépose de l'instrument en créant d'abord une plateforme à l'aide des forêts de Gates Glidden (#4) puis des inserts ultrasonores tout autour de l'instrument fracturé pour le déloger du canal. L'épaisseur de dentine des parois canalaires a alors été mesurée. Les résultats montrent que toutes les molaires maxillaires possèdent une concavité sur la paroi distale de la racine mésio-vestibulaire. L'épaisseur minimum de dentine résiduelle est retrouvée au niveau de la concavité de la paroi distale de la racine lorsque l'instrument a été retiré du tiers apical (0,3mm).⁴⁷

L'épaisseur de dentine résiduelle est plus importante sur la paroi mésiale de la racine et lorsque l'instrument se situait dans le tiers moyen.

Figure 41 : Epaisseur de dentine résiduelle après la dépose de l'instrument fracturé en fonction de sa localisation dans le canal (tiers coronaire en a et tiers moyen en b)



Source : Gao et al. , « Remaining root dentin thickness in mesiobuccal canals of maxillary first molars after attempted removal of broken instrument fragments », 2015

Dans une autre étude un Protaper F5 (conicité de 5 % et diamètre 50/100^{ème} de mm) a été fracturé dans le tiers coronaire, moyen et apical puis a été déposé à l'aide d'ultrasons. Les dents ont alors été scannées au micro CT afin de permettre une reconstruction tridimensionnelle. Lorsque l'instrument

⁴⁷ Gao et al., « Remaining root dentin thickness in mesiobuccal canals of maxillary first molars after attempted removal of broken instrument fragments ».

est situé dans le tiers coronaire, l'épaisseur de dentine résiduelle varie entre 1 et 1,4mm ; lorsqu'il est situé dans le tiers apical l'épaisseur résiduelle varie entre 0,2 et 0,9 mm. ⁴⁸

La dépose ou le bypass d'un instrument fracturé dans le tiers apical entraîne donc une épaisseur de dentine résiduelle très faible qui peut conduire à une fracture radiculaire quasi systématique si l'épaisseur ne dépasse pas la valeur critique de 0,3 mm. Le CBCT peut donc être utilisée afin de prédire l'épaisseur de dentine résiduelle après dépose et ainsi permettre de choisir la technique la plus appropriée.

3.3.2. La racine mésio-vestibulaire des molaires maxillaires

La racine mésio-vestibulaire des molaires maxillaires présente une grande variété anatomique. La première molaire maxillaire présente dans 20 % des cas 1 seul canal, 79 % deux canaux et dans 1 % des cas trois canaux.

La seconde molaire maxillaire présente elle dans 38 % des cas un canal, 60 % des cas deux canaux et dans 2 % des canaux jusqu'à trois canaux.

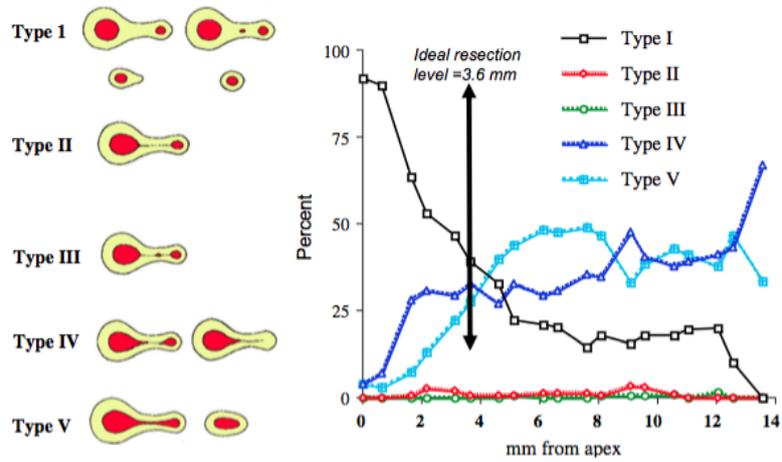
Le canal mésio-vestibulaire 1 est plus volumineux que le canal mésio-vestibulaire 2, et cela dans les trois sens de l'espace aussi bien dans la partie coronaire que dans la partie apicale.

Ces deux canaux sont le plus souvent reliés par un isthme dans la partie coronaire puis ils deviennent indépendants dans la partie apicale. ⁴⁹

⁴⁸ Madarati, Qualtrough, et Watts, « A microcomputed tomography scanning study of root canal space ».

