



**HAL**  
open science

# Cone Beam Computed Tomography : fiabilité des mesures linéaires dans le diagnostic des résorptions internes

Charles Laverdure

► **To cite this version:**

Charles Laverdure. Cone Beam Computed Tomography : fiabilité des mesures linéaires dans le diagnostic des résorptions internes. Sciences du Vivant [q-bio]. 2018. dumas-02017725

**HAL Id: dumas-02017725**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02017725>**

Submitted on 13 Feb 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



UNIVERSITÉ  
**PARIS**  
**DESCARTES**

MEMBRE DE

**U-PC**  
Université Sorbonne  
Paris Cité

## **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.

Code de la Propriété Intellectuelle. Articles L 122.4

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



UNIVERSITÉ  
**PARIS**  
**DESCARTES**

MEMBRE DE

**U-PC**  
Université Sorbonne  
Paris Cité

## UNIVERSITÉ PARIS DESCARTES

FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2018

N° 110

THÈSE

POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement le : 11 décembre 2018

Par

Charles LAVERDURE

### **Cone Beam Computed Tomography : fiabilité des mesures linéaires dans le diagnostic des résorptions internes**

Dirigée par Mme le Docteur Francesca Mangione

JURY

M. le Professeur Benjamin Salmon

Président

Mme le Docteur Francesca Mangione

Assesseur

M. le Docteur Denis Bouter

Assesseur

M. le Docteur Farid Ghoul

Assesseur

M. le Docteur Michel Abi Harb

Invité





## 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, BIOMATÉRIAUX	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
<i>Mise à jour le 04 septembre 2018</i>			



## Remerciements

---

**À M. le Professeur Benjamin Salmon**

*Docteur en Chirurgie dentaire,*

*Spécialiste qualifié en Chirurgie orale,*

*Docteur de l'Université Paris Descartes,*

*Habilité à Diriger des Recherches,*

*Professeur des Universités, Faculté de Chirurgie dentaire Paris Descartes,*

*Praticien Hospitalier, Assistance Publique-Hôpitaux de Paris,*

*Chef de service de l'hôpital Bretonneau*

Qui me faites l'honneur de présider le jury de cette thèse. Je vous remercie de m'avoir accordé votre confiance pour poursuivre vos travaux de recherche sur l'imagerie des résorptions radiculaires au CBCT.

**À Mme le Docteur Francesca Mangione**

*Docteur en Chirurgie dentaire,*

*Spécialiste qualifiée en Chirurgie orale,*

*Docteur de l'Université de Rome « La Sapienza »,*

*Maître de Conférences des Universités Faculté de Chirurgie dentaire Paris Descartes,*

*Praticien Hospitalier, Assistance Publique-Hôpitaux de Paris,*

Qui me faites l'honneur de participer à l'élaboration et au jury de cette thèse. Je vous remercie de m'avoir proposé de travailler avec vous sur ce projet de recherche. Vous avez rapidement compris mon intérêt pour la discipline d'endodontie. Je vous remercie pour votre patience et votre disponibilité tout au long de ce travail.

**À M. le Docteur Denis Bouter**

*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*

Qui me faites l'honneur de siéger au jury de cette thèse. Je vous remercie pour la qualité de votre enseignement, et tout particulièrement pour votre investissement dans la consultation d'endodontie à l'Hôpital Henri Mondor. Vous m'avez permis d'évoluer dans cette discipline depuis la D2, et d'approfondir mes compétences en m'encadrant toutes les semaines depuis plus d'un an. Je vous en suis très reconnaissant.

**À M. le Docteur Farid Ghouli**

*Docteur en Chirurgie dentaire,*

*Assistant Hospitalo-Universitaire, Faculté de Chirurgie dentaire Paris Descartes*

Qui me fais l'honneur de siéger au jury de cette thèse. Je te remercie pour ton amitié et ta présence aujourd'hui. Je suis très heureux que tu sièges à ce jury.

**À M. le Docteur Michel Abi Harb**

*Docteur en Chirurgie dentaire,*

*Docteur de l'Université Paris Descartes,*

*Assistant Hospitalo-Universitaire, Faculté de Chirurgie dentaire Paris Descartes.*

Qui me faites l'honneur de siéger au jury de cette thèse. Je vous remercie d'avoir accepté de participer à ce jury de thèse et de vous être rendu disponible.

A mes parents, Dominique et Olivier pour m'avoir fait. Ça y est vous n'aurez plus à vous inquiéter pour mes études, j'ai enfin fini. A Laurence et Pietro.

A mon amoureuse, Charlotte parce que sans toi je n'en serai pas là à tout point de vue. Merci de m'avoir soutenu, cru en moi, poussé, supporté, et de m'aimer comme tu le fais si bien. Je t'aime.

A mes frère et sœur, Florent et Pauline merci je vous aime. Mes belles sœurs, Emilie et Sophie. Mon neveu Paul et ma nièce Agathe.

Mes grands-parents, Paulette, Mamichou, Michel, Grand-Pa, merci pour tous ses moments passés ensemble.

Mes oncles et tantes, Bernadette et Pascal, Jean-Lou et Brigitte, Isabelle et Thierry, Francois et Lydie  
Mes cousins cousines, Léa et Cristophe, Thomas et Stéphanie, Camille et Kévin, Ophélie et Nico, Laurent et Anais, Bertille et Kévin, Laura, Alice, Victor, Péroline.

Mes beaux-parents, Catherine et Jean-Charles merci pour votre soutien sans faille, et bravo pour la fille extraordinaire que vous avez fait.

Mes amis, les niglos pour tous ces moments idiots qui nous ont lié. Martin depuis toujours et pour encore longtemps, Max plus qu'un ami tmtc, Rémi c'est un vrai plaisir de t'avoir accueilli dans notre arbre magique, Perco ton petit corps de Peepodo à jamais dans nos coeurs, Pierrick bon on repassera pour la porsche, Baptiste le sang tu le sais et mercé.

Mes amis de Palaiseau, Colas, Antoine que d'évolution depuis le collège et toujours autant de plaisir à partager des moments ensemble, Chloé pour tout ce qu'on a partagé merci d'avoir toujours été présente et de bon conseil, Camille merci pour ta gentillesse et ta sincérité plein de bonheur dans votre nouveaux départ.

La dream team, Audrey merci pour ton aide jusqu'au dernier moment dans mes études, Noush parce qu'il faut une pote belge avant 30 ans sinon t'as raté ta vie, Sévron parce que les WEI et le CRIT avait un gout de trop peu sans toi, Simon ce fut un vrai plaisir de faire partie de ta vie pendant un moment, Laurent je te souhaite le meilleur pour ton nouveau depart,, Marion petite mocheté ne crois pas que je vais te dire des choses gentilles non non non. Pierre toi seul peu comprendre comme ce moment est inattendu pour moi, David la vérité ça aurait bien moins drôle sans toi, Eléonore tout simplement parce que ce serait vraiment trop bête de la perdre, et pour tous ces moments à l'hôpital et surtout en dehors

Flo hâte que tu rentres de la Réunion que tu nous payes un peu plus souvent des restau, Robin parce que sans toi mes lundis seraient bien moroses, Max parce que c'est pas vraiment la dentisterie qui nous a rapproché.

Erwan, Max G. malgré quelques tee-shirts qui n'ont pas survécu c'est toujours un plaisir de travailler ensemble, et à toutes l'équipe du CDOE.

Anne-Claire merci de m'avoir accueilli dans votre cabinet dès mes débuts et d'avoir permis que je m'épanouisse dans ce métier.

# Table des matières

---

<b>Introduction .....</b>	<b>3</b>
<b>1 : Les résorptions internes .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1 Introduction.....</b>	<b>4</b>
<b>1.2 Le complexe dentino-pulpaire .....</b>	<b>4</b>
1.2.1 Les populations cellulaires de la pulpe dentaire .....	5
1.2.2 La dentine .....	6
<b>1.3 Classifications des résorptions dentaires.....</b>	<b>7</b>
1.3.1. Classification de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) .....	7
1.3.2. Classification du dictionnaire d'odontologie conservatrice .....	8
1.3.3. La classification de Tronstad .....	9
1.3.4. Classification de Heithersay .....	9
1.3.5. Classification d'Andersen .....	10
<b>1.4 Mécanismes de protection tissulaires contre les résorptions .....</b>	<b>10</b>
<b>1.5 Processus cellulaire de résorption.....</b>	<b>11</b>
<b>1.6 Etiologie des résorptions internes.....</b>	<b>12</b>
<b>1.7. Le diagnostic des résorptions internes .....</b>	<b>13</b>
1.7.1 Diagnostic clinique.....	13
1.7.2 Diagnostic radiologique.....	14
<b>1.8. Les options thérapeutiques .....</b>	<b>15</b>
1.8.1 Le traitement des résorptions internes sans perforation .....	16
1.8.2 Traitement des résorption internes avec perforation.....	17
<b>2 : Imagerie 3D et résorptions .....</b>	<b>19</b>
<b>2.1. Les limites de l'imagerie 2D en endodontie .....</b>	<b>19</b>
<b>2.2. Le Cone Beam CT dans l'étude des résorptions.....</b>	<b>21</b>
2.2.1 Historique de l'imagerie 3D.....	21
2.2.2 Principes d'acquisition du Cone beam .....	22
2.2.3 Les limites du CBCT.....	24
2.2.4 Les recommandations nationales et internationales.....	25
2.2.5 Doses et radioprotection.....	26

<b>3 : Etude expérimentale</b> .....	<b>28</b>
<b>3.1 Objectif</b> .....	<b>28</b>
<b>3.2 Matériels et méthodes</b> .....	<b>28</b>
3.2.1 Modèle expérimental de la résorption interne.....	28
3.2.2 Acquisitions microCT et CBCT.....	29
3.2.3 Mesures de la paroi résiduelle .....	30
3.2.4 Analyses statistiques .....	31
<b>3.3 Résultats</b> .....	<b>32</b>
<b>3.4 Discussion</b> .....	<b>33</b>
<b>Conclusion</b> .....	<b>36</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>37</b>
<b>Table des figures</b> .....	<b>42</b>
<b>Table des tableaux</b> .....	<b>43</b>

## Introduction

---

Les résorptions dentaires sont des pathologies relativement rares et difficiles à diagnostiquer puisqu'elles sont généralement asymptomatiques. Leur diagnostic est clinique et radiographique (radiographie retro- alvéolaire), mais leur découverte est souvent fortuite au moment de l'analyse des examens complémentaires radiographiques.

Bien que les outils d'aide au radio-diagnostic soient de plus en plus performants en endodontie, l'imagerie 2D présente de nombreuses limites qui rendent difficile le diagnostic de certitude et le choix thérapeutique des résorptions dentaires. L'examen complémentaire de choix de deuxième intention est donc aujourd'hui le CBCT.

Le traitement des résorptions radiculaires internes est orienté par la détermination de la présence et de l'épaisseur d'une paroi résiduelle. C'est cette mesure qui nous a tout particulièrement intéressé dans notre étude.

L'objectif a donc été d'étudier la fiabilité et la reproductibilité de mesures linéaires prises grâce au CBCT, en se focalisant sur la mesure de la paroi résiduelle bordant la résorption. Pour cela nous avons réalisé une étude in vitro en simulant la présence de résorptions radiculaires internes sur 11 dents monoradiculées, et nous avons comparé les mesures de l'épaisseur des parois résiduelles prises au CBCT à celles relevées à l'aide du gold standard qui est aujourd'hui le  $\mu$ CT (X-ray micro-computed tomography).

# 1 : Les résorptions internes

---

## 1.1 Introduction

Les résorptions internes sont des lésions rares puisqu'elles ne concernent que 0.1 à 0.6 % des dents.<sup>1</sup> Il s'agit d'un phénomène encore mal connu, déterminé par l'Organisation Mondiale de la Santé en 1997 sous l'appellation de « résorption pathologique des dents ».

