



HAL
open science

Fêlures coronaires amélo-dentinaires et conséquences cliniques

Pierre Le Guellec

► **To cite this version:**

Pierre Le Guellec. Fêlures coronaires amélo-dentinaires et conséquences cliniques. Sciences du Vivant [q-bio]. 2017. dumas-01653610

HAL Id: dumas-01653610

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01653610>

Submitted on 1 Dec 2017

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.



UNIVERSITÉ
PARIS
DESCARTES

MEMBRE DE

U-S-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

FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2017

N° 047

THÈSE

POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement le : 26 juin 2017

Par

Pierre LE GUELLEC

Fêlures coronaires amélo-dentaires et conséquences cliniques

Dirigée par Monsieur le Docteur Franck Decup

JURY

Madame le Professeur Florence Chemla	Présidente
Monsieur le Docteur Franck Decup	Assesseur
Madame le Docteur Hélène Fron Chabouis	Assesseur
Madame le Docteur Caroline Gorin	Assesseur
Madame le Docteur Anne-Margaux Collignon	Invitée
Monsieur le Docteur Dominique Nazat	Invité



Except where otherwise noted, this work is licensed under
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Tableau des enseignants de la Faculté

DÉPARTEMENTS	DISCIPLINES	PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS	MAÎTRES DE CONFÉRENCES
1	ODONTOLOGIE PÉDIATRIQUE	Mme VITAL Mme DAVIT-BEAL	M. COURSON Mme DURSUN Mme VANDERZWALM Mme JEGAT
	ORTHOPÉDIE DENTO-FACIALE		Mme BENAHMED M. DUNGLAS Mme KAMOOUN-GOLDRAT Mme LE NORCY
	SANTÉ COMMUNAUTAIRE ET POPULATIONS SINGULIÈRES	Mme FOLLIGUET M. PIERRISNARD	M. NEBOT
2	PARODONTOLOGIE	Mme COLOMBIER	M. BIOSSE DUPLAN Mme DRIDI Mme GOSSET M. GUEZ
	MÉDECINE ET CHIRURGIE BUCCALES	M. MAMAN	Mme EJEIL M. GAULTIER M. HADIDA M. NGUYEN Mme RADOI
3	ODONTOLOGIE CONSERVATRICE ENDODONTIE	Mme CHEMLA M. LASFARGUES	Mme BESNAULT M. BONTE Mme BOUKPESSI M. DECUP Mme GAUCHER
	PROTHÈSE	M. POSTAIRE	M. CHEYLAN M. DAAS M. DOT M. EID Mme FOUILLOUX-PATEY Mme GORIN M. RENAULT M. RIGNON-BRET M. TIRLET M. TRAMBA Mme WULFMANN
4	PRÉVENTION-ÉPIDÉMIOLOGIE ÉCONOMIE DE LA SANTÉ ET ODONTOLOGIE LÉGALE		Mme GERMA M. PIRNAY M. TAVERNIER
	SCIENCES BIOLOGIQUES	Mme CHAUSSAIN M. GOGLY Mme POLIARD M. ROCHEFORT Mme SEGUIER	M. ARRETO Mme BARDET Mme CHARDIN M. LE MAY M. FERRE (MCU associé) Mme CHERIFI (MCU associée)
	SCIENCES ANATOMIQUES PHYSIOLOGIQUES ET OCCLUSODONTIQUE		M. ATTAL Mme BENBELAID Mme BENOIT M. BOUTER M. CHARRIER M. CHERRUAU M. FLEITER Mme FRON M. SALMON Mme TILOTTA

Remerciements

À Madame le Professeur Florence Chemla

Docteur en Chirurgie dentaire

Docteur de l'Université Paris Descartes

Habilitée 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 Charles-Foix

Chevalier de l'ordre des palmes académiques

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury.
Veuillez trouver ici l'expression de mon plus grand respect.

À Monsieur le Docteur Franck Decup

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

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la direction de cette thèse. Pour votre aide lors du choix de ce sujet.

Pour vos nombreux bons conseils lors de ces années de clinique à Ivry.

Pour votre capacité à rendre les choses accessibles avec sympathie.

Veillez recevoir ici l'expression de tout mon respect et de mon estime.

À Madame le Docteur Caroline Gorin

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

Pour m'avoir fait l'honneur de participer à ce jury.

Pour votre faculté à nous donner l'envie de bien faire.

Pour votre gentillesse permanente.

Veillez trouver ici l'expression de ma sincère reconnaissance.

À Madame le Docteur Hélène Fron Chabouis

Docteur en Chirurgie dentaire

Docteur de l'Université Paris Nord

Maître de conférences des Universités, Faculté de Chirurgie dentaire Paris Descartes

Praticien Hospitalier, Assistance Publique-Hôpitaux de Paris

Pour m'avoir fait l'honneur de participer à ce jury.

Pour votre perfectionnisme en clinique.

Pour votre capacité à faire régner une bonne ambiance constamment
ainsi que pour votre bienveillance.

Veillez trouver ici l'expression de ma sincère reconnaissance.

À Madame le Docteur Anne-Margaux Collignon

Docteur en Chirurgie dentaire

Assistant Hospitalo-Universitaire, Faculté de Chirurgie dentaire Paris Descartes

Pour m'avoir fait l'honneur de participer à ce jury.

Veillez trouver ici l'expression de ma sincère reconnaissance.

À Monsieur le Docteur Dominique Nazat

Ancien assistant hospitalo-universitaire, Faculté de Chirurgie dentaire Lille 2

Docteur de troisième cycle en Sciences Odontologiques (Anatomie)

Spécialiste qualifié en Orthopédie Dento-Faciale

Auditeur de la 25^{ème} session nationale de l'I.N.H.E.S.J

Attaché hospitalier dans le service de Chirurgie Maxillo-Faciale et Stomatologie de Lille

Pour m'avoir fait l'honneur de participer à ce jury.

Pour votre recherche permanente de perfectionnement.

Pour votre bienveillance constante.

Veillez trouver ici l'expression de ma sincère reconnaissance.

A **mes parents**, qui ont depuis toujours été d'un très grand soutien et qui m'ont permis d'arriver jusqu'ici, merci d'avoir toujours cherché le meilleur pour moi.

A **Isabelle**, sur qui j'ai toujours pu compter depuis que l'on se connaît.

A Françoise, ma **tante**, qui fait en sorte de me guider dans le monde de la dentisterie à chaque fois qu'elle le peut.

A mes **frères et sœurs** Anne, Céline et Bertrand, Rapha, Yann et Nini, qui depuis le début sont à mes côtés.

A ma **loutre**, merci d'être aussi extraordinaire depuis que l'on se connaît, ne change jamais, tu es précieuse et tu sais me rendre heureux. Merci d'avoir été aussi présente durant toutes ces années.

A **Manou** (ainsi qu'à Philippe) qui m'est d'un grand soutien en toute occasion.

A mes **grands-parents**, que j'aurais aimés voir à cette thèse.

A **Ju et Jo** mes chères cousines, que je remercie d'avoir été si présentes depuis que l'on se connaît.

A **Nathou et Gilles**, pour votre gentillesse permanente.

A **mes cousins bretons**, Mimi, Michel, Marie-Jo, Jean-Yves et Gislaine qui me sont très chers.

A ma **belle famille** gifoise, merci pour votre gentillesse constante.

A **Pascal et Annick**, merci d'être aussi attentionnés avec moi depuis que l'on se connaît.

A **mes amis brayons**, Constance, Mathilde et Lolore (l'emblématique trio de Beauvoir), (Clément (tes 22 kilos de brisure de riz m'ont aidé d'une certaine façon à arriver jusqu'ici), Louis, Claire, Seb et Rattou (mes marcheurs infatigables des étendues lotoises), Soline, Pierre, Paul, Cyril, Quentin (un jour l'Italie et ses Ford Fiesta nous reverront), Marie (qui un jour j'espère, nous reviendra de Dublin), Anne Claire (le spécimen gournaysien) et Adèle (à nos retours en voiture du pays de Bray les lendemains de fête) qui m'accompagnent maintenant depuis un paquet d'années en toute occasion et pour mon plus grand plaisir.

A mes **amis cauchois**, Loïc (mon très cher et éminent référent en nouvelles technologies), Théo (mon camarade de cafés/speculoos après le jeu des 1000 euros), William (l'ambassadeur du Vélib), Constance (je saisis cette occasion pour m'excuser à nouveau suite à ce crochet sur ta mandibule fraîchement opérée), Charlotte (ma très chère maman, qui veille sur moi depuis de longues années), Audrey (ma guide du Paris souterrain), Hélène et Quentin (mes comparses d'Excal), Pierre et Edouard

(avec qui j'ai passé de biens bons moments à écumer Yvetot), Antoine et François (camarades de la première heure), qui depuis le collège voire même bien avant sont à mes côtés.