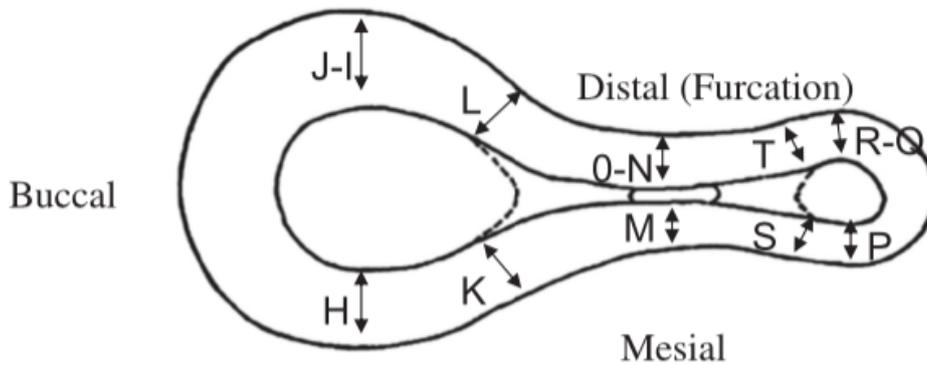
⁴⁹ Degerness et Bowles, « Dimension, anatomy and morphology of the mesiobuccal root canal system in maxillary molars ».

Figure 42 : Les configurations canalaire du MV1 et MV2 en fonction de leurs localisations



Source : Degerness et Bowles, « Dimension, anatomy and morphology of the mesiobuccal root canal system in maxillary molars », 2010

Figure 43 : Coupe axiale d'une racine mésio-vestibulaire



Source : Degerness et Bowles, « Dimension, anatomy and morphology of the mesiobuccal root canal system in maxillary molars », 2010

La plus faible épaisseur de dentine se situe en distal du canal mésio-vestibulaire 2, ce qui correspond au T sur le schéma. Cette épaisseur est de plus en plus faible dans la partie apicale.

3.3.3. Les prémolaires maxillaires

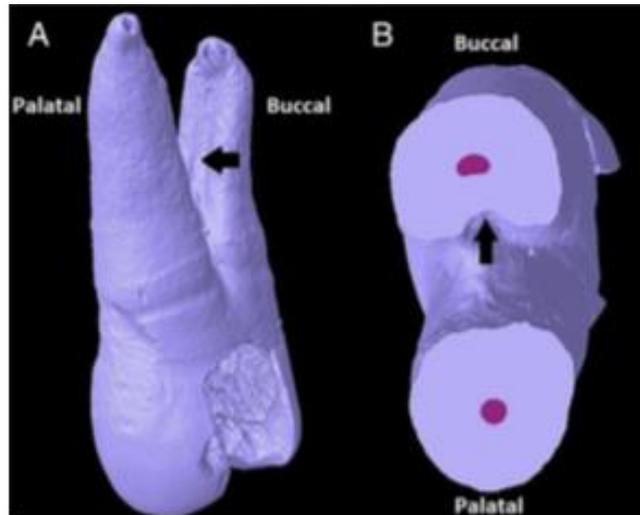
La première prémolaire maxillaire présente une racine dans 38 % des cas, deux racines dans 60 % des cas et jusqu'à trois racines dans 2 % des cas. Cette dent présente le plus souvent deux canaux distincts, le CBCT permet alors de savoir dans quelle racine se situe l'instrument fracturé.

Des canaux latéraux peuvent également être retrouvés surtout dans le tiers apical, ainsi que des isthmes et des deltas apicaux.

Lorsque la première prémolaire maxillaire possède deux racines, la partie palatine de la racine vestibulaire possède une concavité. Celle-ci se situe dans les deux tiers coronaires de la racine. Cette concavité peut entraîner une faible épaisseur de dentine allant de 0,78 mm à 1,18 mm. C'est une zone de danger qui peut conduire à une perforation et une fracture de la racine.⁵⁰

⁵⁰ Ahmad et Alenezi, « Root and root canal morphology of maxillary first premolars ».

Figure 44 : Concavité de la partie palatine de la racine vestibulaire de la première prémolaire maxillaire



Source : Ahmad et Alenezi , « Root and root canal morphology of maxillary first premolars », 2011

La deuxième prémolaire maxillaire présente une racine dans 85 % des cas et deux racines dans 15 % des cas.