L'American Association of Endodontists définit les résorptions comme un "état associé à un processus physiologique ou pathologique provoquant une perte de tissu dentaire, cémentaire ou osseux ».

Cette pathologie est associée à une grande variété de facteurs étiologiques, tels qu'un traumatisme, une parodontite apicale, ou encore des forces orthodontiques trop importantes.<sup>2</sup>

De nombreuses classifications des résorptions ont été proposées en fonction de leur localisation, de leur évolution et de leur étiologie. Cependant il n'existe pas encore à ce jour de consensus concernant leur prise en charge thérapeutique.

## 1.2 Le complexe dentino-pulpaire

La dentine est un tissu minéralisé, riche en protéines, qui assure la forme globale de l'organe dentaire. Elle protège en son centre la pulpe dentaire, tissu vivant constitué de populations cellulaires variées.<sup>3</sup> Ces 2 tissus sont intimement liés l'un à l'autre, et forment le complexe dentino-pulpaire.

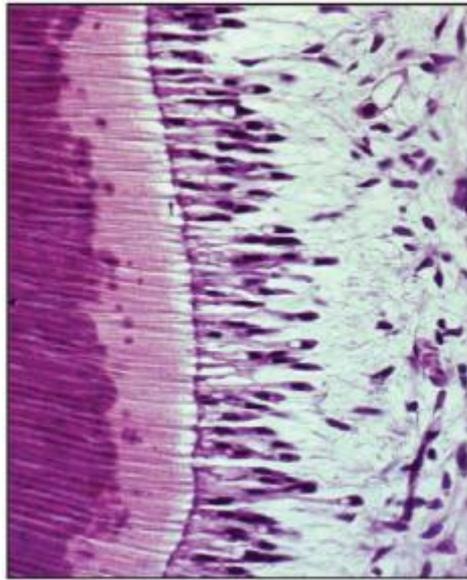
---

<sup>1</sup> Piette et Goldberg, « Anomalies et malformations des dents ».

<sup>2</sup> Weltman et al., « Root resorption associated with orthodontic tooth movement ».

<sup>3</sup> Linde et Goldberg, « Dentinogenesis ».

Figure 1 : Le complexe pulpo-dentinaire vu au microscope photonique (grossissement x40)



Source : Bouillaguet, « Biological risks of resin-based materials to the dentin-pulp complex », 2004

### 1.2.1 Les populations cellulaires de la pulpe dentaire

La pulpe dentaire est un tissu conjonctif riche en cellules, majoritairement des fibroblastes, des odontoblastes, et des cellules immunitaires.

Comme dans tout tissu conjonctif, les fibroblastes sont les cellules les plus représentées dans la pulpe, dont le rôle essentiel est la synthèse des composants de la matrice extracellulaire.

La matrice extracellulaire de la pulpe possède un rôle important puisque son élasticité va permettre, en cas d'inflammation, de s'adapter aux changements de pressions subis au sein de la dent, et d'éviter ainsi l'apparition de sensibilités dans la plupart des épisodes inflammatoires.

Les odontoblastes forment une couche unicellulaire en palissade le long de la jonction dentinaire. Ils se chargent de la synthèse de la dentine mais ne sont pas incorporés dans le tissu qu'ils sécrètent, à l'exception de leurs prolongements odontoblastiques. Au cours de la dentinogenèse primaire, leur activité sécrétrice est intense, puis, ces cellules passent en phase semi-quiescente, associée à une activité sécrétrice diminuée.

Une fois l'organe dentaire en fonction, un des rôles importants de l'odontoblaste est la protection de la vitalité pulpaire. Pour cela, il est capable de sortir de sa phase semi-quiescente suite à un

traumatisme tissulaire ou à une agression bactérienne, et de synthétiser à nouveau de la dentine, appelée cette fois dentine réactionnelle ou réparatrice.

Des cellules immunitaires, telles que les mastocytes ou les macrophages, sont présentes dans la pulpe dans des conditions physiologiques et permettent une réponse rapide non spécifique en cas d'invasion bactérienne.<sup>4</sup> Elles jouent un rôle essentiel dans les résorptions radiculaires. On retrouve également des cellules dendritiques, cellules présentatrices de l'antigène dont le rôle est crucial pour la mise en place de l'immunité adaptative. Ces cellules dendritiques ont également la capacité d'interagir avec les fibres nerveuses pulpaire et les vaisseaux sanguins. La première phase de la réaction inflammatoire en cas d'agression semble correspondre à cette réponse neuro-immunitaire médiée par les cellules dendritiques<sup>5</sup>.

La pulpe dentaire se constitue enfin de cellules souches ayant un rôle dans le remplacement des tissus lésés. Ces cellules sont prometteuses pour la dentisterie de demain, notamment dans la mise en place des thérapeutiques de revascularisation et les nouvelles techniques d'ingénierie tissulaires.

### **1.2.2 La dentine**

La dentine est un tissu minéralisé à 70 %, composée de 20 % de matrice organique et de 10 % d'eau. Elle joue un rôle d'architecture de l'organe dentaire, et sa composition lui confère une certaine élasticité.

On distingue la pré-dentine de la dentine, structure directement en contact avec la pulpe, à l'origine de la matrice dentinaire.

La dentine est un tissu tubulaire, qui renferme les prolongements odontoblastique des cellules pulpaire périphériques, baignés dans le fluide dentinaire d'origine pulpaire.

La dentine qui individualise les tubuli est appelée dentine intratubulaire ou intracanaliculaire ; elle est sécrétée tout au long de la vie des odontoblastes, et va ainsi réduire progressivement la taille de la lumière canaliculaire avec le temps.<sup>6</sup> La dentine intertubulaire quant à elle représente la dentine contenue entre les tubuli.

D'après Goldberg et Smith (2004), il existe une dentine primaire, secondaire et tertiaire.

---

<sup>4</sup> Jontell, Gunraj, et Bergenholtz, « Immunocompetent cells in the normal dental pulp ».

<sup>5</sup> Farges et al., « Odontoblasts in the dental pulp Immune response ».

<sup>6</sup> Berdal, « Biologie de la pulpe ».

La dentine primaire est la première dentine à être formée ; elle dicte la forme de l'organe dentaire.

La dentine secondaire commence à être synthétisée après la dentine primaire, puis continue à l'être tout au long de la vie des odontoblastes. C'est elle qui est responsable de la diminution de la taille de la chambre pulpaire, des canaux radiculaires et des tubuli avec le temps.

La dentine tertiaire quant à elle est sécrétée par les odontoblastes lorsque la dent subit une agression. On distingue la dentine « réactionnelle », lorsque que le traumatisme est léger et que l'intégrité des odontoblastes est respectée, de la dentine « réparatrice » alors produite secondairement à une agression importante compromettant l'intégrité des odontoblastes. Cette dentine réparatrice peut aussi être sécrétée par des cellules qui ne sont pas des odontoblastes, si ces derniers ont été détruits. Il s'agit de cellules progénitrices locales ou à distance, dont l'origine n'est toujours par clairement définie.<sup>7</sup>

### **1.3 Classifications des résorptions dentaires**

Différentes classifications ont été proposées, et varient selon la topographie et le mode d'évolution des résorptions.<sup>8 9 10</sup>

#### **1.3.1. Classification de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS)**

La classification de l'OMS des résorptions radiculaires est peu précise. Elle est retrouvée dans la rubrique « maladies de la cavité buccale, des glandes salivaires et des mâchoires », et se divise en 2 catégories :

- Les résorptions pathologiques des dents
  - Résorptions internes
  - Résorptions externes
- L'ankylose

---

<sup>7</sup> Fitzgerald, Chiego, et Heys, « Autoradiographic analysis of odontoblast replacement following pulp exposure in primate teeth ».

<sup>8</sup> Heithersay, « Clinical, radiologic, and histopathologic features of invasive cervical resorption ».

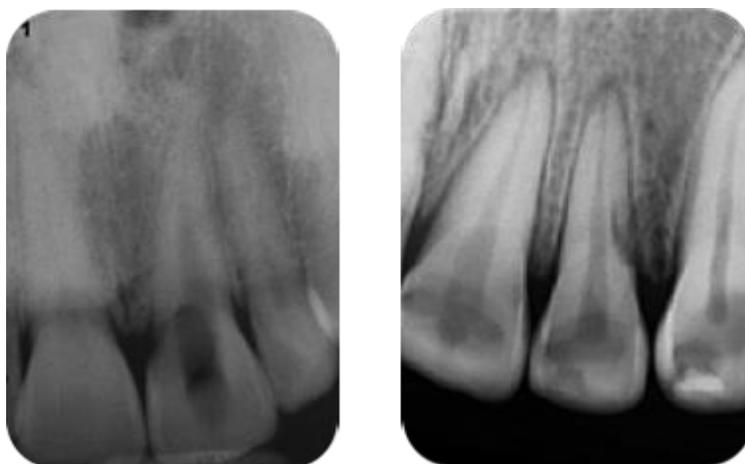
<sup>9</sup> Tronstad, « Root resorption etiology, terminology and clinical manifestations ».

<sup>10</sup> Trope, « Root resorption of dental and traumatic origin ».

Figure 2 : Radiographies d'une résorption interne et externe

À droite, radiographie d'une résorption radiculaire externe d'une incisive latérale maxillaire

À gauche, radiographie d'une résorption interne d'une incisive centrale maxillaire.



Source : Auteur, 2018

### 1.3.2. Classification du dictionnaire d'odontologie conservatrice

D'après le Dictionnaire francophone des termes d'Odontologie Conservatrice, les différents types de résorptions sont les suivants : <sup>11</sup>

- La résorption de surface : résorption superficielle qui intéresse la couche la plus profonde du ligament parodontal et le ciment, et qui peut se réparer spontanément grâce aux zones intactes du desmodonte.
- L'ankylose : destruction du ligament parodontal entraînant une fusion entre l'os alvéolaire et la surface dentinaire.
- La résorption de remplacement :
  - La résorption de remplacement interne : la dentine résorbée est remplacée par un tissu de type « ostéodentine ».
  - La résorption de remplacement externe : la lésion est étendue avec disparition progressive du ciment et de la dentine radiculaire.
- La résorption cervicale : se trouve au niveau du collet de la dent, au-dessus du septum osseux, et évolue jusqu'à atteindre la pulpe.
- La résorption interne : l'inflammation pulpaire chronique provoque la formation de tissu de granulation au dépend de la dentine, pouvant aller jusqu'à la perforation radiculaire.

---

<sup>11</sup> Collège national des enseignants en odontologie conservatrice, « Résorption radiculaire ».

- La résorption externe : la résorption débute dans l'espace desmodontal ; le cément, la dentine, puis le ligament parodontal sont progressivement détruits. À l'inverse de la résorption interne, le stade ultime correspond à une atteinte pulpaire.
- La résorption inflammatoire : processus de destruction tissulaire chronique ayant plusieurs étiologies possibles tels que les infections bactériennes ou les irritations mécaniques.

### **1.3.3. La classification de Tronstad**

Tronstad fait la différence entre résorption transitoire et résorption progressive. Lorsque le stimulus qui crée la résorption cesse au bout de 2 à 3 semaines, la plage de résorption est considérée comme transitoire et un tissu semblable au cément est néoformé. Si le stimulus reste présent, alors la résorption devient progressive.<sup>12</sup>

Tronstad met également en opposition les résorptions internes, à point de départ canalaire, des résorptions externes qui débutent du cément.

Tronstad distingue enfin résorption de remplacement et résorption inflammatoire. Lors de la résorption externe de remplacement, la dent est dite ankylosée, comme confondue avec l'os. Il existe alors une erreur au moment du remodelage osseux, et les cellules ne font plus la différence entre l'os et la dent. La résorption inflammatoire concerne quant à elle la mise en place d'un processus inflammatoire qui va progressivement détruire le tissu dentaire, en remplaçant la perte de substance par un tissu de granulation. Bien que les résorptions inflammatoires aient un bon pronostic de traitement, les résorptions de remplacement sont difficiles à stopper.