A mes **amis de Montrouge**, Clément, Vincent, Mathieu, Kéké (ma confrérie du saucisson), Capucine, Giulia, Maxime, David, Laure, Lisa (ma chère voisine), Maylis.

A mes **chers ivryens** Anne-Laure (mon experte en magrets), Marie (ma grande prêtresse de l'informatique), Arnaud (longue vie aux pick-ups Toyota de Sitia), Louise (la troulette), Adèle, Lamia, Roubi, Gorguine, Justine, Gwe, Emeline avec qui il était toujours très sympathique de démarrer la journée autour d'un café et de se plâtrer l'estomac pour 1,90€ au self.

Table des matières

INTRODUCTION	3
1 : DÉFINITION ET APPROCHE ANATHOMO-PATHOLOGIQUE DES FÊLURES	4
1.1 FÊLURE DE L'ÉMAIL.....	5
1.1.1. <i>La fêlure de l'émail à l'échelle tissulaire</i>	6
1.1.2. <i>La fêlure de l'émail à l'échelle anatomique</i>	8
1.2 RÔLE DE LA JONCTION AMÉLO-DENTINAIRE.....	10
1.3. LA FÊLURE DENTINAIRE CUSPIDIENNE ET CORONAIRE	11
1.3.1 <i>La fêlure dentinaire à l'échelle tissulaire</i>	12
1.3.2 <i>La fêlure dentinaire à l'échelle anatomique</i>	18
1.4. CONSÉQUENCES DES FÊLURES : BIOLOGIQUE ET MÉCANIQUE	23
2 : PRÉVALENCE DES FÊLURES	24
2.1. LA DENT CONFRONTÉE AU VIEILLISSEMENT	24
2.2. LES DENTS STATISTIQUEMENT LES PLUS ATTEINTES ET LES CAUSES POSSIBLES DE CETTE ATTEINTE	25
2.3. LES MATÉRIAUX DE RESTAURATION EN CAUSE	29
3 : DIAGNOSTIQUER UNE FÊLURE	33
3.1. TEST DE PERCUSSION	33
3.2. TEST DE MORSURE.....	34
3.3. TEST DE SENSIBILITÉ.....	35
3.4. RADIOGRAPHIE	36
3.5 LA COHÉRENCE OPTIQUE EN TOMOGRAPHIE.....	36
3.6 VISUELLEMENT PAR DÉPOSE DE RESTAURATION ET EXCAVATION.....	38
3.7 TEST DE COLORATION.....	39
3.8 TRANSILLUMINATION	39
3.9 MICROSCOPIE	40
3.10 MISE EN PLACE D'UNE BAGUE EN ACIER	41
4 : TRAITEMENT DES FÊLURES	43
4.1. ETANCHÉIFIER LE COMPLEXE DENTINO-PULPAIRE	43
4.1.1. <i>Risque biologique pulpaire</i>	43
4.1.2. <i>Limite de l'élimination du trait de fêlure</i>	45
4.1.3 <i>Obturation de la fêlure</i>	46
4.2. RETROUVER LA COHÉSION DENTAIRE	47

4.2.1 Risque biomécanique.....	48
4.2.2 Que choisir entre restauration directe, inlay, onlay ou overlay et quel matériau employer ?	48
4.2.3 Evaluation de la nécessité du traitement endodontique	51
4.2.4 Emploi de la technique de Dahl dans le cas de dents fissurées	52
CONCLUSION	55
BIBLIOGRAPHIE	56
TABLE DES FIGURES.....	59
TABLE DES TABLEAUX.....	61

Introduction

Les fêlures coronaires amélo-dentaires représentent une problématique quasiment quotidienne pour le chirurgien dentiste.

Elles constituent une préoccupation majeure pour le clinicien en raison de leur très grand nombre, des difficultés qu'il y a à les déceler mais aussi du fait qu'elles peuvent engendrer des conséquences pathologiques irréversibles.

Leur apparition peut être expliquée par les traumatismes occlusaux ou les restaurations fragilisantes qui entraînent une perte d'intégrité des structures dentaires.

Si parfois elles peuvent être visibles à l'œil nu, il est aussi courant de rencontrer de grandes difficultés pour les localiser. Beaucoup de moyens diagnostics ont été décrits et ceux-ci doivent bien souvent être combinés pour obtenir un résultat sûr. En effet, en fonction du trajet et de l'origine de la fêlure, celle-ci ne répondra pas forcément de la même manière à tel ou tel test.

Une fois fêlée au niveau dentinaire, la dent va inévitablement devenir vulnérable sur le plan biologique et biomécanique. Une porte d'entrée est créée et va laisser passer toxines et bactéries en direction de la pulpe et une perte de cohésion des tissus fait courir le risque d'une fracture complète par propagation de la fêlure.

Une fois mises en évidence, les fêlures vont pouvoir être prises en charge de différentes manières en fonction de leur trajet et de leur sévérité, pour rendre leur fonction et leur cohésion aux tissus.

La documentation existante est moins abondante que pour des thématiques telles que la maladie carieuse et de ce fait moins de protocoles de prise en charge ont été rédigés.

L'objectif de cette thèse est de comprendre toutes les dimensions que représente la fêlure (initiation, évolution) et d'en déduire les conséquences cliniques (biologique et biomécanique) puis les besoins de traitement associés (prévention, limitation, suppression...).

1 : Définition et approche anatomo-pathologique des fêlures

La fêlure dentaire amélo-dentinaire peut être définie comme un plan de fracture incomplète de profondeur inconnue dont l'origine est coronaire, qui passe au travers des structures dentaires et s'étend possiblement sous la gencive en allant parfois jusqu'à la pulpe et le ligament.¹

Elle s'oppose à la fracture dans la mesure où les fragments dentaires ne sont pas totalement dissociés et qu'il reste des liens entre les fragments dentaires existant sous la forme de liaisons amélares et dentinaires. Une fêlure peut intéresser progressivement les différents tissus de la dent.

Nous pouvons ainsi formuler une définition de la fêlure en odontologie : il s'agit d'une perte de cohésion pour laquelle il subsiste un lien entre les berges des fragments dentaires, sous la forme de ligaments amélares ou dentinaires empêchant provisoirement leur séparation complète.

D'une manière générale, il n'est pas fait de différence terminologique entre fêlure et fissure. Elles répondent aux mêmes descriptions de caractéristiques physiques de progression. Au sein d'articles à propos de matériaux différents, comme le verre, il est possible de remarquer les grandes similitudes avec les caractéristiques des fêlures dentinaires et amélares alors que le terme fissure est employé. Ainsi, les recherches menées par Bonamy et Bouchaud en 2006² sur les mécanismes de rupture du verre tendent à montrer que le verre ne se fêle pas de manière linéaire comme on aurait tendance à le croire en voyant la progression des fêlures à l'œil nu mais qu'en réalité des cavités naissent en avant du front de la fêlure et rejoignent ce dernier petit à petit, permettant l'allongement de la perte d'intégrité.

Dans cette thèse nous retiendrons uniquement le terme de fêlure dans un but de simplification.

Nous pouvons ainsi formuler une définition de la fracture dentaire : il s'agit d'une perte d'intégrité ayant conduit à la dissociation complète de fragments dentaires suite à la rupture de l'ensemble des ligaments qui permettaient « d'endiguer » la décohésion au stade de fêlure.

A la surface amélaire, la fêlure est générée par des contacts répétés entre les dents et le bol alimentaire voire même simplement par les contacts entre les dents. L'accumulation de contacts à l'échelle microscopique avec des petits éléments durs de l'alimentation sous des forces masticatoires faibles peut causer une usure de la surface dentaire. Cela peut mener par la suite, en cas d'interposition

¹ Hasan, Singh, et Salati, « Cracked tooth syndrome : overview of literature ».

² Bonamy et Bouchaud, « La rupture du verre au travers d'un microscope ».

d'éléments plus importants et sous des forces masticatoires plus grandes, à la création de fêlures. L'association de ces deux facteurs semble indispensable à l'apparition de la fêlure, en effet, sans une usure préalable de la surface dentaire, une importante force masticatoire ne suffira pas à faire perdre sa cohésion à l'émail. De plus, les défauts présents dans l'émail paraissent également nécessaires en plus de l'usure et de la force masticatoire importante pour voir apparaître une perte d'intégrité amélaire, ces défauts appelés « tufts » en constituent souvent le point de départ. Paradoxalement, nous verrons par la suite que ces défauts font aussi parti de la panoplie de défense de l'émail pour lutter contre la progression dentinaire des fêlures comme l'ont mentionné Chai et al. en 2009³. Des mécanismes biologiques existent pour empêcher naturellement la progression des fêlures et protéger mécaniquement la dent.