3.3.4. Les molaires mandibulaires

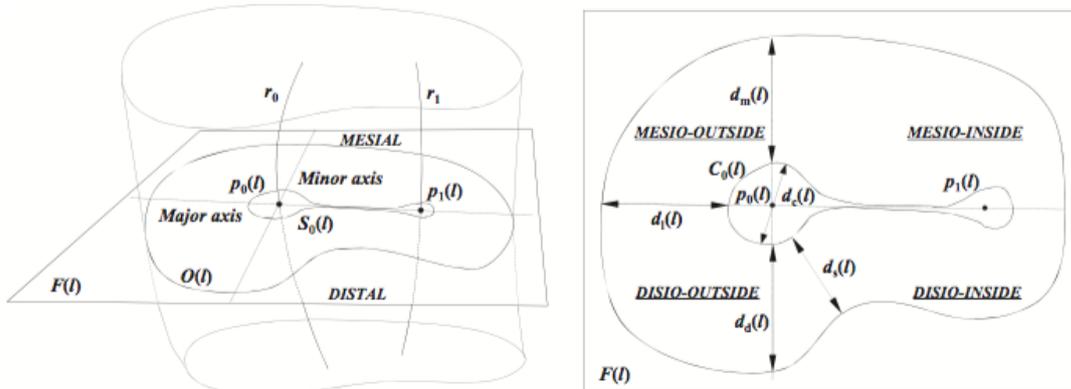
La première molaire mandibulaire présente le plus souvent deux racines, la racine mésiale possède 2 canaux et la racine distale peut en posséder 1 ou 2.

Le canal mésio-lingual est le plus souvent rectiligne contrairement au canal mésio-vestibulaire qui est souvent le plus difficile à négocier.

La plus faible épaisseur de dentine est retrouvée sur la partie disto-interne de la racine mésiale.⁵¹

⁵¹ Lee et al., « Three-dimensional modelling and concurrent measurements of root anatomy in mandibular first molar mesial roots using micro-computed tomography ».

Figure 45 : Coupe axiale d'une racine mésiale d'une molaire mandibulaire



Source : Lee et al. , « Three-dimensional modelling and concurrent measurements of root anatomy in mandibular first molar mesial roots using micro-computed tomography », 2015

3.3.5. Les particularités anatomiques

La première prémolaire mandibulaire possède dans 98 % une seule racine, mais 2 ou 3 racines plus ou moins coalescentes peuvent être possibles dans moins de 2 % des cas. Il y a dans 75 % des cas un seul canal et dans 25 % des cas deux canaux. L'anatomie apicale peut se présenter avec un seul foramen ou avec des foramina multiples.

3.4. Apport du Cone Beam au choix de la technique

Le CBCT est un examen complémentaire, dont les indications sont limitées par la HAS. Il apparaît donc inutile de le réaliser lorsque l'instrument est fracturé dans le tiers coronaire ou lorsque le fragment est visible sans aide optique. Ainsi pour les dents antérieures, les canines ou prémolaires mandibulaires, le CBCT est dans la majorité des cas inutile.

Lorsque l'instrument n'est pas visible directement, un CBCT est réalisé et son analyse conditionne le choix de la technique à adopter. Il permet de mesurer précisément les parois radiculaires et ainsi anticiper la perte de substance liée à la dépose. Si l'étude du CBCT laisse à penser que les techniques de dépose ou de bypass laisseront une épaisseur de dentine résiduelle trop faible, la décision de laisser

le fragment *in situ* ou de réaliser une chirurgie à rétro sera prise. L'apparition ou la persistance de pathologies (symptômes douloureux et/ou lésion péri apicale) indiquera la chirurgie.

Les chapitres précédents nous ont permis de distinguer les éléments favorables ou défavorables au bypass ou à la dépose.

Les éléments favorables à la dépose ou au bypass sont :