### **1.3.4. Classification de Heithersay**

Cette classification concerne les résorptions cervicales invasives, et prend en compte l'étendue de la résorption.<sup>13</sup>

- Classe 1 : Légère résorption à proximité cervicale et faible pénétration dentinaire
- Classe 2 : Résorption plus accentuée et bien définie avec pénétration dentinaire à proximité pulpaire, sans extension ou avec une faible extension dans la dentine radulaire
- Classe 3 : Envahissement plus important de la dentine cervicale et s'étendant jusqu'au 1/3 coronaire de la dentine radulaire.

---

<sup>12</sup> Tronstad, « Root resorption etiology, terminology and clinical manifestations ».

<sup>13</sup> Heithersay, « Invasive cervical resorption ».

- Classe 4 : Envahissement de la dentine jusqu'au-delà du 1/3 coronaire de la dentine.

### 1.3.5. Classification d'Andersen

Pour Andersen, la classification des résorptions est quantitative, et varie en fonction de la perte de substance tissulaire : <sup>14</sup>

- 0 : Pas de résorption
- 1 : Atteinte de moins de  $\frac{1}{4}$  de la substance radiculaire
- 2 : Atteinte comprise entre  $\frac{1}{4}$  et  $\frac{1}{2}$  de la substance radiculaire
- 3 : Atteinte comprise entre  $\frac{1}{2}$  et  $\frac{3}{4}$  de la substance radiculaire
- 4 : Atteinte comprise entre  $\frac{3}{4}$  et la totalité de la substance radiculaire

## 1.4 Mécanismes de protection tissulaires contre les résorptions

La dent, et plus précisément la racine dentaire, n'est pas susceptible de subir un processus de résorption dans des conditions physiologiques car il existe des mécanismes de protections tissulaires. Le premier mécanisme décrit concerne les restes épithéliaux de Malassez, résidus de la gaine de Hertwig et présents autour de la racine, qui la protégeraient contre la résorption et l'ankylose. Ce mécanisme n'est en réalité pas reconnu comme protection contre la résorption.<sup>15 16</sup>

Le deuxième mécanisme repose sur la présence des couches de prédentine et de ciment à la surface dentinaire interne et externe respectivement. Afin de résorber une surface minéralisée, les ostéoclastes/odontoclastes ont besoin d'adhérer directement sur cette surface ; la couche la plus externe de ciment est recouverte de cimentoblastes, ce qui n'en fait pas une surface adéquate à l'adhésion des ostéoclastes.<sup>17</sup> Il est de même pour la face interne de la racine, recouverte de prédentine non minéralisée qui ne permet pas non plus l'adhésion des cellules clastiques.

Le troisième mécanisme de protection met en jeu la synthèse de facteurs protéiques inhibant la résorption osseuse telle que l'ostéoprotégérine (OPG), dont le rôle est d'empêcher l'activation des

---

<sup>14</sup> Andreasen et al., « Replantation of 400 avulsed permanent incisors. 1. diagnosis of healing complications ».

<sup>15</sup> Orban, « The epithelial network in the periodontal membrane ».

<sup>16</sup> Loe et Waerhaug, « Experimental replantation of teeth in dogs and monkeys ».

<sup>17</sup> Nakamura et al., « Chemical and physical properties of the extracellular matrix are required for the actin ring formation in osteoclasts ».

ostéoclastes<sup>18</sup>. Les fibroblastes gingivaux, les cellules pulpaire et les cellules parodontales sont capables de synthétiser OPG, mais il n'existe pas à ce jour de preuve permettant d'affirmer le rôle des cémentoblastes dans la synthèse d'OPG.

Enfin, le dernier mécanisme décrit concerne uniquement les résorptions dites externes. La couche la plus profonde du cément est très minéralisée, ce qui en fait une véritable barrière hermétique entre la dentine et le parodonte, qui ne laisse traverser aucune toxine bactérienne. En revanche, si le cément est altéré, les toxines peuvent alors passer dans la dentine et aboutir à une inflammation susceptible de provoquer une résorption radiculaire.

## 1.5 Processus cellulaire de résorption

Les cellules de types ostéoclastiques sont à l'origine des résorptions.

Les ostéoclastes sont des cellules volumineuses, ayant un diamètre compris entre 20 et 100 micromètres, et qui possèdent plusieurs noyaux (30 à 50) puisqu'elles sont issues de la fusion de cellules mononucléées d'origine hématopoïétique (monocytes/ macrophages).

Une cellule ostéoclastique est composée d'une bordure plissée, qui est le pôle travaillant de la cellule. Il s'agit d'une partie différenciée de la membrane cytoplasmique située en regard de la zone à résorber, et qui est fermée à ses extrémités de manière hermétique par des protéines d'adhésion cellulaires assurant une parfaite étanchéité de la zone de résorption. L'espace ainsi créé est appelé lacune de Howship.

La différenciation en cellules clastiques se fait par l'intermédiaire de médiateurs cellulaires.

En effet, les cellules du tissu conjonctif peuvent exprimer des protéines à leur surface cellulaire, des hormones, ou libérer des facteurs de la matrice environnante par protéolyse qui vont entrer en contact avec les précurseurs cellulaires.

La protéine RANK est présente sur ces précurseurs et va interagir avec les cellules stromales présentant RANK-L à leur surface. Cette liaison cellulaire va créer une cascade d'activation enzymatique qui va permettre aux cellules précurseurs de se différencier en cellules clastiques. Il existe des moyens de contrôle, comme expliqué précédemment, et notamment par la protéine OPG qui va se fixer elle aussi sur RANK afin d'éviter l'activation de la différenciation clastique des cellules.

---

<sup>18</sup> Levin, « Root resorption ».

Au niveau pulpaire il a été montré que la protection contre les résorptions venait de la présence des odontoblastes et de la prédentine. Il faut donc une destruction de la prédentine et des odontoblastes pour qu'une activité clastique puisse se mettre en place.<sup>19</sup>

## 1.6 Etiologie des résorptions internes

Le facteur principal qui peut être à l'origine d'une résorption interne est l'inflammation pulpaire.

Les étiologies possibles sont multiples :

- Les traumatismes, quels qu'ils soient, peuvent induire une inflammation voire une nécrose de la pulpe.<sup>20</sup> Un fraissage dentaire sans irrigation par exemple, ou la mise en place d'un matériau à prise exothermique provoquent des traumatismes thermiques susceptibles d'irriter la pulpe.<sup>21</sup>
- Les traitements orthodontiques : les mouvements d'ingression, ainsi que les forces violentes et longues sont autant de facteurs qui peuvent créer une ischémie par rupture apicale du paquet vasculo-nerveux et donc créer une inflammation pulpaire pouvant induire une résorption.<sup>22</sup>
- Les infections bactériennes :
  - La maladie parodontale : les produits issus du métabolisme bactérien et les toxines libérées par les bactéries sur la racine dentaire exposée peuvent rejoindre la pulpe via les canaux accessoires et les tubuli dentinaires, et créer ainsi une inflammation pulpaire.
  - L'infection pulpaire : une carie, une fêlure ou encore une mauvaise étanchéité des restaurations dentaires risque d'engendrer une infiltration bactérienne au sein du complexe dentino-pulpaire. Les infections endodontiques sont également remarquées suite à une pulpotomie ou à un coiffage pulpaire. D'ailleurs, la probabilité de voir une résorption interne se former serait de 20 % à 25 % d'après les travaux de Lambrechts et Van Hoorebeck.<sup>23 24</sup>

---

<sup>19</sup> Berdal, « Biologie de la pulpe ».

<sup>20</sup> Fuss, Tsesis, et Lin, « Root resorption diagnosis, classification and treatment choices based on stimulation factor ».

<sup>21</sup> Mesbah et Sauveur, « Résorptions pathologiques des dents permanentes évoluées ».

<sup>22</sup> Dursun, Maire, et Meyer, « ITEM 43 : les effets iatrogènes des traitements orthodontiques ».

<sup>23</sup> Fuss, Tsesis, et Lin, « Root resorption diagnosis, classification and treatment choices based on stimulation factor ».

<sup>24</sup> Lambrechts et Van Hoorebeck, « Résorption radiculaire ».

- Les agents chimiques, comme ceux utilisés pour le blanchiment dentaire ou encore les ciments et matériaux nécessaires pour les restaurations dentaires coronaires sont autant de facteurs de risque de résorptions radiculaires.
- Le facteur génétique : une étude sur des jumeaux monozygotes a mis en évidence un lien entre la résorption interne et le polymorphisme génétique.<sup>25</sup>
- Les infections virales : les virus herpès et zona ont été incriminés comme irritants potentiels de la pulpe. Une étude de 2007 a montré que ces virus pourraient être attirés dans la pulpe par les terminaisons nerveuses. D'autres études publiées en 1986 et en 1991 ont montré des cas de résorptions internes par la dégénérescence des odontoblastes due à cette infection virale.<sup>26 27 28</sup>

## 1.7. Le diagnostic des résorptions internes

### 1.7.1 Diagnostic clinique

La résorption radiculaire est le plus souvent asymptomatique et la découverte de la lésion est donc généralement fortuite.

Le diagnostic clinique repose avant tout sur l'identification de dyscolorations de la dent ; celle-ci apparaît grise lorsqu'elle est nécrosée, ou rose « pink spot » lorsque la résorption se situe dans sa partie coronaire. La particularité de cette coloration rose est due à la prolifération du tissu de granulation dans le réseau endodontique caméral.

Lors de l'entretien clinique, il est nécessaire de relever des antécédents de traumatismes plus ou moins récents, les différents traitements dentaires préalables (orthodontie, prothèse, éclaircissement...) et les parafonctions éventuelles (bruxisme, onychophagie...). Autrement dit, l'examen clinique permet de mettre en avant tout élément ayant pu créer une inflammation pulpaire.

---

<sup>25</sup> Urban et Mincik, « Monozygotic twins with idiopathic internal root resorption : A case report ».

<sup>26</sup> Ramchandani et Mellor, « Herpes zoster associated with tooth resorption and periapical lesions ».

<sup>27</sup> Solomon, Coffiner, et Chalfin, « Herpes zoster revisited : implicated in root resorption ».

<sup>28</sup> Wadden, « Extensive endodontic involvements following herpes zoster attack to facial area ; report of a case ».

Figure 3. Photographie d'un « pink spot » sur une incisive maxillaire



Source : Silveira, « Double pink tooth associated with extensive internal root resorption after orthodontic treatment : a case report », 2009

Une palpation ou une percussion douloureuses/symptomatiques vont être le signe d'une possible perforation de la dent, stade extrême de la résorption. Les tests de sensibilités pulpaire quant à eux ne sont pas très pertinents dans la mesure où la pulpe est nécessairement vivante, au moins dans une portion canalaire, pour que le processus de résorption se mette en place et se poursuive.

### 1.7.2 Diagnostic radiologique

Afin d'obtenir un diagnostic précis, il est nécessaire de réaliser des clichés rétro-alvéolaires avec des angulations différentes permettant de positionner la lésion dans l'espace, et d'avoir une idée de son volume.