La microstructure de l'émail ainsi que la jonction amélo-dentinaire que nous étudierons par la suite permettent une déflexion et un arrêt de la fêlure.⁴ Lorsque ces mécanismes de protection ne sont pas suffisants et que la dentine est atteinte, le risque devient amélo-dentinaire (fracture profonde et/ou atteinte pulpaire). En ce qui concerne la fracture, elle a le plus souvent tendance à apparaître lorsqu'une fêlure est initiée au sein même du tissu (présence d'une restauration profonde) puis progresse directement dans la dentine. Celle-ci a tendance à progresser préférentiellement de façon perpendiculaire aux tubules dentinaires comme l'ont mentionné Yahyazadehfar et al. en 2014⁵ puisque la progression est rendue plus difficile par la dentine intertubulaire qui est d'une plus grande densité, cela constitue une protection pour l'espace pulpaire qui sera ainsi moins rapidement touché lors d'une fracture.

1.1 Fêlure de l'émail

Ce que l'on observe cliniquement au niveau amélaire sont :

- des fêlures visibles plus ou moins colorées pour lesquelles les patients nous interrogent (traumatisme ou hyperfonction)
- des fêlures sur le bord libre pouvant aboutir à des pertes de structure importantes si une contrainte fonctionnelle est associée. Une investigation histologique va être faite pour comprendre ces phénomènes.

³ Chai et al., « Remarkable resilience of teeth ».

⁴ Yahyazadehfar et al., « On the mechanics of fatigue and fracture in teeth ».

⁵ Ibid.

L'émail est le tissu le plus dur du corps humain, il est majoritairement inorganique car il est constitué de 96% de minéraux, 0,6% de matière organique et de 3,4% d'eau en ce qui concerne son poids.

Cette enveloppe amélaire dispose d'une partie externe et d'une partie interne, la première aura pour but de résister à l'usure essentiellement et la deuxième de limiter la propagation des fêlures.

La dureté de l'émail explique que des microfêlures peuvent apparaître à sa surface en cas de fragilité intrinsèque ou d'hyperfonction et que des éclats d'émail peuvent se détacher lorsque plusieurs fêlures se rejoignent.

Son module d'élasticité se situe autour de 80 GPa et sa dureté Vickers est de 400.

La fêlure de l'émail correspond à une perte d'intégrité limitée à ce tissu, souvent retrouvée, en ce qui concerne les dents cuspidées, au niveau des crêtes marginales.

Les dents antérieures sont régulièrement aussi le siège de ces fêlures qui apparaissent alors sur la face vestibulaire ou palatine.⁶

Elles sont dues à la grande rigidité de l'émail qui, sous l'effet de chocs répétés, peut perdre en partie son intégrité.

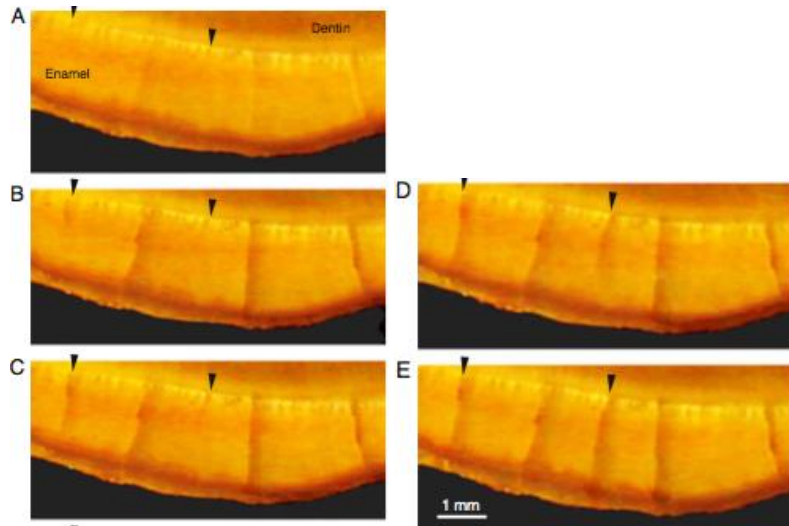
1.1.1. La fêlure de l'émail à l'échelle tissulaire

Dans l'étude de Chai et al. réalisée en 2010, l'une des explications de la résistance amélaire à la fracture est la présence de « tufts » qui correspondent à des zones hypominéralisées (avec des concentrations en protéines plus importantes), plus faibles et disposées le long de la jonction amélo-dentinaire et qui longent les prismes d'émail sur une courte distance. Cette rangée de « tufts » permet d'améliorer localement les propriétés mécaniques en permettant à l'émail de mieux supporter les contraintes sans aboutir à des pertes de cohésion aux conséquences trop lourdes. Ces défauts sont un frein à la progression des pertes d'intégrité mais peuvent à la fois en être à l'origine comme Chai et al. l'ont mentionné en 2010.⁷ En effet, des fêlures peuvent voir le jour à partir de la jonction amélo-dentinaire et se propager ensuite en direction de la surface amélaire.

⁶ Hasan, Singh, et Salati, « Cracked tooth syndrome : overview of literature ».

⁷ Chai, Lee, et Lawn, « Fracture of tooth enamel from incipient microstructural defects ».

Figure 1 : coupe microscopique de l'initiation puis de la progression vers la surface amélaire de fêlures prenant naissance à la jonction amélo-dentinaire au niveau des « tufts » et longeant les prismes d'émail au sein de la gaine protéique

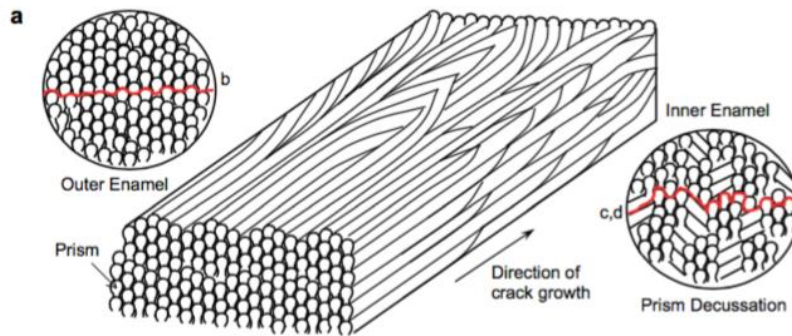


Source : Chai et al., « Fractural of tooth enamel from incipient microstructural defects », 2010

L'autre explication⁸ réside dans le fait que l'ensemble des prismes d'émail ne sont pas orientés dans la même direction dans l'émail interne (ce qui correspond aux bandes d'Hunter-Schreger), cela permet une déflexion de la propagation des fêlures. Celles-ci vont alors rencontrer des prismes orientés différemment et cela va causer des ruptures localisées de ces derniers, arrêtant ainsi la propagation de la fêlure. Dans la première moitié d'émail, la propagation est linéaire, sans interruption, son rôle est de résister à l'usure essentiellement.

⁸ Bajaj et Arola, « On the R-curve behavior of human tooth enamel ».

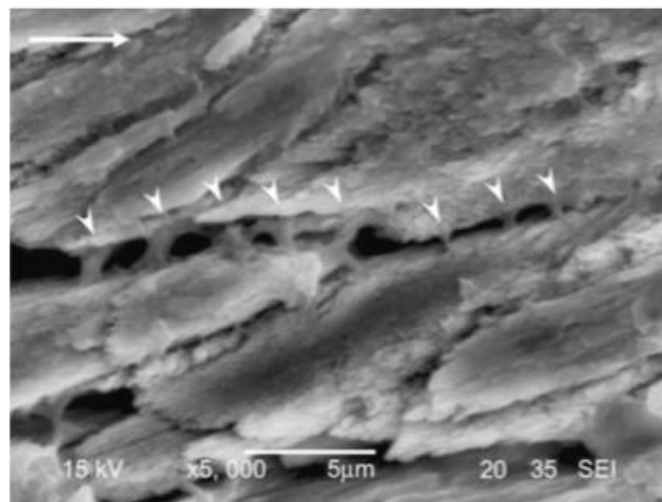
Figure 2 : schéma de progression de la fêlure dans l'émail externe et dans l'émail interne



Source : Bajaj et Arola, « On the R-curve behavior of human tooth enamel », 2009

C'est également au sein de l'émail interne que la formation de « ligaments amélaire »⁹ va permettre le « pontage des fêlures » afin de maintenir un lien entre les berges d'émail. Bajaj et Arola ont observé que ces « ponts d'émail » sont constitués à la fois d'émail prismatique et interprismatique mais aussi de matrice organique. Il s'agit de l'ultime lien qui subsiste entre les berges de la fêlure et qui permet un maintien de la cohésion dentaire pendant un certain temps.