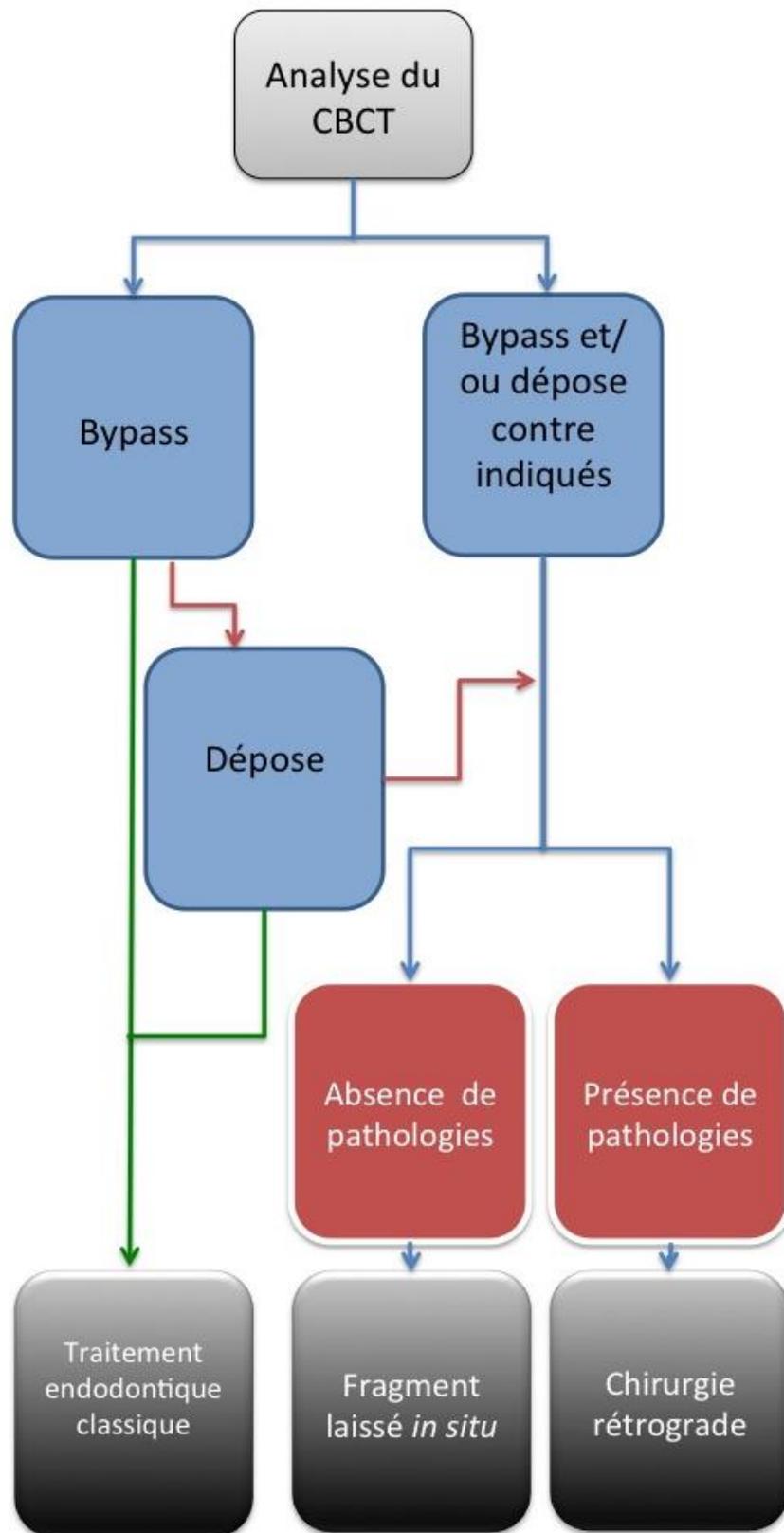
- des racines volumineuses et/ou présentant une faible courbure comme la racine palatine des molaires maxillaires ou la racine distale des molaires mandibulaires,
- la position de l'instrument : un instrument dans le tiers médian, avant la courbure.

Les éléments défavorables à la dépose et au bypass (entraînant une épaisseur de dentine résiduelle inférieure à 0,2mm) sont :

- Les racines fines avec des courbures comme la racine mésio-vestibulaire des molaires maxillaires, la racine mésiale des molaires mandibulaires,
- Un instrument situé dans le tiers apical, après la courbure,
- Une épaisseur de dentine insuffisante antérieure à la fracture instrumentale (fracture lors d'un retraitement).

Un dernier élément reste non négligeable pour la réussite des traitements, il s'agit de l'expérience et des habitudes du praticien.

Figure 46 : Arbre décisionnel sur l'apport du Cone Beam dans la gestion des instruments fracturés



Source : Auteur, 2018

Conclusion

Malgré l'amélioration des séquences instrumentales la fracture instrumentale, reste un aléa thérapeutique fréquent et qui, même si elle n'est pas synonyme d'échec, entraîne une désinfection incomplète du réseau canalaire. Nous possédons aujourd'hui un vaste arsenal thérapeutique pour la gestion de ces instruments fracturés : le bypass, la dépose à l'aide d'ultrasons, la chirurgie apicale...

Le Cone Beam, utilisé quand la radio en deux dimensions ne donne pas suffisamment d'informations, permet d'obtenir des données dans les trois sens de l'espace. Le type d'instrument, sa longueur et sa position, l'anatomie radiculaire, l'épaisseur de dentine avant dépose mais aussi la prédiction de l'épaisseur de dentine résiduelle après dépose seront autant d'éléments fournis par le CBCT à prendre en compte afin de choisir la thérapeutique la plus appropriée.

La chirurgie apicale est une solution envisageable lorsque le bypass et la dépose instrumentale ne sont pas applicables mais c'est une technique compliquée à réaliser, qui nécessite un praticien expérimenté.

Aujourd'hui, avec l'évolution permanente de la précision du CBCT et l'impression en 3 dimensions il est possible de fabriquer des guides chirurgicaux sur mesure. Ces guides imprimés en fonction de l'analyse des images du CBCT, seront utilisés lors de la chirurgie et permettront une prédictibilité de l'ostéotomie en profondeur, en diamètre et en angulation. Ces guides chirurgicaux permettent de diminuer au maximum le risque anatomique de la chirurgie apicale.