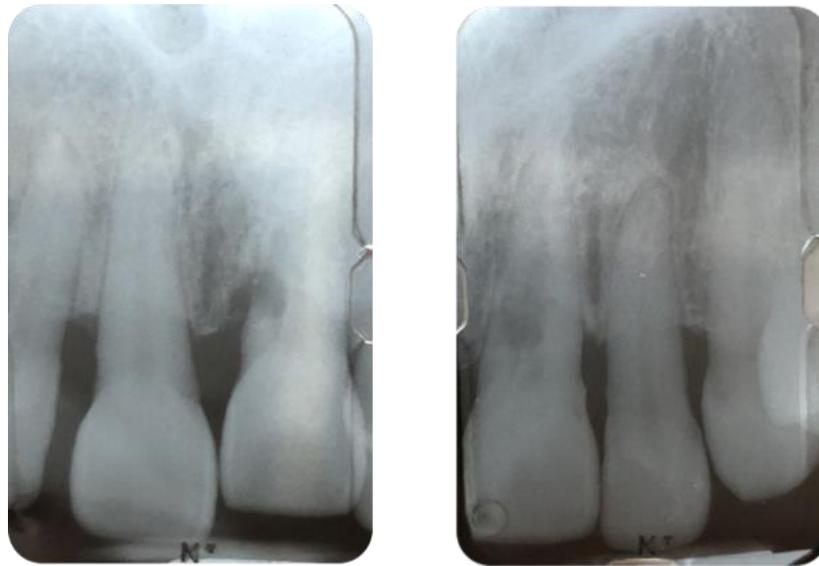
Ces différentes angulations vont aussi nous permettre de faire le diagnostic différentiel entre une résorption interne ou externe. A la différence de la résorption interne, l'image de la résorption externe se déplace en dehors du canal lorsque l'angulation est différente.<sup>29</sup> Ce diagnostic de certitude ainsi obtenu est indispensable puisqu'il dicte la prise en charge spécifique de la lésion qui diffère en fonction de son origine.

L'image radiographique d'une résorption est de forme ovale, circonscrite et en continuité avec les parois canalaire.

---

<sup>29</sup> Ne, Witherspoon, et Gutmann, « Tooth resorption ».

Figure 4. Radiographies de 2 incidences différentes permettant d'objectiver une résorption radiculaire externe



Source : Auteur, 2018

Le CBCT est aujourd'hui un examen radiologique qui nous permet d'avoir accès à une représentation tridimensionnelle des dents et de leurs lésions associées. Grâce à cet outil, nous sommes capables d'obtenir de nouvelles informations plus précises sur la taille et le volume de la lésion, sur sa forme, sa localisation et sur le rapport avec les structures anatomiques voisines.<sup>30</sup>

## 1.8. Les options thérapeutiques

Les traitements dentaires mis en œuvre aujourd'hui sont de plus en plus conservateurs, minimisant au maximum la destruction et le traumatisme tissulaire. Ils visent à maintenir l'intégrité de l'organe dentaire le plus longtemps possible sur l'arcade, dans des conditions optimales.

Il est très rare que le processus de résorption s'arrête spontanément. Il est donc important d'agir rapidement, dès la découverte de la lésion.

---

<sup>30</sup> Nilsson et al., « Management of internal root resorption on permanent teeth ».

Un certain nombre de critères sont à prendre en compte avant de débiter le traitement de la résorption : <sup>31</sup>

- l'âge du patient
- la localisation de la dent sur l'arcade
- la localisation de la résorption
- la taille de la résorption
- la présence ou non d'une perforation et sa taille
- la résistance des structures radiculaires restantes
- l'état du ligament parodontal
- la forme de la couronne dentaire
- l'occlusion
- le pronostic de la dent après traitement

### **1.8.1 Le traitement des résorptions internes sans perforation**

Dans le cas d'une résorption non perforante, si la dent est conservable il faut agir le plus rapidement possible.

Lors de la première séance, le praticien pratique une biopulpectomie avant de mettre en place de l'hydroxyde de calcium dans le réseau endodontique en temps qu'obturation temporaire pour une période de 1 à 2 mois. Durant cette période, l'hydroxyde de calcium est régulièrement renouvelé avec un rinçage à l'hypochlorite de sodium.<sup>32</sup>

L'hydroxyde de calcium est utilisé pour ses propriétés hémostatique, antiseptique, bactéricide et pour son action ostéo-dentino-inductrice qui va s'opposer au processus de résorption.

Une fois la première phase de traitement achevée, il est indispensable de poursuivre avec un traitement endodontique.

La mise en forme est quasiment impossible au niveau de la résorption, au risque d'être extrêmement délabrant pour la dent. Le parage canalaire sera donc plus chimique que mécanique au niveau de la résorption. Afin de compléter la décontamination, il est possible d'avoir recours à des instruments ultra-soniques<sup>33</sup>.

---

<sup>31</sup> Nilsson et al.

<sup>32</sup> Fernandes, de Ataíde, et Wagle, « Tooth resorption part I , pathogenesis and case series of internal resorption ».

<sup>33</sup> Stamos et Stamos, « A new treatment modality for internal resorption ».

L'obturation peut ensuite être réalisée à l'aide de différents matériaux. Classiquement, le matériau de choix est la Gutta-percha, matériau plastique thermo-compactable, associée le plus souvent à un ciment oxyde de zinc-eugénol permettant la liaison entre la Gutta et la dentine.

La compaction dense de la gutta au niveau de la résorption est difficile à réaliser et impose une technique de compactage à chaud.<sup>34</sup>

Le Mineral Trioxide Aggregate (MTA) peut également être utilisé pour l'obturation d'une résorption interne. Kothari et Kumar l'ont décrit dans une étude publiée en 2013.<sup>35</sup> Dans ce cas, l'obturation est réalisée à la gutta jusqu'à la résorption, et cette dernière est ensuite obturée au MTA.

### **1.8.2 Traitement des résorption internes avec perforation**

Il n'existe à ce jour aucun consensus sur le traitement des résorptions radiculaires internes. Les auteurs s'accordent en revanche tous à conclure que résorption avec perforation n'est pas synonyme d'extraction.

Le choix du traitement, qu'il soit chirurgical ou non, dépend en grande partie de la localisation et de la taille de la perforation. Si la résorption se situe en position sous gingival ou en position sous crestale, le critère qui déterminera la nécessité de lever un lambeau sera la taille de la résorption.

Ce sont donc la taille et la localisation de la résorption qui sont les 2 critères qu'il est indispensable d'évaluer à l'aide d'un examen en 3D type Cone Beam, afin d'optimiser au maximum les chances de réussite du traitement.

Quelque soit la localisation de la résorption, la biopulpectomie est la première étape à réaliser pour stopper immédiatement le processus pathologique.

Si la perforation est limitée, l'utilisation d'hydroxyde de calcium renouvelé tous les 3 mois va permettre d'obtenir une fermeture spontanée de la perforation, objectivable grâce à un suivi

---

<sup>34</sup> Wilson et Barnes, « Treatment of internal root resorption with thermoplasticized gutta-percha. A case report ».

<sup>35</sup> Kothari et Kumar, « Endodontic management of a mandibular second premolar with perforating internal resorption by using MTA and cone beam computed tomography as a diagnostic aid ».

radiographique. D'autre part, la lamina dura présente un aspect normal après cicatrisation.<sup>36</sup> Le traitement endodontique classique peut ensuite être réalisé.

Le MTA est de plus en plus utilisé pour la fermeture de la perforation. Il présente l'avantage d'être bactériostatique, biocompatible, et de prendre même en présence de sang.

D'autre part, grâce au MTA, il n'est pas nécessaire d'attendre une fermeture visible radiographiquement pour réaliser le traitement endodontique.<sup>37</sup>

Ce matériau possède enfin la capacité de stimuler la cémentogenèse et l'ostéogenèse, ce qui favorise la régénération de l'attache parodontale.<sup>38</sup>

De nombreuses études montrent des résultats très encourageants avec l'utilisation du MTA pour la prise en charge des résorptions internes. Cependant le recul clinique est encore trop faible puisqu'il ne concerne au plus qu'une dizaine d'années.<sup>39</sup>

Le traitement chirurgical est indiqué lorsque la résorption interne est de grande étendue. En fonction du type de dent atteinte et de la situation clinique, il est possible d'envisager une obturation de la perforation, une amputation/hémisection radiculaire, ou une obturation rétrograde après la réalisation du traitement endodontique orthograde.

Le choix de la chirurgie doit toujours être un choix de seconde intention car il présente des risques inhérents à la chirurgie en elle-même, mais aussi des risques parodontaux non négligeables et reste une intervention relativement délabrante pour la dent.<sup>40</sup>

Concernant le traitement endodontique rétrograde, l'obturation peut se faire à la biodentine, au MTA, ou à l'IRM®.

Lorsque le traitement de la résorption n'est pas envisageable car la dent est trop délabrée ou si le traitement est un échec, la dent devra malheureusement être extraite.

---

<sup>36</sup> Lambrechts et Van Hoorebeeck, « Résorption radiculaire ».

<sup>37</sup> Mohammadi, Yazdizadeh, et Shalavi, « Non-surgical repair of internal resorption with MTA : a case report ».

<sup>38</sup> Kothari et Kumar, « Endodontic management of a mandibular second premolar with perforating internal resorption by using MTA and cone beam computed tomography as a diagnostic aid ».

<sup>39</sup> Meire et De Moor, « Mineral trioxide aggregate repair of a perforating internal resorption in a mandibular molar ».

<sup>40</sup> Nilsson et al., « Management of internal root resorption on permanent teeth ».

## 2 : Imagerie 3D et résorptions

---

### 2.1. Les limites de l'imagerie 2D en endodontie

Bien que l'interrogatoire et l'examen clinique restent des préalables indispensables au diagnostic en odontologie, la radiologie est aujourd'hui devenue incontournable. En pratique courante, le diagnostic radiographique repose sur des clichés en 2 dimensions : les clichés panoramiques, rétro-coronaires ou rétro-alvéolaires.

L'imagerie 2D permet de visualiser un volume tridimensionnel, en l'occurrence une dent, sur un capteur plan. Il s'agit du premier examen complémentaire à réaliser. Il donne une série d'informations qui peuvent être indispensables à la pose d'un diagnostic précis.

Cependant, on garde toujours à l'esprit qu'il s'agit d'un examen en 2 dimensions, c'est à dire que l'image obtenue est une projection sur un plan d'un volume en 3 dimensions.

La radiographie panoramique est un cliché extra-oral étendu. Il s'agit d'un très bon examen de dépistage puisqu'elle permet d'obtenir une image de l'ensemble de la cavité buccale et des structures anatomiques adjacentes (sinus maxillaires, articulation temporo-mandibulaires, cavité nasale...). Malheureusement, le principe d'acquisition du cliché panoramique induit systématiquement un agrandissement et une déformation de l'image obtenue. Il est notamment impossible de réaliser des mesures fiables avec ce type d'examen.

Les radiographies rétro-alvéolaires et rétro-coronaires sont des clichés intra-oraux, faciles et rapides à réaliser. Ce sont des examens très localisés, qui ne concernent qu'un petit groupe de dents, et permettent d'obtenir des images plus fiables que l'examen panoramique.

Afin d'avoir un cliché rétro-alvéolaire de qualité et pertinent pour le diagnostic dentaire, il est indispensable d'utiliser des portes films pour que le film soit le plus parallèle et le plus proche de la dent. Le tube à rayon X quant à lui doit être situé à distance pour que l'image soit moins déformée ou agrandie.

La principale limite de l'imagerie en 2 dimensions vient de la superposition des structures ; il est alors impossible de déterminer la position d'une lésion apicale, d'une résorption ou d'une racine. Pour y palier, il est nécessaire de réaliser plusieurs clichés avec des angulations différentes.

L'angulation du faisceau de rayon X en mésial ou en distal va déplacer l'image des structures visibles comme les racines. En effet, suivant l'incidence, une racine palatine va par exemple se retrouver en mésial lorsque le tube sera placé plus en distal. Grâce à cette technique on peut savoir de manière plus précise où se situent les canaux, et surtout ce qui nous intéresse davantage, où se situent les résorptions.

Malgré les différentes techniques et les changements d'incidences du faisceau pour modifier la position des structures anatomiques telles que les résorptions, il est très difficile de savoir où elles se situent précisément.

Les informations que l'on cherche à relever en présence d'une résorption permettent de répondre à 4 questions essentielles pour nous guider dans la thérapeutique à suivre :

- s'agit-il d'une résorption interne ou externe,
- quelle est sa position dans les trois dimensions de l'espace,
- quelle est l'épaisseur de la paroi résiduelle ; existe-t-il une perforation (pour la résorption interne) ou une effraction pulpaire (pour une résorption externe)
- quel est le volume de la résorption.