Figure 3 : mise en évidence au microscope du phénomène de pontage amélaire lors d'une fêlure



Source : Bajaj et Arola, « On the R-curve behavior of human tooth enamel », 2009

1.1.2. La fêlure de l'émail à l'échelle anatomique

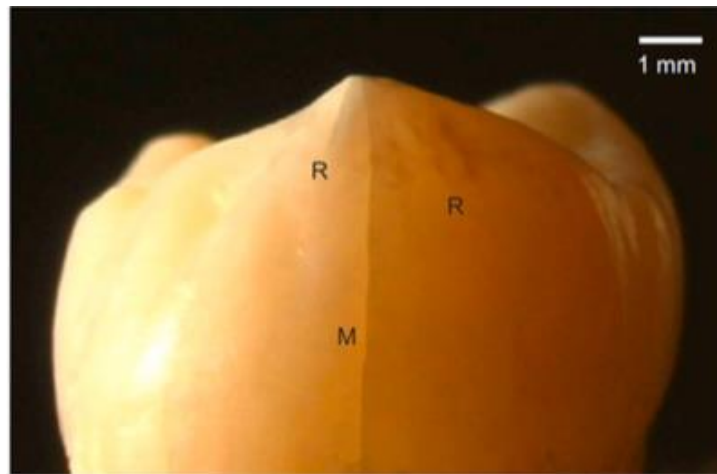
L'étude réalisée par Chai et al. en 2009¹⁰ a permis de mettre en lumière deux catégories de fêlures

⁹ Ibid.

¹⁰ Chai et al., « Remarkable resilience of teeth ».

longitudinales : les « radiales-médianes » (R) naissant autour du point de contact où s'exercent les contraintes avec la dent antagoniste au sommet des cuspidés le plus souvent et se propageant en direction apicale et les « marginales » (M) provenant de la zone cervicale et se dirigeant en direction coronaire. En cas de rencontre entre ces fêlures, une fracture amélaire peut survenir et entraîner l'apparition d'un éclat d'émail, ceci a été observé par Barani et al. en 2011.¹¹

Figure 4 : fêlures longitudinales radiales (R) ou marginales (M)



Source : Chai et al., « Remarkable resilience of teeth », 2009

Les mécanismes tissulaires vus plus haut, notamment celui du pontage des berges amélaire, vont permettre à l'émail d'endiguer les fêlures et d'empêcher qu'elles n'atteignent la surface occlusale. Ainsi, il faudra exercer une contrainte comprise entre 400 et 600N pour voir la perte d'intégrité parcourir la paroi d'une dent de la zone cervicale jusqu'à la zone occlusale. Une contrainte de 200N sera en revanche suffisante pour la voir apparaître dans la zone cervicale¹². Les fêlures radiales ont tendance à apparaître les premières pour des contraintes comprises entre 100N et 200N puis leur progression sera, comme pour les marginales, visible pour des contraintes supérieures à 400N. La différence majeure entre ces deux types de perte d'intégrité est que les fêlures marginales

¹¹ Barani et al., « Mechanics of longitudinal cracks in tooth enamel ».

¹² Ibid.

apparaîtront surtout lors de contacts avec un objet souple et que les fêlures radiales surviendront essentiellement lors de contacts avec des objets durs.

Conclusion : Une fêlure coronaire est obligatoirement liée à une origine amélaire associée à un tissu dégradé (usure, carie, obturation, etc..), elle ne s'étend pas obligatoirement à la dentine grâce à des systèmes intrinsèques de limitation (tufts, orientations des prismes...).

De plus, elles peuvent mener à des éclats amélaire lorsqu'une jonction est établie entre plusieurs fêlures.

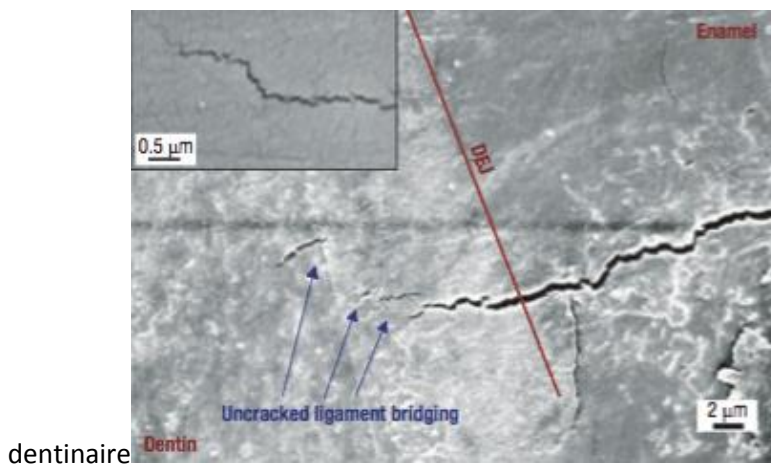
1.2 Rôle de la jonction amélo-dentinaire

Pour atteindre la dentine, la fêlure doit franchir une barrière appelée la jonction amélo-dentinaire. Il s'agit d'une interphase douée de capacités de déformation et d'absorption, elle est peu minéralisée et est entrecoupée de fibres de collagène reliant les deux tissus fortement minéralisés qui l'entourent. Un de ses rôles est de limiter la propagation des fêlures ayant débuté dans l'émail, en effet, sa ténacité (capacité d'un matériau à résister à la progression d'une fêlure) est 5 à 10 fois plus grande que celle de l'émail, ce qui constitue un obstacle à l'entrée des fêlures au sein de la dentine.

L'étude de Imbeni et al. faite en 2005¹³ a permis de mettre en lumière les capacités de la jonction amélo-dentinaire en tant que barrière contre la fêlure, cependant il en ressort que les trois quarts des fêlures observées ne s'arrêtent pas exactement à l'endroit de la frontière optique entre l'émail et la dentine mais peuvent s'étendre jusqu'à 10 micromètres au-delà de celle-ci.

¹³ Imbeni et al., « The dentin-enamel junction and the fracture of human teeth ».

Figure 5 : mise en évidence au microscope d'une fêlure étendue au-delà de la jonction amélo-



Source : Imbeni et al, « The dentin-enamel junction and the fracture of human teeth », 2005

L'étude menée par Bechtle et al. en 2010¹⁴ a permis de constater que cette jonction amélo-dentinaire ne remplit son rôle que si la fêlure progresse de l'émail vers la dentine et non le contraire (par exemple en cas de restauration profonde avec une fêlure initiée à la base d'une cuspidie).

Conclusion : la JAD représente un puissant système de limitation de propagation de fêlures initiées en surface.

1.3. La fêlure dentinaire cuspidienne et coronaire

Contrairement à l'émail, une fêlure dentinaire conduit souvent à une problématique pathologique (perte de structure importante et risque pulpaire).

Le tissu dentinaire, systématiquement concerné lors de ces deux types de lésions, est de son côté composé de 70% de phase minérale (hydroxyapatite), 20% de matière organique et de 10% d'eau pour ce qui est de son poids. Son module d'élasticité se situe autour de 20 GPa et sa dureté en Vickers est de 60.

¹⁴ Bechtle et al., « Crack arrest within teeth at the dentinoenamel junction caused by elastic modulus mismatch ».

La dentine présente une résilience (capacité d'un matériau à retourner à son état initial après une déformation) importante mais une faible résistance à l'usure.

Au cours de la vie de la dent, des dentines secondaire et tertiaire peuvent être créées afin de répondre à une agression comme une carie peu importante, un traumatisme, une érosion... De la dentine réparatrice ou réactionnelle apparaîtra alors.

De plus, au fur et à mesure du vieillissement dentaire, de la dentine sclérotique fait son apparition et vient diminuer la taille de la chambre pulpaire en obturant les canalicules dentinaires. L'étude conduite par Nazari et al. en 2009¹⁵ a montré l'évolution de la résistance à la fêlure de la dentine en fonction de l'âge des sujets et il est apparu que la résistance à l'initiation des fêlures diminuait significativement en vieillissant mais que la progression au sein de la dentine était ralentie chez les sujets âgés. En effet, dans la mesure où la fêlure progresse de tubule en tubule, la minéralisation de ces derniers va constituer un obstacle à l'extension des pertes d'intégrité.

1.3.1 La fêlure dentinaire à l'échelle tissulaire

L'étude de Ivancik et al. réalisée en 2012¹⁶ a permis de mettre en lumière les deux modes de résistance aux fêlures dont dispose la dentine : le mode intrinsèque (qui correspond à la déformation plastique dont elle est capable) et le mode extrinsèque (qui correspond aux ponts ou ligaments se mettant en place entre les berges des fêlures). Le premier participe à 3% de la résistance totale en faisant la moyenne des valeurs enregistrées dans les trois tiers dentinaires (interne, médian et externe) et le second à 26%, en faisant également la moyenne des trois tiers.