Bibliographie

Agrawal, V., S. Kapoor, et M. Patel. « Ultrasonic technique to retrieve a rotary Nickel-Titanium file broken beyond the apex and a stainless steel file from the root canal of a mandibular molar : a case report ». *Journal of dentistry* 12, n° 7 (2015) : 532-36.

Ahmad, I. A., et M. A. Alenezi. « Root and root canal morphology of maxillary first premolars : a literature review and clinical considerations ». *Journal of endodontics* 42, n° 6 (2016) : 861-72.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.02.017>.

Ahmed, H. M. A., M. A. Versiani, G. De-Deus, et P. M. H. Dummer. « A new system for classifying root and root canal morphology ». *International endodontic journal* 50, n° 8 (2017) : 761-70.
<https://doi.org/10.1111/iej.12685>.

Arbab-Chirani, R., V. Chevalier, S. Arbab-Chirani, et S. Calloch. « Instrumentation canalaire de préparation ». *EMC.Odontologie*. 23-050-A-08. Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson, 2010.
https://www.em-premium.com.hellebore.biusante.parisdescartes.fr/showarticlefile/243267/23-57174_plus.pdf.

Claisse-Crinquette, A. « Pharmacologie endodontique (I). Les irrigants ». *EMC.Médecine buccale*. 23-025-B20. Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson, 2011. https://www.em-premium.com.hellebore.biusante.parisdescartes.fr/showarticlefile/243267/23-57174_plus.pdf.

Cotton, T., T. Geisler, D. Holden, S. Schwartz, et W. Schindler. « Endodontic applications of Cone-Beam volumetric tomography ». *Journal of endodontics* 33, n° 9 (2007) : 1121-32.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2007.06.011>.

Degerness, R. A., et W. R. Bowles. « Dimension, anatomy and morphology of the mesiobuccal root canal system in maxillary molars ». *Journal of endodontics* 36, n° 6 (2010) : 985-89.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.02.017>.

Fors, U. G., et J. O. Berg. « Endodontic treatment of root canals obstructed by foreign objects ». *International endodontic journal* 19, n° 1 (1986) : 2-10.

Gao, Y., Y. Shen, X. Zhou, et M. Haapasalo. « Remaining root dentin thickness in mesiobuccal canals of maxillary first molars after attempted removal of broken instrument fragments : broken instrument fragment removal ». *Australian endodontic journal* 41, n° 3 (2015) : 122-27.
<https://doi.org/10.1111/aej.12103>.

Gauron, C. « Médecine et rayonnements ionisants : fiche d'aide à l'analyse des risques en radiologie dentaire endobuccale et textes applicables.», Dossier médico-technique, 2009.

[http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=TC %20123.](http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=TC%20123)

Gerek, M., E. D. Başer, M. B. Kayahan, H. Sunay, R. F. Kaptan, et G. Bayırlı. « Comparison of the force required to fracture roots vertically after ultrasonic and Masserann removal of broken instruments : VRF after removal of broken instrument ». *International endodontic journal* 45, n° 5 (2012) : 429-34. [https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2011.01993.x.](https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2011.01993.x)

Goldberg, M. « Pulpe dentaire : fonctions, structure et composition ». *EMC.Médecine buccale*. 28-090-B-20. Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson, 2017. [http://www.em-premium.com.hellebore.biusante.parisdescartes.fr/showarticlefile/1105246/28-77544_plus.pdf.](http://www.em-premium.com.hellebore.biusante.parisdescartes.fr/showarticlefile/1105246/28-77544_plus.pdf)

Iqbal, M. K., M. R. Kohli, et J. S. Kim. « A retrospective clinical study of incidence of root canal instrument separation in an endodontics graduate program: a penn endo database study ». *Journal of endodontics* 32, n° 11 (2006) : 1048-52. [https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.03.001.](https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.03.001)

Kiljunen, T., T. Kaasalainen, A. Suomalainen, et M. Korttesniemi. « Dental cone beam CT : a review ». *Physica Medica* 31, n° 8 (2015) : 844-60. [https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2015.09.004.](https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2015.09.004)

Lee, J. K., Y. J. Yoo, H. Perinpanayagam, B. H. Ha, S. M. Lim, S. R. Oh, Y. Gu, et al. « Three-dimensional modelling and concurrent measurements of root anatomy in mandibular first molar mesial roots using micro-computed tomography ». *International endodontic journal* 48, n° 4 (2015) : 380-89. [https://doi.org/10.1111/iej.12326.](https://doi.org/10.1111/iej.12326)