D'autre part, les rayons de l'imagerie 2D passant par un seul axe, les informations telles qu'une fêlure ou une fracture ne seront pas objectivables si le rayon passe dans l'axe de celles-ci.

En 2009, Patel et al. ont cherché à objectiver les limites d'un cliché rétro-alvéolaire pour le diagnostic d'une résorption interne et externe. Pour cela ils ont réalisé des clichés rétro-alvéolaires et des CBCTs chez 15 patients, sur 5 dents présentant une résorption interne, 5 dents saines et 5 dents présentant une résorption externe. Ils ont mis en évidence que la capacité de révéler une résorption interne sur les clichés rétro-alvéolaire était de 78 % contre 100 % avec un CBCT.<sup>41</sup>

Il en est de même pour les lésions osseuses péri-apicales ; il a été montré que le cliché rétro-alvéolaire est peu sensible et qu'il est très spécifique alors que le Cone Beam lui est très sensible.<sup>42</sup>

De plus la déformation de l'objet sur l'image est impossible à éliminer.

---

<sup>41</sup> Patel et al., « The detection and management of root resorption lesions using intraoral radiography and cone beam computed tomography an in vivo investigation ».

<sup>42</sup> Bornstein et al., « Comparison of periapical radiography and limited cone-beam computed tomography in mandibular molars for analysis of anatomical landmarks before apical surgery ».

Une imagerie en 3 dimensions type Cone Beam quant à elle permet des mesures exactes, sans déformation de l'objet.

Le CBCT, est une technique d'imagerie localisée ou étendue, en 3 dimensions. Elle permet de s'affranchir des superpositions, et de rétablir la dimension vestibulo-linguale inaccessible en imagerie 2D conventionnelle.

## **2.2. Le Cone Beam CT dans l'étude des résorptions**

### **2.2.1 Historique de l'imagerie 3D**

Les premières images en 3 dimensions, ou scanners à rayon X, ont été réalisées en 1972 grâce au britannique Godfrey Newbold Hounsfield et aux travaux de l'américain Allan Macleod Cormack. Ils ont reçu le prix Nobel de médecine en 1979 pour « le développement de la tomographie axiale calculée ».

Le scanner conventionnel fonctionne avec un faisceau laminaire qui se déplace à vitesse constante longitudinalement au patient (ou c'est la table sur laquelle est installé le patient qui se déplace), suivant un trajet hélicoïdal. Le scanner réalise des coupes du patient. Ces données sont traitées informatiquement et il en ressort des reconstructions 2D composées de pixels.

Comme pour l'imagerie conventionnelle, un niveau de gris est attribué en fonction de la densité du tissu traversé.

De ces reconstructions en 2 dimensions, l'ordinateur est capable de recréer un volume en 3 dimensions composé de voxels.

Dans les années 1990, des chercheurs Japonais et Italiens ont travaillé sur la conception du premier Cone Beam Computerized Tomography afin d'obtenir une image de meilleure résolution par rapport à un scanner X classique, tout en limitant d'avantage la dose de radiation pour le patient.<sup>43</sup>

---

<sup>43</sup> Gerbaud, « "Cone Beam" : principes de fonctionnement intérêts et limites dans la pratique odontologique. »

### 2.2.2 Principes d'acquisition du Cone beam

Comme son nom l'indique le faisceau de rayon X est de forme conique. Le principe de base du Cone Beam est l'émission de rayon X par un émetteur et la réception du faisceau par un récepteur. L'ensemble va tourner autour du patient de 180 à 360 degrés suivant les machines utilisées, contrairement au scanner qui va réaliser plusieurs révolutions autour du patient. Une image complète en 2D va être prise à chaque étape de rotation. A la fin du tour et lorsque toutes les images en 2 dimensions auront été prises et seront réparties le long de la trajectoire circulaire du système, le logiciel va reconstruire le volume via des algorithmes, ce qui permettra dans un deuxième temps d'avoir des reconstructions de coupe ou des reconstructions 2D.

Une fois les données réceptionnées par l'ordinateur, celui-ci va être capable de reconstruire l'objet à l'intérieur d'un cylindre.

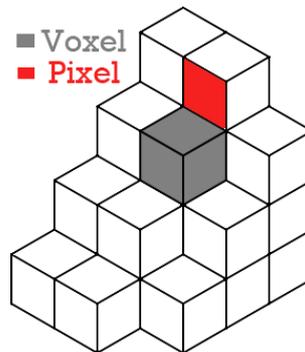
Figure 5 : Volumes d'acquisition du cone beam



Source : Planmeca, « 3D imaging », 2018

L'objet est alors composé de voxels. Il s'agit de l'unité volumique de l'objet. Un voxel correspond à un cube dont chaque côté mesure un pixel. Chaque voxel peut mesurer entre 70 et 400 microns et ils sont isotropes, c'est à dire que chacun de leur côté fait la même dimension que les autres côtés.

Figure 6 : Représentation voxel/ pixel



Source : Marcos, « Tomografia Cone Beam em odontologia », 2013

Sur ce point, la différence avec le scanner est importante car les voxels du scanner sont parallélépipédiques, anisotropes, ce qui crée une déformation des images, et donc un risque d'erreur lors de mesures précises.

L'image, comme pour de l'imagerie 2D, est interprétée sur le récepteur en fonction des tissus traversés et de leur densité. Ainsi, le faisceau sera plus ou moins atténué, et le niveau de gris de chaque voxel permettra aux logiciels informatiques de réaliser les reconstructions attendues, et de naviguer dans l'espace du volume acquis.<sup>44</sup>

Une autre particularité du Cone Beam vient du caractère pulsé du faisceau de rayon X. Pour la plupart des appareils, pour une durée d'examen d'environ 30 secondes, le temps d'exposition n'excède pas les 5 secondes.

Sur un CBCT, il est possible de faire varier la taille du champ d'acquisition (ou Field Of View / FOV) en fonction de ce que l'on souhaite étudier. Avec un grand champ on est en capacité de visualiser le massif facial, les ATMs ou encore le maxillaire et la mandibule dans leur ensemble.

Pour ce qui est de l'étude des résorptions, un grand champ n'est absolument pas indiqué. Nous devons alors faire varier la taille du champ et diminuer celle-ci au maximum. Un champ réduit est

---

<sup>44</sup> Salmon et al., *Cone Beam CT en pratique dentaire du chirurgien-dentiste au radiologue*.

synonyme de meilleure résolution et d'une dose d'exposition diminuée. Nous serons alors en mesure de visualiser les éléments nous intéressant, à savoir la position exacte de la résorption, l'épaisseur de la paroi résiduelle, et bien sûr s'il s'agit d'une résorption interne ou externe.

### **2.2.3 Les limites du CBCT**

#### **2.2.3.1 Les artefacts métalliques**

Les restaurations radio-opaques comme les amalgames, ou tout autres éléments métalliques, et les restaurations en céramique zircone sont fréquemment utilisées.

Elles créent des artefacts impossibles à éviter, mais qui varient selon l'appareil et le logiciel utilisés.

Il est donc impossible de mettre en évidence une zone qui serait cachée par ce type de restauration.<sup>45</sup> D'autre part, des artefacts sous forme de stries sont aussi visibles sur l'image à proximité de ces restaurations car les faisceaux y sont réfléchis et faussent le calcul du logiciel.

#### **2.2.3.2 Les artefacts de mouvement**

La durée d'exposition, lors d'un examen Cone Beam, varie entre 10 et 30 secondes. Le patient doit être maintenu immobile, dans une position confortable afin d'éviter tout mouvement de sa part qui créerait un flou cinétique sur l'image.

#### **2.2.3.3 Effet volume partiel**

L'effet de volume partiel est une notion importante en imagerie 3D. Dans une coupe d'une certaine épaisseur, l'image reconstruite tient compte de toute l'information densitométrique contenue dans cette tranche. L'effet de volume partiel apparaît au niveau des arêtes vives, présentant un contraste élevé avec les structures voisines. Il est causé par la moyenne de l'intensité mesurée sur une largeur de faisceau finie. La reconstruction de l'image sur la coupe qui intègre la limite entre la paroi dentaire et la résorption qui témoigne d'un contraste important apparaît donc floue. Il est impossible de visualiser avec précision la paroi interne de la résorption.

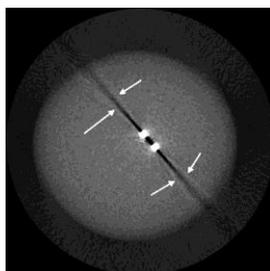
Il s'agit d'un artefact présent sur chaque reconstruction.<sup>46</sup>

---

<sup>45</sup> Mangione et al., « Comparative evaluation of the accuracy of linear measurements between cone beam computed tomography and 3D microtomography ».

<sup>46</sup> Schulze et al., « Artefacts in CBCT ».

Figure 7 : Effet de volume partiel



Source : Schulze, « Artefact in CBCT a review », 2011

#### 2.2.4 Les recommandations nationales et internationales

L'utilisation du Cone Beam en endodontie est réglementée. Des Guidelines ont été publiées afin de bien définir son application et ses indications.

SedentexCT 2012 affirme « l'utilisation du CBCT à haute résolution avec un volume d'exploration (FOV / *Field Of View*) limité, peut-être indiqué dans certains cas de résorption radiculaire inflammatoire ou résorption interne suspect ou établie, où l'information tridimensionnelle est susceptible de modifier la gestion ou le pronostic de la dent ». <sup>47</sup>

Le rapport de la HAS en décembre 2009, précise que l'utilisation du CBCT en endodontie « peut présenter un intérêt dans certains cas bien sélectionnés, lorsque les informations fournies par la clinique et la radiologie conventionnelle ne sont pas suffisamment contributives au diagnostic et qu'une image tridimensionnelle est indispensable : bilan d'une pathologie radiculaire type fracture, résorption et/ou péri-apicale ».

Il est également notifié que « Toute première évaluation radiologique de la face et des dents doit se faire sur des appareils d'imagerie diagnostique largement diffusés ; l'imagerie de coupe, si elle s'avère nécessaire, ne sera envisagée que dans un second temps. Ainsi, sous réserve de justification, l'imagerie CBCT pourrait être proposée dans les indications suivantes : Pathologies dentaires

---

<sup>47</sup> Commission européenne et Sedentexct, « Cone Beam Ct for dental and maxillofacial radiology ».

traumatiques, endodontiques, parodontales : diagnostic et planification opératoire dans des cas sélectionnés ».

En 2015, l'American Association of Endodontists et l'American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology se sont mises d'accord sur un guide d'utilisation du CBCT en endodontie. Ils ont écrit 12 recommandations spécifiques ; la recommandation numéro 12 est celle qui nous intéresse : « Un CBCT avec un champ (FOV) limité est l'acquisition de choix pour la localisation et la différenciation entre un résorption interne ou externe, ainsi que la détermination du traitement approprié et du pronostic ». <sup>48</sup>

Le Cone Beam CT est donc l'examen de choix lors de la suspicion ou de la présence d'une résorption. Il permet notamment de déterminer la localisation précise de la lésion, l'étendue de celle-ci, et la présence de parois résiduelles ou d'une éventuelle perforation.

### **2.2.5 Doses et radioprotection**

La dose reçue par le patient dépend surtout de la taille du volume d'exploration (Field Of View) et du mode sélectionné. Certains appareils proposent le mode HR pour *Hi-Resolution*, utile en endodontie. La dose peut alors augmenter de 40 %. Il est indispensable de toujours se référer au principe fondamental de la radioprotection qui est justification et optimisation.

Pour rappel, le Cone Beam permet d'avoir une meilleure résolution de l'image par rapport à un scanner X classique pour une dose efficace plus faible. <sup>49</sup> En effet le caractère pulsé des rayons, ainsi que l'utilisation conique de ceux-ci, améliorent leur utilisation.

La qualité des images dépend donc des paramètres d'acquisition choisis par l'opérateur. Ce sont ces paramètres qui influencent la dose, la qualité de l'image, le temps d'exposition etc. Il est important pour chaque examen d'être capable de régler son appareil en fonction de l'image recherchée.