La résistance à la fêlure de la dentine a tendance à diminuer quand on se rapproche de la chambre pulpaire en raison de deux phénomènes situés à des échelles différentes :

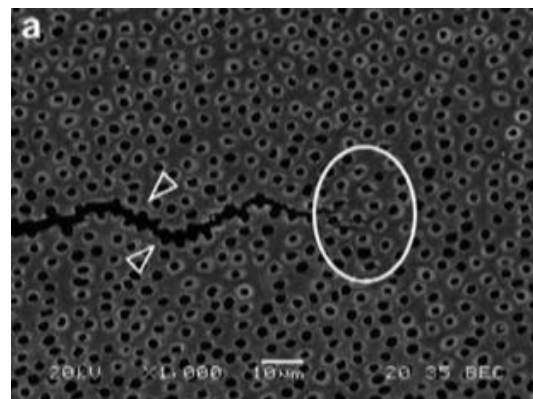
- en ce qui concerne l'organisation du tissu, l'augmentation du nombre de tubules dentinaires fait que les fêlures progressent plus facilement de tubule en tubule.
- L'augmentation du nombre de tubules diminue la quantité de tissu et donc entraîne la diminution du nombre de cristaux d'hydroxyapatite du fait de la présence moins importante de dentine intertubulaire par rapport à la couche dentinaire moyenne et périphérique.

¹⁵ Nazari et al., « Aging and the reduction in fracture toughness of human dentin ».

¹⁶ Ivancik et Arola, « The importance of microstructural variations on the fracture toughness of human dentin ».

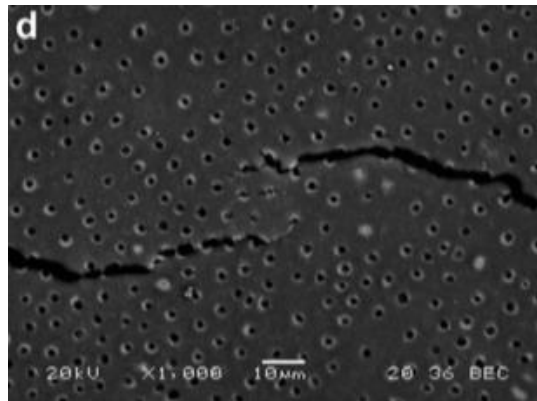
La principale différence de résistance entre les trois dentines concerne surtout l'initiation des fêlures, alors qu'au moment de leur progression, les valeurs retrouvées sont quasiment les mêmes dans chaque tiers dentinaire. D'une manière générale, plus la lumière tubulaire augmente moins la dentine présentera de résistance à l'initiation d'une fêlure, et moins l'épaisseur de dentine périlitubulaire sera grande moins la dentine résistera à l'extension de la fêlure. De plus, le tiers dentinaire externe dispose d'un pourcentage plus important de fibrilles de collagène, ce qui le rend plus apte à la déformation plastique. Cette propension qu'a la dentine profonde à laisser progresser les fêlures explique en partie la vulnérabilité de la dent en présence de restaurations profondes.

Figure 6 : progression d'une fêlure dans la dentine interne



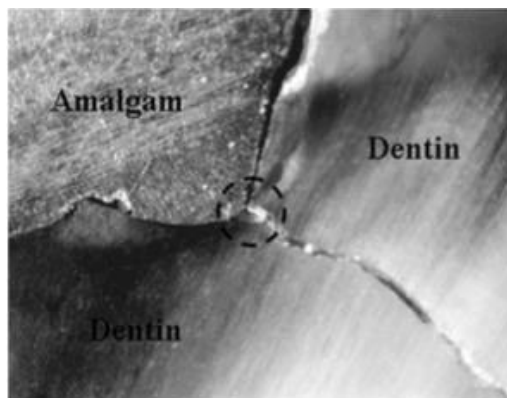
Source : Invancik et Arola, « The importance of microstructural variations on the fracture toughness of human dentin », 2013

Figure 7 : progression d'une fêlure dans la dentine externe



Source : Invancik et Arola, « The importance of microstructural variations on the fracture toughness of human dentin », 2013

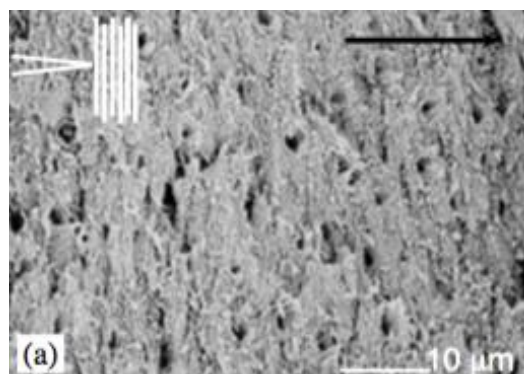
Figure 8 : mise en évidence de l'initiation d'une fêlure par un amalgame en contact avec la dentine



Source : Yahyazadehfar, « On the mechanics of fatigue and fracture in teeth », 2014

L'anisotropie dentinaire a été étudiée par Nalla et al. en 2003¹⁷ et les tests de résistance réalisés de façon parallèle ou perpendiculaire aux tubules ont montré que dans le sens longitudinal la charge à appliquer devait être près de deux fois plus importante comparée au sens transversal. Dans la mesure où les tubules dentinaires sont orientés perpendiculairement à la jonction amélo-dentinaire, les fêlures auront la plupart du temps tendance à dévier de cette direction et donc à se rapprocher moins rapidement de la chambre pulpaire étant donné que comme nous l'avons vu précédemment la résistance à la fêlure dans le sens transversal est presque deux fois moins importante que dans le sens longitudinal.

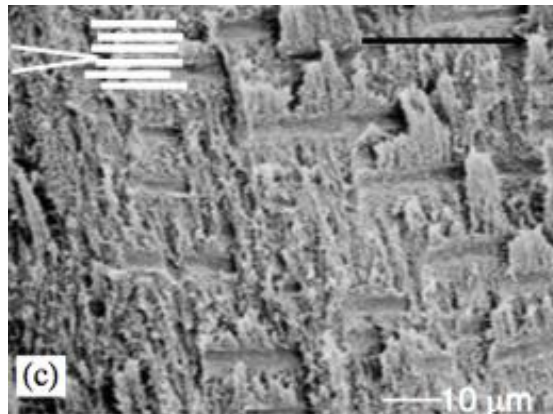
Figure 9 : état de surface d'une berge dentinaire suite à une fracture complète perpendiculaire aux tubules



Source : Nalla et al., « Effect of orientation on the in vitro fracture toughness of dentin : the role of toughening mechanisms », 2003

¹⁷ Nalla, Kinney, et Ritchie, « Effect of orientation on the in vitro fracture toughness of dentin : the role of toughening mechanisms ».

Figure 10 : état de surface d'une berge dentinaire suite à une fracture complète parallèle aux tubules



Source : Nalla et al., « Effect of orientation on the in vitro fracture toughness of dentin : the role of toughening mechanisms », 2003

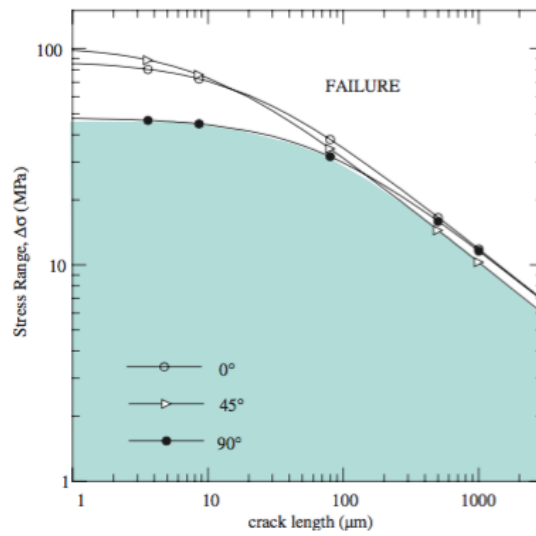
Contrairement à la fracture, un lien est toujours présent dans le cas de la fêlure, en effet, les recherches menées par Nalla et al. en 2003¹⁸ et par Ivancik et al. en 2013¹⁹ ont permis de mettre en évidence les phénomènes de pontage qui existent entre les berges des fêlures en cours de progression. Cela permet de limiter le degré de mobilité des fragments dentaires l'un par rapport à l'autre et donc de retarder la survenue de la fracture. La résistance dentinaire a été testée en 2007 par Arola et al.²⁰ et il apparaît que les mécanismes permettant de freiner la fêlure agissent efficacement tant que celle-ci n'a pas dépassé une dizaine de micromètres, ensuite, la contrainte nécessaire pour faire progresser la fêlure diminue de manière significative. Celle-ci passe de 100MPa lors de l'initiation à 10MPa lorsque la perte d'intégrité a atteint 1000 micromètres. L'application des contraintes a été réalisée selon plusieurs incidences dans cette étude, il en ressort que la fêlure est initiée sous une plus faible contrainte lorsque la contrainte est appliquée perpendiculairement aux tubules. En revanche, par la suite pour la propagation, l'importance de l'angulation de la contrainte appliquée semble diminuer.

¹⁸ Ibid.

¹⁹ Ivancik et Arola, « The importance of microstructural variations on the fracture toughness of human dentin ».