Madarati, A. A., M. J. Hunter, et P. M. H. Dummer. « Management of intracanal separated instruments ». *Journal of endodontics* 39, n° 5 (2013) : 569-81. [https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.12.033.](https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.12.033)

Madarati, A., A. J. E. Qualtrough, et D. Watts. « A microcomputed tomography scanning study of root canal space : changes after the ultrasonic removal of fractured files ». *Journal of endodontics* 35, n° 1 (2009) : 125-28. [https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.10.005.](https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.10.005)

McGuigan, M. B., C. Louca, et H. F. Duncan. « Clinical decision-making after endodontic instrument fracture ». *British dental journal* 214, n° 8 (2013) : 395-400. [https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2013.379.](https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2013.379)

Murad, M., et C. Murray. « Impact of retained separated endodontic instruments during root canal treatment on clinical outcomes remains uncertain ». *Journal of evidence based dental practice* 11, n° 2 (2011) : 87-88. [https://doi.org/10.1016/j.jebdp.2011.03.005.](https://doi.org/10.1016/j.jebdp.2011.03.005)

Nevares, G., R. S. Cunha, M. L. Zuolo, et C. E. da Silveira Bueno. « Success rates for removing or bypassing fractured instruments : a prospective clinical study ». *Journal of endodontics* 38, n° 4 (2012) : 442-44. [https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.12.009.](https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.12.009)

Panitvisai, P., P. Parunnit, C. Sathorn, et H. H. Messer. « Impact of a retained instrument on treatment outcome : a systematic review and meta-analysis ». *Journal of endodontics* 36, n° 5 (2010) : 775-80. [https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.12.029.](https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.12.029)

Patel, S., A. Dawood, T. P. Ford, et E. Whaites. « The potential applications of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems ». *International endodontic journal* 40, n° 10 (2007) : 818-30. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2007.01299.x>.

Pauwels, R., K. Araki, J. H. Siewerdsen, et S. S. Thongvigitmanee. « Technical aspects of dental CBCT : state of the art ». *Dentomaxillofacial radiology* 44, n° 1 (2015) : 20140224. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20140224>.

Pedullà, E., N. M. Grande, G. Plotino, A. Pappalardo, et E. Rapisarda. « Cyclic fatigue resistance of three different nickel-titanium instruments after immersion in sodium hypochlorite ». *Journal of endodontics* 37, n° 8 (2011) : 1139-42. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.04.008>.

Pérard, M., A. L. Goff, B. Hingant, J. L. Clerc, et F. Perez. « Choix de la limite apicale et de la longueur de travail ». *EMC.Odontologie*. 23-050-A-03. Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson, 2010. http://www.em-premium.com.hellebore.biusante.parisdescartes.fr/showarticlefile/237747/23-55145_plus.pdf.

Riaud, X. « Première radiographie dentaire (1896) » Histoire-médecine, <http://histoire-medecine.fr/articles-histoire-de-la-medecine-premi%C3%A8re-radiographie-dentaire.php>.

Saint Pierre, F., G. Fanelli, L. Mosnegutu, et F. Devaux. « Tomographie volumique a faisceau conique de la face (cone beam computerized tomography) », 2009. https://www.has-sante.fr/portail/jcms/c_899074/fr/tomographie-volumique-a-faisceau-conique-de-la-face-cone-beam-computerized-tomography.

Salmon, B., et D. Denmat. « Radioprotection au cabinet dentaire ». *EMC.Médecine buccale*. 28-908-C-10. Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson, 2016. <http://www.em-premium.com.hellebore.biusante.parisdescartes.fr/article/1098211>.

Saunders, J., P. Eleazer, P. Zhang, et S. Michalek. « Effect of a separated Instrument on bacterial penetration of obturated root canals ». *Journal of endodontics* 30, n° 3 (2004) : 177-79. <https://doi.org/10.1097/00004770-200403000-00012>.

Scarfe, William C., et Allan G. Farman. « What is Cone-Beam CT and How Does it Work ? » *Dental clinics of North America* 52, n° 4 (2008) : 707-30. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2008.05.005>.

Schulze, R., U. Heil, D. Gross, D. D. Bruellmann, E. Dranischnikow, U. Schwanecke, et E. Schoemer. « Artefacts in CBCT : a review ». *Dento maxillo facial radiology* 40, n° 5 (2011) : 265-73. <https://doi.org/10.1259/dmfr/30642039>.

Shen, Y., B. Peng, et G. S. Cheung. « Factors associated with the removal of fractured NiTi instruments from root canal systems ». *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics* 98, n° 5 (2004) : 605-10. <https://doi.org/10.1016/S1079210404002884>.