Sur un appareil Cone Beam, il est possible de régler le champ d'exposition c'est à dire le volume que l'on cherche à imager. Suivant les appareils, il existe des champs de 4x4 (Accuitomo 170 de Morita) allant jusqu' à des tailles de champs de 23x26 (Promax 3D Max de Planmeca).

---

<sup>48</sup> Fayad, Levin, et Benavides, « AAE and AAOMR joint position statement: use of cone beam computed tomography in endodontics 2015 update ».

<sup>49</sup> Salmon et al., *Cone Beam CT en pratique dentaire du chirurgien-dentiste au radiologue*.

Il n'est pas recommandé de dépasser un champ 8x8 pour les chirurgiens-dentistes. L'examen Cone Beam doit être optimisé au maximum pour cela le principe ALARA (As Low As Reasonably Achievement) doit être appliqué.<sup>50</sup>

Les réglages effectués sur l'intensité, la tension, le temps d'exposition, et le champ sont des facteurs influençant la dose. Plus ces variables sont diminuées plus la dose diminuera.<sup>51</sup>

Les appareils modernes permettent de faire varier la taille du champ afin d'être le moins irradiant possible pour le patient et d'être le plus précis possible sur la zone à imager.

En endodontie et en chirurgie endodontique, l'imagerie CBCT peut présenter un intérêt dans certains cas bien précis, lorsque les informations fournies par la clinique et la radiologie conventionnelle ne sont pas suffisamment contributives au diagnostic :

- 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-apical

Le recours à l'imagerie CBCT ne saurait se justifier s'il n'améliore pas, dans ces cas précis, la prise en charge et le pronostic de la dent.

---

<sup>50</sup> Bellaiche, *Guide pratique du cone beam en imagerie dento-maxillaire*.

<sup>51</sup> Palomo, Rao, et Hans, « Influence of CBCT exposure conditions on radiation dose ».

## **3 : Etude expérimentale**

---

### **3.1 Objectif**

Cette étude, réalisée en collaboration avec la plateforme d'Imagerie du Vivant Paris Descartes (IDV), a eu pour objectif d'évaluer dans un modèle expérimental de résorption interne, la fiabilité des mesures linéaires obtenues à partir de données radiographiques tridimensionnelles CBCT en comparaison avec celles issues du microCT, considérée comme référence.

### **3.2 Matériels et méthodes**

#### **3.2.1 Modèle expérimental de la résorption interne**

11 dents monoradiculées (prémolaires, incisives, et canines) extraites, indemnes d'anomalies tissulaires, ont été nettoyées et désinfectées dans une solution d'hypochlorite à 2,5 % pendant une semaine et stockées dans du sérum physiologique.

Ces dents ont été coupées en 2 fragments, dans le sens apico-coronaire, à l'aide d'un disque speedy de 0,26mm d'épaisseur (Prodont Holliger®), suivant leur axe mésio-distal.

La résorption interne a été effectuée au niveau de la jonction amélo-cémentaire, centrée sur le canal, avec une fraise boule diamantée (Komet®) grain medium de 0,29mm de diamètre, montée sur turbine. Les 2 fragments de la dent ont ensuite été recollés avec de la colle cyanolite.

Figure 8 : Photo représentant le diamètre de la fraise ayant servi à réaliser les résorptions internes



Source : Auteur, 2018

Figure 9 : Dent coupée en 2 fragments verticaux, puis recollée à la cyanolite



Source : Auteur, 2018

### 3.2.2 Acquisitions microCT et CBCT

Les acquisitions au microCT sont réalisées à l'aide du microCT quantum FX caliper. Le *field of view* (FOV) utilisé est de 30x30mm, et les paramètres d'acquisitions sont 90kV, 160 $\mu$ A, 3min et une taille de voxel de 59 $\mu$ m.

Chacune des dents est ensuite examinée au CBCT. L'appareil utilisé est le Carestream CS9300 avec un FOV de 5x5mm avec les paramètres suivant 90kV, 3,2mA, et des voxels de 90 $\mu$ m, en mode « ENDO – high resolution ».

Figure 10 : MicroCT quantum FX caliper



Source : Caliper. 2018

Figure 11 : Carestream 9300



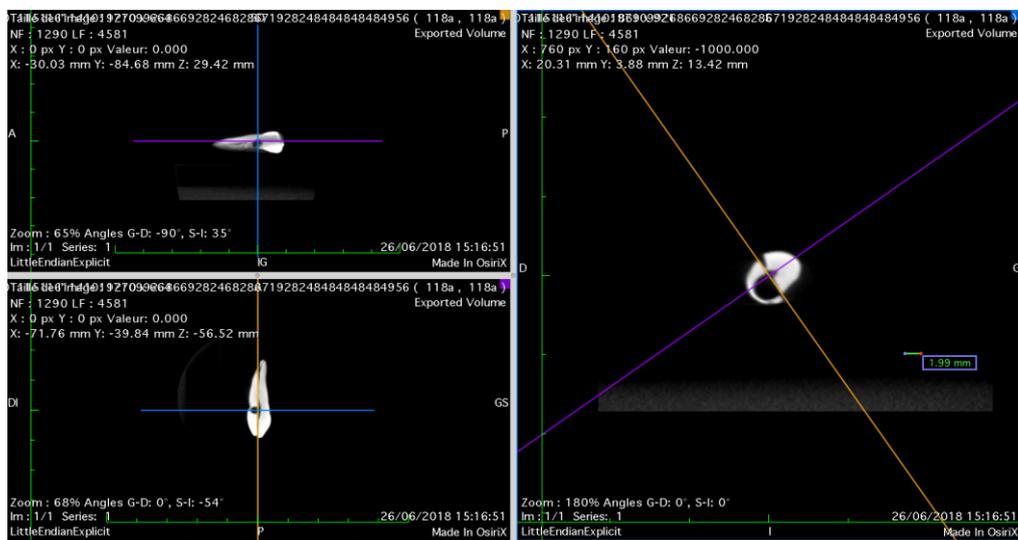
Source : Carestreamdental. 2018

### 3.2.3 Mesures de la paroi résiduelle

Les données recueillies au CBCT et au  $\mu$ CT sont exploitées à l'aide du logiciel Osirix DICOM viewer (version 5.8.5, 64 bit) en mode reconstruction multi-planaire.

Les volumes sont orientés selon un axe frontal passant par le plan de découpe, un axe sagittal médian et un axe transversal passant par la jonction amélo-cémentaire de la dent permettant ensuite d'effectuer les mesures d'intérêt de manière reproductible. Ces mesures ont été réalisées par un seul opérateur.

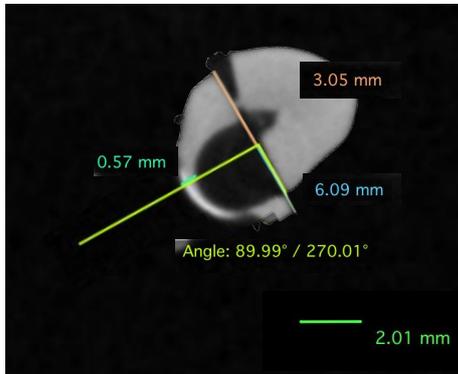
Figure 12. Orientation des coupes d'acquisition



Source : Auteur, 2018

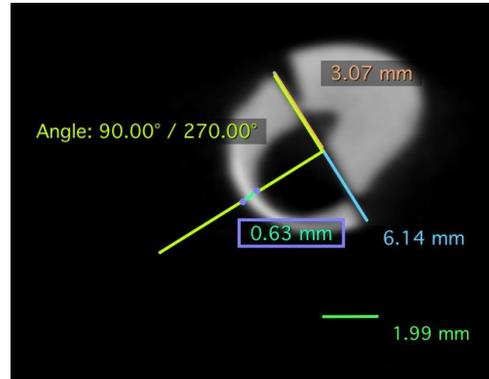
Un segment est tracé au niveau du trait de découpe de la dent pour mesurer son épaisseur mésio-distale. Une demi-droite perpendiculaire à ce segment, et passant par son milieu, sert de repère afin de mesurer l'épaisseur de la paroi résiduelle de la dent au niveau de la résorption interne. (figures 12 et 13 ci-dessous). Cette opération est réalisée 5 fois pour chaque volume ( $\mu$ CT et CBCT).

Figure 13. Mesure  $\mu$ CT dent 10



Source : Auteur, 2018

Figure 14. Mesure CBCT dent 10



Source : Auteur, 2018

### 3.2.4 Analyses statistiques

Les mesures ont été reportées dans un classeur Excel. Puis un test ANOVA est réalisé pour chaque dent.

Tableau 1 : Données relevées au CBCT et  $\mu$ CT pour les 11 dents

dent	<b>1</b>					
CBCT	a	b	c	d	e	moyenne
	0,71	0,8	0,74	0,74	0,72	0,74
$\mu$ CT						
	0,6	0,54	0,51	0,55	0,52	0,54
dent	<b>2</b>					
CBCT	a	b	c	d	e	moyenne
	0,62	0,55	0,71	0,57	0,63	0,62
$\mu$ CT						
	0,25	0,3	0,22	0,36	0,31	0,29
dent	<b>3</b>					
CBCT	a	b	c	d	e	moyenne
	0,41	0,79	0,69	0,58	0,62	0,62
$\mu$ CT						
	0,4	0,43	0,51	0,56	0,47	0,47
dent	<b>4</b>					
CBCT	a	b	c	d	e	moyenne
	1,59	1,75	1,77	1,5	1,62	1,65
$\mu$ CT						
	1,22	1,38	1,41	1,5	1,32	1,37
dent	<b>5</b>					
CBCT	a	b	c	d	e	moyenne
	2,22	2,1	2,17	2,19	2,1	2,16
$\mu$ CT						
	1,3	1,33	1,14	1,15	1,22	1,23

Tableau 1 suite : Données relevées au CBCT et  $\mu$ CT pour les 11 dents

dent <b>6</b>						
CBCT	a	b	c	d	e	moyenne
	1,06	1,14	1,32	1,35	1,22	1,22
$\mu$ CT	0,68	0,48	0,56	0,61	0,63	0,59
dent <b>7</b>						
CBCT	a	b	c	d	e	moyenne
	1,51	1,5	1,13	1,19	1,33	1,33
$\mu$ CT	0,95	0,93	1	0,89	0,91	0,94
dent <b>8</b>						
CBCT	a	b	c	d	e	moyenne
	0,97	0,92	0,72	0,79	0,81	0,84
$\mu$ CT	0,79	0,78	0,74	0,78	0,76	0,77
dent <b>9</b>						
CBCT	a	b	c	d	e	moyenne
	0,69	0,52	0,63	0,63	0,58	0,61
$\mu$ CT	0,8	0,62	0,57	0,7	0,74	0,69
dent <b>10</b>						
CBCT	a	b	c	d	e	moyenne
	1,32	1,18	1,02	1,14	1,21	1,17
$\mu$ CT	1,18	1,19	1,26	1,04	1,11	1,16
dent <b>11</b>						
CBCT	a	b	c	d	e	moyenne
	1,63	1,81	1,72	1,66	1,71	1,71
$\mu$ CT	1,82	1,89	1,83	2,19	1,91	1,93

Source : Auteur, 2018

### 3.3 Résultats

Tableau 2 : Les résultats des tests

Dents	P Value	Dents	P value
1	0,582393	7	0,099623
2	0,11	8	0,852918
3	0,430126	9	0,499396
4	0,268287	10	0,849295
5	0,631298	11	0,94725
6	0,111801		

Source : Auteur 2018

Aucune différence significative entre les mesures en CBCT et microCT n'a été constatée ( $p > 0,05$ ).