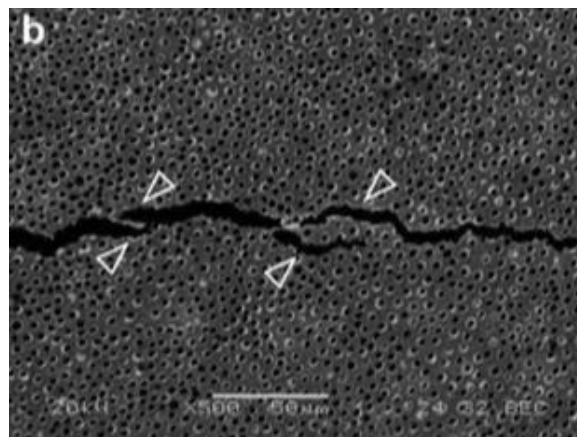
²⁰ Arola et al., « Transition behavior in fatigue of human dentin : structure and anisotropy ».

Figure 11 : test de résistance dentinaire en fonction de la taille de la fêlure et de l'orientation des tubules



Source : Arola et al., « Transition behavior in fatigue of human dentin : structure and anisotropy », 2007

Figure 12 : mise en évidence au microscope du phénomène de pontage d'une fêlure dentinaire



Source : Ivancik et Arola, « The importance of microstructural variations on the fracture toughness of human dentin », 2013

Sur dent saine, le défaut naîtra principalement à cause d'une usure de l'émail externe qui ne pourra plus empêcher l'initiation de la fêlure, sur une dent porteuse de restauration fragilisante, les contraintes sont directement exercées sur des tissus qui ne sont pas conçus pour cela. Comme nous l'avons évoqué précédemment, le pire cas étant celui où la limite entre la dent et la restauration se situe au sein du tiers dentinaire interne.

Ces pertes de cohésion au niveau microscopique permettent d'expliquer l'apparition de défauts visibles cliniquement et se traduisant par des fêlures cuspidienne ou coronaire.

1.3.2 La fêlure dentinaire à l'échelle anatomique

- La fêlure cuspidienne : en rapport généralement avec des restaurations volumineuses et profondes, il est fréquent de rencontrer des fractures complètes d'une cuspidie. Dans la plupart des cas, ce type de fêlure survient au niveau d'une crête marginale et d'un pan vestibulaire ou lingual/palatin, elle s'initie en coronaire puis s'étend vers la partie cervicale de la dent et peut aller parfois jusqu'en sous-gingival. Elle a généralement à la fois une direction mésio-distale et vestibulo-linguale ou vestibulo-palatine.²¹

Milicich et Rainey en 2000²² ont également montré que dans de nombreux cas, de simples restaurations occlusales pouvaient être à l'origine de l'apparition de fêlures étendues en proximal. Le retrait de tissus pour mettre en place la restauration (surtout quand celle-ci n'est pas adhésive) crée une perte de soutien cuspidien au niveau de la dentine dont le module d'élasticité est plus faible que l'émail, ce qui va engendrer une flexion cuspidienne et peut aboutir à l'apparition de pertes d'intégrité.

²¹ American association of endodontists, « Cracking the cracked tooth code : detection and treatment of various longitudinal tooth fractures ».

²² Milicich et Rainey, « Clinical presentations of stress distribution in teeth and the significance in operative dentistry ».

Figure 13 : mise en évidence d'une fêlure de la crête marginale d'une molaire mandibulaire en présence d'un amalgame occlusal



Source : Milicich et Rainey, « Clinical presentations of stress distribution in teeth and the significance in operative dentistry », 2000

Toujours selon Milicich et Rainey²³, l'association de l'émail proximal et des crêtes marginales constitue un anneau de cerclage périphérique permettant d'assurer la cohésion de la dent. Ainsi, lorsqu'une restauration concernant une face proximale est mise en place sur une dent cuspidée, ce soutien peut être supprimé de moitié voire totalement s'il s'agit d'une restauration mésio-occluso-distale, la flexion cuspidienne sera donc très importante.

²³ Ibid.

Figure 14 : Schéma d'une fêlure cuspidienne



Source : American association of endodontists, « Cracking the cracked tooth code », 2008

Sur ce schéma réalisé par l'AAE, il est possible de voir une molaire porteuse d'une importante restauration entraînant une fragilisation des structures due à la perte d'une grande quantité de tissu et notamment d'une crête marginale. La cuspidie positionnée en surplomb, soumise à l'effet de coin et dont la base est fragilisée, s'est désolidarisée du reste de la dent en raison d'un trait de fêlure parcourant celle-ci de distal en mésial et de vestibulaire en lingual.

Dans ce type de situation, la bifurcation du trait de fêlure vers l'extérieur de la dent et évitant sa propagation en apical peut être attribuée aux mécanismes tissulaires vus plus tôt avec les orientations différentes des prismes d'émail permettant la déflexion de la fêlure ainsi qu'à la propagation préférentielle de la perte de cohésion perpendiculairement aux tubules dentinaires.

- La fêlure coronaire : elle est définie par la présence d'une fêlure intercuspidienne centrée sur la face occlusale. Elle démarre en occlusal et peut s'étendre progressivement en apical en atteignant la chambre pulpaire sur son passage du fait de sa position centrale. Elle concerne une à deux crêtes marginales et son évolution peut donner lieu à terme à la séparation complète des deux fragments dentaires, ce qui correspondra alors à la fracture verticale.²⁴

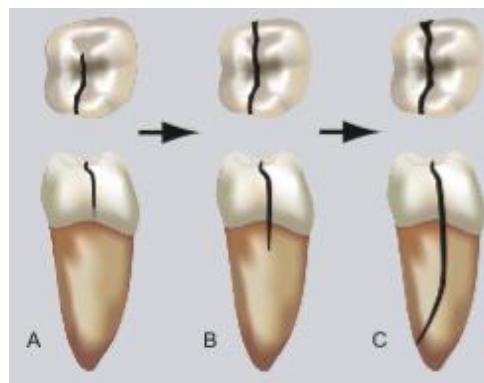
²⁴ Ibid.

Figure 15 : mise en évidence d'une fêlure coronaire reconnaissable à sa position centrale



Source : Société odontologie de Paris, « Savoir détecter les fêlures et les fractures verticales », 2008

Figure 16 : schéma de progression de la fêlure coronaire jusqu'à la fêlure verticale



Source : American association of endodontists, « Cracking the cracked tooth code », 2008

Sur ce schéma de l'AAE, la première étape consiste en une molaire porteuse d'une restauration occlusale ayant subi une fêlure coronaire (donc centrée sur la face occlusale), la parcourant de mésial en distal et cantonnée au dessus de la limite couronne/racine.

La deuxième étape qui nous est représentée consiste en l'évolution du premier stade en l'absence de restitution de la cohésion de la dent avec une poursuite de l'effet de coin tendant à séparer le fragment vestibulaire et le fragment lingual. Le trait de fêlure a atteint à ce stade la zone radiculaire.

La dernière étape est la séparation complète des deux fragments de la dent avec la survenue d'une fracture totale atteignant la zone apicale de la dent.

Ces différents stades à l'échelle anatomique peuvent être mis en lien avec les mécanismes tissulaires mis en œuvre pour freiner la progression de la fêlure, ainsi, les phénomènes de pontage amélaire et

dentinaire ont évité le passage direct du premier au dernier stade, de même que la déflexion rendue possible par les orientations prismatiques différentes dans l'émail et la propagation perpendiculairement aux tubules dentinaires.

Conclusion : Au sein d'une dentine âgée, plus de fêlures sont rencontrées mais leur ralentissement demeure efficace.

Plus on se trouve en profondeur (avec une lumière tubulaire augmentée), moins la dentine présentera de résistance à l'initiation d'une fêlure et moins la dentine résistera à l'extension de la fêlure. Cela implique une forte vulnérabilité de la dent en présence de restaurations profondes.

De par la nature tissulaire de la dentine canaliculaire, l'orientation des fêlures a tendance à être déviée de la pulpe (c'est une forme de protection biologique).

De plus, la mobilité des fragments dentaires est limitée par la subsistance de liens entre leurs berges, existant sous la forme de ligaments dentinaires et permettant le maintien d'une certaine cohésion tant que les forces appliquées ne deviennent pas trop importantes.