Shokri, A., A. Eskandarloo, M. Noruzi-Gangachin, et S. Khajeh. « Detection of root perforations using

conventional and digital intraoral radiography, multidetector computed tomography and cone beam computed tomography ». *Restorative dentistry & endodontics* 40, n° 1 (2015) : 58-67. <https://doi.org/10.5395/rde.2015.40.1.58>.

Simon, S., P. Machtou, et J. Pertot. *Endodontie*. Rueil-Malmaison : Editions CdP, 2012.

Souter, N. J., et H. H. Messer. « Complications associated with fractured file removal using an ultrasonic technique ». *Journal of endodontics* 31, n° 6 (2005) : 450-52.

Suter, B., A. Lussi, et P. Sequeira. « Probability of removing fractured instruments from root canals ». *International endodontic journal* 38, n° 2 (2005) : 112-23. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2004.00916.x>.

Tang, W., Y. Wu, et R. J. Smales. « Identifying and reducing risks for potential fractures in endodontically treated teeth ». *Journal of endodontics* 36, n° 4 (2010) : 609-17. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.12.002>.

Teman, G., A. Lacan, M. Suissa, et L. Sarazin. « Stratégie des explorations en imagerie dentaire et maxillofaciale », s. d., 12.

Thirumalai, A., M. Sekar, et S. Mylswamy. « Retrieval of a separated instrument using Masserann technique ». *Journal of conservative dentistry* 11, n° 1 (2008) : 42. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.43417>.

Tyndall, D., et H. Kohltfarber. « Application of cone beam volumetric tomography in endodontics : Application of CBVT in endodontics ». *Australian dental journal* 57 (2012) : 72-81. <https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2011.01654.x>.

Uraba, S., A. Ebihara, K. Komatsu, N. Ohbayashi, et T. Okiji. « Ability of cone-beam computed tomography to detect periapical lesions that were not detected by periapical radiography : a retrospective assessment according to tooth group ». *Journal of endodontics* 42, n° 8 (2016) : 1186-90. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.04.026>.

Varghese, N. O., R. Pillai, U. N. Sujathen, S. Sainudeen, A. Antony, et S. Paul. « Resistance to torsional failure and cyclic fatigue resistance of ProTaper Next, WaveOne, and Mtwo files in continuous and reciprocating motion : an in vitro study ». *Journal of conservative dentistry* 19, n° 3 (2016) : 225-30. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.181937>.

Venkatesh, E., et S. Elluru. « Cone beam computed tomography: basics and applications in dentistry ». *Journal of istanbul university faculty of dentistry* 51, n° 3 Suppl 1 (2017) : S102-21. <https://doi.org/10.17096/jiufd.00289>.

Wu, J., G. Ozcan, M. Yan, Y. Yu, J. Yu, et G. Zhang. « Instrument separation analysis of multi-used ProTaper universal rotary system during root canal therapy ». *Journal of endodontics* 37, n° 6 (2011) : 758-63. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.02.021>.

Yi, J., Y. Sun, Y. Li, C. Li, X. Li, et Z. Zhao. « Cone-beam computed tomography versus periapical radiograph for diagnosing external root resorption : *a systematic review and meta-analysis* ». *The angle orthodontist* 87, n° 2 (2017) : 328-37. <https://doi.org/10.2319/061916-481.1>.

Yoldas, O., H. Oztunc, C. Tinaz, et N. Alparslan. « Perforation risks associated with the use of Masserann endodontic kit drills in mandibular molars ». *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontology* 97, n° 4 (2004) : 513-17. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2003.09.007>.

Table des figures

Figure 1 : Tube de Crookes.....	4
Figure 2 : Première radiographie dentaire de Walkhoff	5
Figure 3 : Angulateur de Rinn® (rétro-alvéolaire, antérieur et pour l'endodontie)	9
Figure 4 : Position idéale du film par rapport au faisceau de rayons X avec la technique des plans parallèles	10
Figure 5 : Angulateur de Rinn (rétro-coronaire) et angulation du faisceau de rayons X	11
Figure 6 : Faisceau plat du scanner	11
Figure 7 : Faisceau conique du CBCT.....	12
Figure 8 : Pixel à gauche et voxel à droite.....	14
Figure 9 : Comparaison d'une coupe axiale d'un scanner à gauche et d'un CBCT à droite	15
Figure 10 : Différentes tailles de champ : petit (4 x 5 cm), moyen (8 x 8 cm) et grand (10 x 10 cm)....	15
Figure 11 : Artefact de mouvement	16
Figure 12 : Tire nerf, Lime H, Lime K, et broches	17
Figure 13 : Limes K.....	18
Figure 14 : Comportement de l'alliage en Nickel Titane	19
Figure 15 : Le degré de courbure	21
Figure 16 : Le rayon de courbure	22
Figure 17 : Différence entre l'apex radiologique et l'apex anatomique	23
Figure 18 : La région apicale d'après Kuttler	24
Figure 19 : Classification de Weine	26
Figure 20 : Classification de De Deus.....	27
Figure 21 : Diminution du volume de la chambre pulpaire d'une molaire mandibulaire.....	28
Figure 22 : Pulpolithes.....	29
Figure 23 : Erreur d'axe dans la réalisation de la cavité d'accès	30
Figure 24 : Cavité de délinéation et descente plan par plan jusqu'à l'effraction pulpaire	32
Figure 25 : Protaper.....	33
Figure 26 : Les étapes du bypass.....	35
Figure 27 : Forêts de Gates Glidden	36
Figure 28 : Dépose d'un fragment instrumental à l'aide d'ultrasons.....	36
Figure 29 : Kit de Masseran.....	37
Figure 30 : Accès au fragment, dégagement et préhension	38