### 3.4 Discussion

La résorption interne est une pathologie relativement rare. Plus la pathologie est avancée, plus l'épaisseur de la paroi résiduelle va être fine, pouvant même aller jusqu'au stade de la perforation. Le traitement mis en place ne sera pas le même suivant qu'il y ait une perforation ou non, et le pronostic de traitement sera également différent. Il est donc nécessaire de recueillir le maximum d'information concernant la résorption avant d'entreprendre un traitement sur la dent, afin de traiter la résorption le plus précocement possible.<sup>52</sup>

Cette étude a eu pour objectif de vérifier la fiabilité de mesures linéaires au CBCT. Pour ce faire, 11 dents monoradiculées intègres ont été coupées dans le sens corono-apical, puis une cavité centrée sur le canal radiculaire, à hauteur de la jonction amélo-cémentaire, a été réalisée sur chacune d'entre elles à l'aide d'une fraise boule diamanté montée sur contre angle bague rouge afin de simuler la présence d'une résorption interne. Les deux parties des dents ont finalement été recollées avec de la glue.

Dans la plupart des études concernant le CBCT, que ce soit pour comparer des machines entre elles, pour évaluer la qualité de celles-ci, ou vérifier la pertinence des mesures, le  $\mu$ CT est systématiquement utilisé comme moyen de comparaison car il constitue à ce jour un Gold Standard en imagerie.<sup>53 54</sup>

Les 11 dents ont permis d'obtenir des images radiographiques au CBCT (Carestream 9300) et au  $\mu$ CT, analysées par la suite avec le logiciel Osirix.

Pour chacune des dents, la valeur d'intérêt mesurée est l'épaisseur de la paroi résiduelle contenue entre la résorption interne et le rebord externe de la dent. Ces mesures ont été répétées 5 fois, tant au CBCT qu'au  $\mu$ CT, offrant la possibilité de comparer statistiquement les valeurs obtenues.

---

<sup>52</sup> Patel et Saberi, « The ins and outs of root resorption ».

<sup>53</sup> Szabo et al., « Comparative evaluation of cone-beam CT equipment with micro-CT in the visualization of root canal system ».

<sup>54</sup> Balto et al., « Quantification of periapical bone destruction in mice by Micro-Computed Tomography ».

Un élément essentiel limitant la performance de détection de lésions dentaires par le CBCT est déterminé par la dimension de ces lésions. La précision du  $\mu$ CT est très fine, autant pour des mesures de petites tailles que pour des mesures plus étendues. Ce n'est pas le cas avec le CBCT. Au contraire, plus la taille de l'élément à mesurer au CBCT est petite, plus il est difficile d'être précis.<sup>55</sup>

Dans notre étude, l'épaisseur de la paroi résiduelle à mesurer est très fine. Pour autant, il n'existe pas de différence entre les mesures relevées à l'aide du CBCT et du  $\mu$ CT, et ce dans 100 % des cas.

Nos résultats sont en accord avec la littérature ; ils montrent la fiabilité des mesures linéaires prises au CBCT.<sup>56</sup> En effet notre étude a montré qu'il n'existe pas de différence significative entre les mesures effectuées sur les acquisitions du CBCT et celles obtenues à l'aide du  $\mu$ CT, et ce pour l'ensemble des 11 dents.<sup>57</sup>

D'autre part, il est reconnu que la fiabilité des mesures linéaires est directement corrélée à la qualité d'image obtenue, c'est à dire qu'elle dépend des artefacts présents et inévitables, associés au mode d'acquisition inhérent à la tomographie volumique par faisceau conique.

Bien que les mesures linéaires dans notre étude ne soient pas statistiquement différentes entre CBCT et  $\mu$ CT, il existe tout de même des différences de l'ordre du dixième de millimètre. Ces résultats sont également en accord avec les valeurs rapportées dans littérature, et sont notamment liés à l'effet de volume partiel qui crée un flou au niveau de la limite de la résorption. Cet effet de volume partiel qui limite la précision de l'opérateur lors de la mesure de l'épaisseur de la paroi résiduelle.

Il a été complexe de se positionner systématiquement au même endroit de la dent pour réaliser les mesures. Une fois la coupe correctement positionnée, il a fallu déterminer avec précision l'endroit exact de la mesure à prendre, et réussir à répéter 5 fois cette opération par acquisition. On constate que les résultats des mesures peuvent être très proche comme c'est le cas pour les dents 8, 9, 10, 11, ou assez éloignés comme sur les dents 2, 5, 6. Cependant, même lorsque les résultats semblent éloignés, on ne constate pas de différence significative entre les mesures faites au CBCT et celles faites au  $\mu$ CT. Il faut rappeler que l'épaisseur des parois mesurées, toutes dents confondues, est comprise entre 0,22mm et 2,22mm et l'écart moyen maximum entre les mesures au  $\mu$ CT et au CBCT est de 0,93mm pour la dent 5.

---

<sup>55</sup> Wang et al., « Accuracy of volumetric measurement of simulated root resorption lacunas based on cone beam computed tomography ».

<sup>56</sup> Detterbeck et al., « Determination of the mesio-distal tooth width via 3D imaging techniques with and without ionizing radiation ».

<sup>57</sup> Mangione et al., « Comparative evaluation of the accuracy of linear measurements between cone beam computed tomography and 3D microtomography ».

Notre étude a été réalisée in vitro, ce qui implique qu'elle ne reproduit pas les conditions in vivo, et ne tient pas compte des structures prothétiques et anatomiques environnantes des dents. Si ces mêmes mesures avaient pu être prises dans des conditions physiologiques, le traitement des images aurait été compliqué par les superpositions de structures calcifiées (dents et os alvéolaire), et par la présence d'artefacts métalliques dus aux restaurations présentes en bouche. Le métal a la particularité d'absorber la quasi-totalité de l'énergie des rayons. Par conséquent, aucune intensité incidente ne peut être perçue par le détecteur, ni être calculée, ce qui crée des artefacts importants puisque ces entrées nulles ainsi obtenues sont insérées dans le volume 3D.<sup>58 59</sup>

Enfin, les mesures n'ont été effectuées que sur 11 dents seulement, ce qui correspond à un échantillon relativement faible.

Pour autant, ces résultats préliminaires sont très encourageants et font du CBCT un élément radiodiagnostic performant et incontournable dans le diagnostic des résorptions dentaires.

---

<sup>58</sup> Cremenini, Dumas, et Pannuti, « Assessment of linear measurements of bone for implant sites in the presence of metallic artefacts using cone beam computed tomography and multislice computed tomography ».

<sup>59</sup> Perrella et al., « Influence of dental metallic artifact from multislice CT in the assessment of simulated mandibular lesions ».

## Conclusion

---

Les résorptions dentaires sont des pathologies qui apparaissent suite à différents traumatismes, plus fréquemment des chocs, des traitements orthodontiques, ou des infections pulpaires. Relativement rares, et difficile à diagnostiquer, leur découverte est souvent fortuite car ce sont des pathologies généralement asymptomatiques.

Le radiodiagnostic des résorptions dentaire tient donc une place primordiale afin de les dépister le plus rapidement possible. Dans le cas des résorptions internes, il permet essentiellement de s'assurer de la présence ou non d'une paroi dentaire résiduelle, ce qui orientera la thérapeutique mise en place.

Le CBCT est aujourd'hui l'examen complémentaire de deuxième intention de choix, après l'imagerie rétro-alvéolaire, pour l'étude des résorptions. Cette thèse a eu pour objectif d'étudier la fiabilité et la reproductibilité de mesures linéaires prises grâce au CBCT. Puisqu'il est important de déterminer l'épaisseur de la paroi résiduelle bordant la résorption, c'est cette mesure que nous avons cherché à objectiver.

Nous avons donc réalisé une étude in vitro simulant la présence de résorptions radiculaires internes et nous avons comparé les mesures prises au CBCT à celle du gold standard qui est aujourd'hui le  $\mu$ CT.

Dans notre étude, la taille des parois résiduelles, bien que de faible épaisseur, a pu être correctement mesurée grâce au CBCT, sans différence significative avec le  $\mu$ CT.

Malgré les limites du model expérimental et du faible échantillon, cette étude nous confirme que le CBCT est un outil diagnostique extrêmement fiable et reproductible dans un contexte clinique de résorption interne.

## Bibliographie

---

- Andreasen, J. O., M. K. Borum, H. L. Jacobsen, et F. M. Andreasen. « Replantation of 400 avulsed permanent incisors. 1. Diagnosis of healing complications ». *Endodontics & dental traumatology* 11, n° 2 (1995): 51- 58.
- Balto, K., R. Müller, D. C. Carrington, J. Dobeck, et P. Stashenko. « Quantification of periapical bone destruction in mice by Micro-Computed Tomography ». *Journal of dental research* 79, n° 1 (2000): 35- 40.
- Bellaiche, N. *Guide pratique du cone beam en imagerie dento-maxillaire*. Malakoff : Éditions CdP, 2016.
- Bornstein, M., R. Lauber, P. Sendi, et T. von Arx. « Comparison of periapical radiography and limited cone-beam computed tomography in mandibular molars for analysis of anatomical landmarks before apical surgery ». *Journal of endodontics* 37, n° 2 (2011): 151- 57. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.11.014>.
- Bouillaguet, S. « Biological risks of resin-based materials to the dentin-pulp complex ». *Critical reviews in oral biology & medicine* 15, n° 1 (2004): 47- 60.
- Collège national des enseignants en odontologie conservatrice. « Résorption radiculaire ». Édité par J.-J. Lasfargues et P. Machtou. *Dictionnaire francophone des termes d'odontologie conservatrice endodontie & odontologie restauratrice*. Paris : Édition Espace ID, 2010.
- Cremenini, C., M. Dumas, et C. Pannuti. « Assessment of linear measurements of bone for implant sites in the presence of metallic artefacts using cone beam computed tomography and multislice computed tomography ». *International journal of oral and maxillofacial surgery* 40, n° 8 (2011): 845- 50. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2011.04.015>.
- Detterbeck, A., M. Hofmeister, D. Haddad, D. Weber, M. Schmid, A. Hölzing, S. Zabler, et al. « Determination of the mesio-distal tooth width via 3D imaging techniques with and without ionizing radiation : CBCT, MSCT, and  $\mu$ CT versus MRI ». *European journal of orthodontics* 39, n° 3 (2017): 310- 19. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjw047>.
- Dursun, E., C.-H. Maire, et L. Meyer. « ITEM 43 : Les effets iatrogènes des traitements orthodontiques ». In *orthopédie dento-faciale, odontologie pédiatrique.*, édité par N. Davido et K. Yasukawa, 79- 80. Paris : Maloine, 2014.
- Farges, J. C., J. F. Keller, F. Carrouel, S. Durand, A. Romeas, F. Bleicher, S. Lebecque, et M. Staquet. « Odontoblasts in the dental pulp immune response ». *Journal of experimental zoology*.