Tableau 1 : récapitulatif des mécanismes de défense au sein de la dent grâce aux tissus et à leur organisation

	Ce qui déclenche ou favorise la fêlure	Ce qui empêche ou freine
EMAIL	<ul style="list-style-type: none"> • rigidité naturelle • usure • traumatisme • hyperfonction • « tufts » à la JAD (initiation possible) 	<ul style="list-style-type: none"> • alternance d'orientation des prismes dans l'émail interne • densité importante de prismes pour résister à l'usure (émail externe) • « ligaments amélaire » entre les berges des fragments • « tufts » à la JAD qui limitent la progression des fêlures
JONCTION AMÉLO-DENTINAIRE	<ul style="list-style-type: none"> • les fêlures initiées dans la dentine vont progresser aisément à travers la JAD car elle ne joue son rôle que dans le sens surface occlusale → pulpe 	<ul style="list-style-type: none"> • nombreuses fibres de collagène • faible minéralisation • importante ténacité
DENTINE	<ul style="list-style-type: none"> • faible résistance à l'usure • le vieillissement dentinaire qui favorise l'initiation de la fêlure • la proximité pulpaire en raison de 	<ul style="list-style-type: none"> • importante résilience • minéralisation des tubules avec le vieillissement qui freine la progression de la fêlure

	<p>l'augmentation du nombre de lumières canaliculaires et de la moins grande concentration en hydroxyapatite</p> <ul style="list-style-type: none"> • la plus faible épaisseur de dentine péritubulaire dans le tiers dentinaire interne facilite la progression de la fêlure 	<ul style="list-style-type: none"> • la résistance intrinsèque par déformation plastique • la résistance extrinsèque par le phénomène de pontage • les fibrilles de collagène du tiers dentinaire externe rendent la dentine plus apte à la déformation plastique • l'anisotropie dentinaire permet une déflexion des fêlures comme elles progressent préférentiellement perpendiculairement aux tubules et donc de préserver l'espace pulpaire • les phénomènes de pontage des berges dentinaires
--	--	---

Source : Auteur

1.4. Conséquences des fêlures : biologique et mécanique

Lorsque l'on est en présence d'une fêlure sur dent vitale, les conséquences biomécaniques vont avoir une répercussion biologique puisque la mobilisation des fragments lors de la mastication par exemple va avoir pour conséquence de comprimer au moment du relâchement de la pression, l'espace pulpaire et donc les transmissions nociceptives qui sont à l'origine des sensibilités. En effet, la pression devient brusquement trop importante si la force masticatoire est relâchée rapidement.

Dans le cas de fêlures sur dents non vitales, les répercussions biologiques de la perte de cohésion vont être ressenties au niveau du parodonte notamment lors de la mastication. En effet, les fragments dentaires vont alors mobiliser le desmodonte et causer l'apparition de sensibilités, surtout lors de l'application de la force masticatoire. De plus, des destructions localisées de ce ligament apparaissent et se traduisent par une profondeur de sondage ponctuellement très augmentée due à une perte d'attache de l'épithélium de jonction et du tissu conjonctif sous-jacent.

2 : Prévalence des fêlures

Pour qu'une structure soit susceptible de subir une fêlure, il faut que :

- des forces soient suffisamment fortes ou répétées pour générer des contraintes internes au tissu impliqué
- le tissu impliqué présente des points faibles pouvant être des lieux d'initiation des fêlures.

Les dents sont prévues pour résister à un très grand nombre de sollicitations mécaniques lors de leur existence, il s'agit de leur fonction principale : la mastication. Cependant, il arrive dans bon nombre de cas que celles-ci soient fragilisées ou mises en dangers par plusieurs causes telles que l'hyperfonction, leur position en bouche, leur anatomie, des transformations tissulaires comme une perte de structure, l'usure ou le vieillissement ou bien des restaurations dont le matériau, la localisation ou le volume peuvent être plus ou moins adéquats.

Nous aborderons brièvement dans un premier temps les statistiques concernant les dents atteintes ainsi que les âges de survenue de ces lésions puis nous passerons en revue dans un deuxième temps les différentes causes de l'apparition de fêlures.

Il faut garder à l'esprit que dans la majorité des études, le type de fêlure n'est pas spécifié, certaines dents sortent donc inévitablement du champ d'investigation de cette thèse qui concerne essentiellement les fêlures coronaires.

2.1. La dent confrontée au vieillissement

Sur l'ensemble des articles relatant les études réalisées, il apparaît difficile de statuer de manière précise sur l'âge des sujets ainsi que sur les dents les plus régulièrement touchés. En effet, plusieurs d'entre elles ont conclu soit à un âge de prédilection situé entre 30 et 50 ans alors que d'autres l'ont situé davantage au-dessus de 60 ans.

Au phénomène de vieillissement peuvent s'ajouter des parafunctions telles que le bruxisme qui vont alors accélérer la fatigue des tissus en générant des contraintes occlusales de longue durée et d'intensité parfois supérieure à celles retrouvées lors du fonctionnement normal de l'appareil manducateur au moment de la déglutition ou de la mastication par exemple.

Tableau 2 : Ages de survenue des pertes d'intégrité dentaires

	Nombre de dents étudiées	30-39 ans (%)	40-49 ans (%)	50-59 ans (%)	60 ans et plus (%)
Kim et al.	72	13,9	27,8	32	24,9
Kang et al.	175	12	21,1	32	32,6
Hiatt	100	25	46,9	23,4	3,9

Source : Kim et al., « Different treatment protocols for different pulpal and periapical diagnoses of 72 cracked teeth », 2013, Kang et al., « Cracked teeth : distribution, characteristics, and survival after root canal treatment », 2016, Hiatt, « Incomplete crown-root fracture in pulpal-periodontal disease », 1973

Il ressort globalement que la tranche d'âge la plus à risque se situe entre 40 et 59 ans, et plus précisément entre 50 et 59 ans dans les études les plus récentes. Le fait que ces pertes d'intégrité ne sont ni rencontrées majoritairement chez les personnes les plus jeunes (possédant à priori la plus grande force masticatoire) ni chez les personnes les plus âgées (dont les tissus dentaires ont vieilli) mais surtout dans une tranche d'âge intermédiaire laisse à penser que la coordination des deux facteurs précédemment évoqués est nécessaire à leur survenue.

De plus, au fur et à mesure du vieillissement des individus, le nombre et la taille des restaurations ont tendance à augmenter et donc à fragiliser les dents, ce qui, mis en lien avec la force masticatoire des individus, concoure à la survenue des pertes d'intégrité.

2.2. Les dents statistiquement les plus atteintes et les causes possibles de cette atteinte

De la même manière, les dents les plus atteintes ne sont pas les mêmes d'une étude à l'autre, il est notamment difficile de savoir laquelle entre la première et la deuxième molaire mandibulaire occupe la place de dent la plus victime de fêlures.

Nous allons passer en revue plusieurs études afin d'étudier les pourcentages des dents les plus couramment touchées.

Dans le cas des molaires mandibulaires, cela s'explique de plusieurs façons, d'une part par le surplomb important de leur cuspide ML qui fait qu'elle est peu soutenue, d'autre part par la profondeur de leur fosse centrale dans laquelle les cuspides MP très proéminentes des molaires maxillaires viennent s'insérer en OIM et viennent jouer le rôle de « coin » et donc tendent à séparer les cuspides.

La proximité avec l'articulation temporomandibulaire qui entraîne une application importante de forces au moment de la mastication peut aussi constituer une explication aux fêlures régulièrement retrouvées dans ce secteur.²⁵

En ce qui concerne la première molaire mandibulaire, aux facteurs anatomiques précédemment évoqués, s'ajoute le fait qu'elle arrive très tôt en bouche et qu'elle est donc plus susceptible de se carier et par conséquent d'être porteuse de restaurations.

L'étude menée en 2013 par Qian et al.²⁶ a cherché à mettre en lien l'inclinaison cuspidienne des premières molaires maxillaires et leur propension à la fracture. De plus importantes angulations cuspidiennes ont été retrouvées dans le groupe des dents fissurées et les zones apparaissant les plus sollicitées semblent être la fosse centrale sur la face occlusale et les parties cervicales de la dent.

Figure 17 : mise en lien de l'angulation cuspidienne et de la propension à la fracture



Source : Qian et al., « Correlation between cuspal inclination and tooth cracked syndrome », 2013

Dans les cas de fêlures sur dents intactes, l'hypothèse de défaut de calcification aux points de rencontre telles que les ponts d'émail ou les crêtes marginales a été émise par Hiatt.²⁷

De plus, les sollicitations continues comme avec le bruxisme ou bien les écarts brutaux et importants de température viennent s'ajouter aux facteurs pouvant expliquer l'apparition de fêlures. En 1972, une étude réalisée par Brown et al.²⁸ concernant les dommages causés sur les dents par les écarts de température a montré que l'émail avait tendance à se rétracter dans des conditions de basse

²⁵ Hasan, Singh, et Salati, « Cracked tooth syndrome : overview of literature ».

²⁶ Qian, Zhou, et Yang, « Correlation between cuspal inclination and tooth cracked syndrome : a three-dimensional reconstruction measurement and finite element analysis ».

²⁷ Hiatt, « Incomplete crown-root fracture in pulpal-periodontal disease ».

²⁸ Brown, Jacobs, et Thompson, « Thermal fatigue in teeth ».

température et à s'expandre lors d'expositions à de la nourriture ou à un liquide chauds. Ces alternances tendent à faire apparaître des fêlures naissant dans la partie interne de l'émail en raison de la différence de comportement entre l'émail et la dentine. En effet, cette dernière conserve davantage ses dimensions initiales. Il a été montré qu'en moins de 3000 cycles oscillant entre 60 et 30 degrés, des fêlures importantes pouvaient être engendrées ou aggravées si elles étaient déjà présentes.