Figure 31 : Dépose d'un instrument fracturé dans le canal distal d'une molaire mandibulaire à l'aide du Kit de Masseran.....	39
Figure 32 : Les limites de la 2D.....	41
Figure 33 : Radiographie en deux dimensions et CBCT de 14 montrant 3 racines	42
Figure 34 : Coupe axiale du tiers coronaire, moyen et apical d'une molaire maxillaire montrant la présence d'un MV2	43
Figure 35 : Résorption externe sur 11	43
Figure 36 : Radiographie rétro-alvéolaire d'une 17 ne montrant pas de lésion péri-apicale et CBCT présentant une lésion péri-apicale.....	44
Figure 37 : Zone de risque de stripping en A et zone de sécurité en B.....	45
Figure 38 : CBCT d'une perforation en A et d'un stripping en B	45
Figure 39 : Instrument fracturé dans la racine mésiale d'une molaire mandibulaire.....	46
Figure 40 : CBCT d'un instrument fracturé dans le canal mésio-vestibulaire	47
Figure 41 : Epaisseur de dentine résiduelle après la dépose de l'instrument fracturé en fonction de sa localisation dans le canal (tiers coronaire en a et tiers moyen en b).....	49
Figure 42 : Les configurations canalaires du MV1 et MV2 en fonction de leurs localisations.....	51
Figure 43 : Coupe axiale d'une racine mésio-vestibulaire	51
Figure 44 : Concavité de la partie palatine de la racine vestibulaire de la première prémolaire maxillaire	53
Figure 45 : Coupe axiale d'une racine mésiale d'une molaire mandibulaire	54
Figure 46 : Arbre décisionnel sur l'apport du Cone Beam dans la gestion des instruments fracturés	56

Table des tableaux

Tableau 1 : Dose d'exposition aux rayons X.....	13
Tableau 2 : Pourcentage de fracture selon le degré de courbure.....	21
Tableau 3 : Type de Protaper fracturé en fonction de la localisation	25

Vu, le Directeur de thèse

Vu, le Doyen de la Faculté de Chirurgie dentaire
de l'Université Paris Descartes

Docteur Marie SEVIN

Professeur Louis MAMAN

Vu, le Président de l'Université Paris Descartes
Professeur Frédéric DARDEL
Pour le Président et par délégation,

Le Doyen Louis MAMAN

L'apport du Cone Beam dans la gestion des instruments endodontiques fracturés

Résumé :

Il existe aujourd'hui sur le marché de très nombreux instruments endodontiques de mise en forme canalaire, tous susceptibles à la fracture. Des connaissances sur les causes de survenue de ces fractures ainsi que les types de fracture sont indispensables afin de les limiter au maximum.

Le Cone Beam est de plus en plus présent dans les cabinets dentaires. Il est utilisé en endodontie car il permet une visualisation tridimensionnelle de l'anatomie dentaire, ce qui n'est pas possible sur une radiographie rétro-alvéolaire.

Nous verrons quels sont les éléments à prendre en compte au niveau de l'instrument et au niveau dentaire sur l'analyse du Cone Beam afin de choisir la technique la plus appropriée (bypass, dépose, chirurgie apicale) pour le traitement endodontique.

Discipline :

Endodontie

Mots clés fMesh et Rameau :

Tomodensitométrie à faisceau conique -- Dissertations universitaires ; Endodontie -- instrumentation -- Dissertations universitaires ; Endodontie clinique -- Instruments -- Thèses et écrits académiques ; Arbres de décision -- Thèses et écrits académiques

Université Paris Descartes
Faculté de Chirurgie dentaire
1, rue Maurice Arnoux
92120 Montrouge