- Part B, molecular and developmental evolution* 312B, n° 5 (2009): 425- 36.  
<https://doi.org/10.1002/jez.b.21259>.
- Fayad, M., M. Levin, et E. Benavides. « AAE and AAOMR joint position statement : use of cone beam computed tomography in endodontics 2015 update ». *Oral surgery, oral medicine, oral pathology and oral radiology* 120, n° 4 (2015): 508- 12.  
<https://doi.org/10.1016/j.oooo.2015.07.033>.
- Fernandes, M., I. de Ataide, et R. Wagle. « Tooth resorption part I , pathogenesis and case series of internal resorption ». *Journal of conservative dentistry* 16, n° 1 (2013): 4- 8.  
<https://doi.org/10.4103/0972-0707.105290>.
- Fitzgerald, M., D. J. Chiego, et D. R. Heys. « Autoradiographic analysis of odontoblast replacement following pulp exposure in primate teeth ». *Archives of oral biology* 35, n° 9 (1990): 707- 15.  
[https://doi.org/10.1016/0003-9969\(90\)90093-P](https://doi.org/10.1016/0003-9969(90)90093-P).
- Fuss, Z., I. Tsesis, et S. Lin. « Root resorption diagnosis, classification and treatment choices based on stimulation factor ». *Dental traumatology* 19, n° 4 (2003): 175- 82.
- Gerbaud, F. « “Cone Beam” : principes de fonctionnement interets et limites dans la pratique odontologique. » Thèse d’exercice : Chirurgie dentaire, Nantes, 2009.
- Commission européenne, et Sedentext. « Cone Beam Ct for dental and maxillofacial radiology ». Guideline, 2012. [http://www.sedentext.eu/files/radiation\\_protection\\_172.pdf](http://www.sedentext.eu/files/radiation_protection_172.pdf).
- Levin, L. « Root resorption ». In *Seltzer and Bender’s dental pulp*, édité par K. Hargreaves, H. Goodis, et F. Tay, 2nd ed., 397- 419. Chicago : Quintessence Publishing Co Inc, 2015.
- Heithersay, G. « Clinical, radiologic, and histopathologic features of invasive cervical resorption ». *Quintessence international* 30, n° 1 (1999): 27- 37.
- . « Invasive cervical resorption: an analysis of potential predisposing factors ». *Quintessence international* 30, n° 2 (1999): 83- 95.
- Jontell, M., M. N. Gunraj, et G. Bergenholtz. « Immunocompetent cells in the normal dental pulp ». *Journal of dental research* 66, n° 6 (1987): 1149- 53.  
<https://doi.org/10.1177/00220345870660061101>.
- Kothari, H., et R. Kumar. « Endodontic management of a mandibular second premolar with perforating internal resorption by using MTA and cone beam computed tomography as a diagnostic aid ». *Journal of conservative dentistry* 16, n° 4 (2013): 380- 84.  
<https://doi.org/10.4103/0972-0707.114343>.
- Lambrechts, P., et B. Van Hoorebeeck. « Résorption radiculaire », *Revue belge de médecine dentaire*, n° 47 (1992): 54- 75.
- Linde, A., et M. Goldberg. « Dentinogenesis ». *Critical reviews in oral biology and medicine* 4, n° 5

(1993): 679- 728.

- Loe, H., et J. Waerhaug. « Experimental replantation of teeth in dogs and monkeys ». *Archives of oral biology* 3 (1961): 176- 84.
- Mangione, F., D. Meleo, M. Talocco, R. Pecci, L. Pacifici, et R. Bedini. « Comparative evaluation of the accuracy of linear measurements between cone beam computed tomography and 3D microtomography ». *Annali dell'Istituto superiore di sanità*, n° 3 (2013). [https://doi.org/10.4415/ANN\\_13\\_03\\_05](https://doi.org/10.4415/ANN_13_03_05).
- Meire, M., et R. De Moor. « Mineral trioxide aggregate repair of a perforating internal resorption in a mandibular molar ». *Journal of endodontics* 34, n° 2 (2008): 220- 23. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2007.11.011>.
- Mesbah, M., et G. Sauveur. « Résorptions pathologiques des dents permanentes évoluées ». EMC. chirurgie orale et maxillo-faciale, [22-032-K-10]. Paris : Elsevier, 2007.
- Mohammadi, Z., M. Yazdizadeh, et S. Shalavi. « Non-surgical repair of internal resorption with MTA : a case report ». *Iranian endodontic journal* 7, n° 4 (2012): 211- 14.
- Nakamura, I., N. Takahashi, T. Sasaki, E. Jimi, T. Kurokawa, et T. Suda. « Chemical and physical properties of the extracellular matrix are required for the actin ring formation in osteoclasts ». *Journal of bone and mineral research* 11, n° 12 (1996): 1873- 79. <https://doi.org/10.1002/jbmr.5650111207>.
- Ne, R. F., D. E. Witherspoon, et J. L. Gutmann. « Tooth resorption ». *Quintessence international* 30, n° 1 (1999): 9- 25.
- Nilsson, E., E. Bonte, F. Bayet, et J.-J. Lasfargues. « Management of internal root resorption on permanent teeth ». Research article. *International journal of dentistry*, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/929486>.
- Orban, B. « The epithelial network in the periodontal membrane ». *Journal of the american dental association* 44, n° 6 (1952): 632- 35.
- Palomo, J., P. Rao, et M. Hans. « Influence of CBCT exposure conditions on radiation dose ». *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontology* 105, n° 6 (2008): 773- 82. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2007.12.019>.
- Patel, S., A. Dawood, R. Wilson, K. Horner, et F. Mannocci. « The detection and management of root resorption lesions using intraoral radiography and cone beam computed tomography an in vivo investigation ». *International endodontic journal* 42, n° 9 (2009): 831- 38. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2009.01592.x>.
- Patel, S., et N. Saberi. « The ins and outs of root resorption ». *British dental journal* 224, n° 9 (2018): 691- 99. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2018.352>.

- Perrella, A., P. Lopes, R. Rocha, M. Fenyo-Pereira, et M. Cavalcanti. « Influence of dental metallic artifact from multislice CT in the assessment of simulated mandibular lesions ». *Journal of applied oral science: revista FOB* 18, n° 2 (2010): 149- 54.
- Piette, E., et M. Goldberg. « Anomalies et malformations des dents ». In *La dent normale et pathologique*, 211- 98. Bruxelles : De Boeck, 2001.
- Ramchandani, P., et T. Mellor. « Herpes zoster associated with tooth resorption and periapical lesions ». *The british journal of oral & maxillofacial surgery* 45, n° 1 (2007): 71- 73. <https://doi.org/10.1016/j.bjoms.2005.05.008>.
- Salmon, B., T. Boukpepsi, M. Gosset, D. Le Denmat, et J.-M. Salmon. *Cone Beam CT en pratique dentaire du chirurgien-dentiste au radiologue*. Montpellier : Sauramps Medical, 2014.
- Schulze, R., U. Heil, D. Groß, D. Bruellmann, E. Dranischnikow, U. Schwanecke, et E. Schoemer. « Artefacts in CBCT : a review ». *Dentomaxillofacial radiology* 40, n° 5 (2011): 265- 73. <https://doi.org/10.1259/dmfr/30642039>.
- Berdal, A. « Biologie de la pulpe ». In *Endodontie*, par S. Simon, P. Machtou, et W. Pertot, 1- 22. Rueil-Malmaison : Éditions CdP, 2012.
- Solomon, C.-S., M.-O. Coffiner, et H.-E. Chalfin. « Herpes zoster revisited: implicated in root resorption ». *Journal of endodontics* 12, n° 5 (1986): 210- 13. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(86\)80157-1](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(86)80157-1).
- Stamos, D. E., et D. G. Stamos. « A new treatment modality for internal resorption ». *Journal of endodontics* 12, n° 7 (1986): 315- 19. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(86\)80116-9](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(86)80116-9).
- Szabo, B.-T., L. Pataky, R. Mikusi, P. Fejerdy, et C. Dobo-Nagy. « Comparative evaluation of cone-beam CT equipment with micro-CT in the visualization of root canal system ». *Annali dell'Istituto superiore di sanità*, n° 1 (2012). [https://doi.org/10.4415/ANN\\_12\\_01\\_08](https://doi.org/10.4415/ANN_12_01_08).
- Tronstad, L. « Root resorption etiology, terminology and clinical manifestations ». *Endodontics & dental traumatology* 4, n° 6 (1988): 241- 52.
- Trope, M. « Root resorption of dental and traumatic origin: classification based on etiology ». *Practical periodontics and aesthetic dentistry* 10, n° 4 (1998): 515- 22.
- Urban, D., et J. Mincik. « Monozygotic twins with idiopathic internal root resorption : A case report ». *Australian endodontic journal* 36, n° 2 (2010): 79- 82. <https://doi.org/10.1111/j.1747-4477.2010.00223.x>.
- Wadden, J. V. « Extensive endodontic involvements following herpes zoster attack to facial area ; report of a case ». *Northwest dentistry* 70, n° 2 (1991): 31.
- Wang, Y., S. He, Y. Guo, S. Wang, et S. Chen. « Accuracy of volumetric measurement of simulated root resorption lacunas based on cone beam computed tomography ». *Orthodontics &*

*craniofacial research* 16, n° 3 (2013): 169- 76. <https://doi.org/10.1111/ocr.12016>.

Weltman, B., K. Vig, H. Fields, S. Shanker, et E. Kaizar. « Root resorption associated with orthodontic tooth movement : a systematic review ». *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics* 137, n° 4 (2010): 462- 76; discussion 12A. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2009.06.021>.

Wilson, P.-R., et I.-E. Barnes. « Treatment of internal root resorption with thermoplasticized gutta-percha. A case report ». *International endodontic journal* 20, n° 2 (1987): 94- 97. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1987.tb00596.x>.

## Table des figures

---

Figure 1 : Le complexe pulpo-dentinaire vu au microscope photonique (grossissement x40) .....	5
Figure 2 : Radiographies d'une résorption interne et externe.....	8
Figure 3 : Photographie d'un « pink spot » sur une incisive latérale maxillaire.....	14
Figure 4 : Radiographies de 2 incidences différentes permettant d'objectiver une résorption radiculaire externe .....	15
Figure 5 : Volumes d'acquisition du cone beam .....	22
Figure 6 : Représentation voxel/ pixel.....	23
Figure 7 : Effet de volume partiel.....	25
Figure 8 : Photo représentant le diamètre de la fraise ayant servi à réaliser les résorptions internes	29
Figure 9 : Dent coupée en 2 fragments verticaux, puis recollée à la cyanolite.....	29
Figure 10 : Carestream 9300 - .....	29
Figure 11 : MicroCT quantum FX caliper - .....	29
Figure 12 : Orientation des coupes d'acquisition.....	30
Figure 13 : Mesure CBCT dent 10.....	31
Figure 14 : Mesure $\mu$ CT dent 10 .....	31

## Table des tableaux

---

Tableau 1 : Données relevées au CBCT et $\mu$ CT pour les 11 dents .....	31
Tableau 2 : Les résultats des tests ANOVA.....	32



Vu, le Directeur de thèse

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

Docteur Francesca MANGIONE

Professeur Louis MAMAN

Vu, le Président de l'Université Paris Descartes

Professeur Frédéric DARDEL

Pour le Président et par délégation,

Le Doyen Louis MAMAN

# **Cone Beam Computed Tomography : fiabilité des mesures linéaires dans le diagnostic des résorptions internes**

## **Résumé :**

La résorption dentaire est une pathologie relativement rare et difficile à diagnostiquer puisqu'elle est généralement asymptomatique. Son diagnostic est clinique et radiographique (radiographie retro-alvéolaire), mais sa découverte est souvent fortuite au moment de l'analyse des examens complémentaires radiographiques. Bien que les outils d'aide au radiodiagnostic soient de plus en plus performants en endodontie, l'imagerie 2D présente de nombreuses limites qui rendent difficile le diagnostic de certitude et le choix thérapeutique des résorptions dentaires. L'examen complémentaire de choix de deuxième intention est donc aujourd'hui le CBCT. Le traitement des résorptions radiculaires internes est orienté par la détermination de la présence et de l'épaisseur d'une paroi résiduelle. C'est donc cette mesure qui nous a tout particulièrement intéressé dans notre étude. L'objectif a donc été d'étudier la fiabilité et la reproductibilité de mesures linéaires prises grâce au CBCT, en se focalisant sur la mesure de la paroi résiduelle bordant la résorption. Pour cela nous avons réalisé une étude in vitro en simulant la présence de résorptions radiculaires internes sur 11 dents monoradiculées, et nous avons comparé les mesures de l'épaisseur des parois résiduelles prises au CBCT à celles relevées à l'aide du gold standard qui est aujourd'hui le  $\mu$ CT (X-ray micro-computed tomography).

## **Discipline :**

Radiologie, imagerie, biophysique

## **Mots clés fMesh et Rameau :**

Résorption dentaire -- Dissertations universitaires ; Tomodensitométrie à faisceau conique -- Dissertations universitaires ; Endodontie -- Thèses et écrits académiques ; Imagerie tridimensionnelle -- Thèses et écrits académiques

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