Tableau 3 : dents statistiquement les plus atteintes

	Nombre de dents étudiées	Dents les plus atteintes (%)
Kim et al.	72	1 ^{ère} molaire mandibulaire (27,8) 1 ^{ère} molaire maxillaire (25) 2 ^{nde} molaire maxillaire (22,2) 2 ^{nde} molaire mandibulaire (19,4)
Kang et al.	175	2 ^{nde} molaire mandibulaire (25,1) 1 ^{ère} molaire mandibulaire (20) 1 ^{ère} molaire maxillaire (19,4) 2 ^{nde} molaire maxillaire (14,3)
Hiatt	100	2 ^{nde} molaire mandibulaire (40) 1 ^{ère} molaire mandibulaire (29) 1 ^{ère} molaire maxillaire (10) Prémolaires maxillaires (10)

Source : Kim et al., « Different treatment protocols for different pulpal and periapical diagnoses of 72 cracked teeth », 2013, Kang et al. « Cracked teeth : distribution, characteristics, and survival after root canal treatment », 2016, Hiatt, « Incomplete crown-root fracture in pulpal-periodontal disease », 1973

L'incidence des pertes de substance dentaires a été étudiée par Magne et Oganessian en 2009²⁹ en mesurant l'amplitude de déflexion cuspidienne en fonction de la localisation de la perte de substance et selon qu'elle a été comblée par un matériau ou non (exemple d'une situation où une importante carie n'a pas été traitée).

Les dents qui ont été étudiées ici étaient des prémolaires. Les contraintes (150N) ont été appliquées

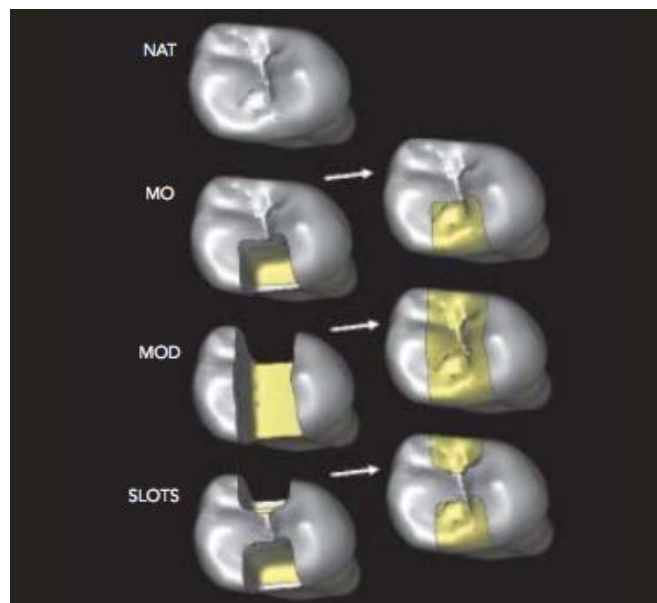
²⁹ Magne et Oganessian, « CT scan : based finite element analysis of premolar cuspal deflection following operative procedures ».

sur dent :

- non porteuse de cavité
- porteuse de cavité MO sans restauration / avec restauration au composite
- porteuse de cavité MOD sans restauration / avec restauration au composite
- porteuse de cavité MO et OD non reliées sans restauration / avec restauration au composite

Il est ressorti de cette recherche que les plus importantes déflexions cuspidiennes sont retrouvées en présence de cavités MOD. Il apparaît ensuite que la présence d'une cavité MO arrive en deuxième position des situations mettant le plus en danger la dent mais qu'une nette différence n'apparaît pas lorsqu'une cavité OD est ajoutée à cela tant qu'un pont d'émail est maintenu au centre de la surface occlusale. La conservation d'une structure centrale semble donc jouer un grand rôle dans l'amélioration du pronostic de la dent. De plus, la mise en place d'une restauration en composite a permis d'augmenter la résistance de la dent dans les trois types de situation. Ainsi, une déflexion de 179,4 μ m sans restauration et avec une cavité MOD passe à 6,9 μ m avec restauration et une déflexion de 5 μ m lors d'une cavité MO diminue de 1,5 μ m (5 μ m \rightarrow 3,5 μ m) avec une restauration adhésive. De même lorsque deux cavités non reliées existent en mésial et distal, avec une obturation au composite l'amplitude de déflexion est réduite de 1,6 μ m (5,4 μ m \rightarrow 3,8 μ m).

Figure 18 : localisation des cavités lors des tests de résistance de l'étude



Source : Magne et Oganessian, « CT scan : based finite element analysis of premolar cuspal deflection following operative procedures », 2009

2.3. Les matériaux de restauration en cause

Selon les études, les facteurs augmentant les risques d'apparition des fêlures diffèrent, en effet dans celle réalisée par exemple par Ratcliff et al. en 2001, il ressort que le plus grand nombre de fêlures est retrouvé sur des dents porteuses de restaurations de type 1 ou 2 et particulièrement lorsque celles-ci sont en amalgame. De la même façon, une majorité de dents restaurées figure parmi celles porteuses de fêlures dans l'étude de Seo et al. en 2012.³⁰ Une étude réalisée par Panduric et al. en 2009³¹ sur 172 dents a révélé que la majorité des fractures apparues en présence d'amalgames survenaient dans le cas de restaurations de classe II et notamment lorsque celles-ci étaient occluso-distales.

Au contraire, certaines études comme celles de Kim et al.³² en 2013 ou Kang et al. en 2016³³, mettent en lumière qu'un plus grand nombre de fêlures apparaît sur dent intacte. Une explication à cela a été avancée par certains auteurs comme Rosen en 1982³⁴, selon lui les personnes n'ayant pas fait l'objet de soins restaurateurs ont tendance à mastiquer avec beaucoup plus d'assurance sur des aliments durs et donc à entraîner des pertes de cohésion.

L'explication de l'apparition de fêlures en présence de restaurations non collées, particulièrement à l'amalgame, est double : elles peuvent s'expliquer à la fois par les angles aigus apparaissant régulièrement lors de la recherche de rétention pour ces restaurations non collées par le biais de contre-dépouilles au niveau des boîtes proximales par exemple et qui créent des stress importants ainsi que par leurs coefficients de dilatation thermique qui diffèrent largement par rapport à celui de la dent.³⁵

Cependant, les matériaux composites peuvent également être à l'origine d'une fragilisation des structures dentaires due notamment au retrait de polymérisation pouvant être très important si la mise en place n'a pas été faite par incréments.

Les valeurs retrouvées pour l'amalgame et le composite montrent les difficultés qu'ont ces matériaux à reproduire aussi efficacement les propriétés de l'émail que de la dentine, ce qui constitue aussi une explication à l'apparition de fêlures.

³⁰ Seo et al., « Analysis of factors associated with cracked teeth ».

³¹ Pandurić et al., « The prevalence of proximal fractures of dental crowns with amalgam fillings ».

³² Kim et al., « Different treatment protocols for different pulpal and periapical diagnoses of 72 cracked teeth ».

³³ Kang, Kim, et Kim, « Cracked teeth : distribution, characteristics, and survival after root canal treatment ».

³⁴ Rosen, « Cracked tooth syndrome ».

³⁵ Kang, Kim, et Kim, « Cracked teeth : distribution, characteristics, and survival after root canal treatment ».

Tableau 4 : comparatif des propriétés des matériaux de restauration et de celles des tissus dentaires

	Email	Dentine	Amalgame (conventionnels, basse teneur en cuivre)	Composite (hybride)
Module d'élasticité	82,5 GPa	18,5 GPa	39 GPa	Compris entre 10 et 20 GPa
Coefficient de dilatation thermique	17 ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	11 ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	Compris entre 22 et 26 ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	Compris entre 22 et 35 ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)
Résistance en compression	384 MPa	297 MPa	Durant 1h : 50 MPa	400 MPa
Résistance en traction	10 MPa	105 MPa	50 MPa	De 52 à 72 MPa pour les hybrides
Dureté	400 (Vickers)	60 (Vickers)	100 (Vickers)	57 (Vickers)

Source : Auteur

Tableau 5 : statistiques des pertes d'intégrité en fonction du matériau de restauration

	Nombre de dents étudiées	Atteinte en fonction du matériau de restauration (%)
Kim et al.	72	Dent intacte (48,6) Or (26,4) Amalgame (12,5)
Kang et al.	175	Dent intacte (34,3) Or (25,1) Amalgame (6,3)
Hiatt	100	Dent intacte (35) Or (5) Amalgame (60)
Roh et Lee	154	Dent intacte (60,4) Or (14,3) Amalgame (15,6)
Ratcliff et al.	763	Dent intacte (39,7) Or (0,04) Amalgame (63,6)

Source : Kim et al., « Different treatment protocols for different pulpal and periapical diagnoses of 72 cracked teeth », 2013, Kang et al., « Cracked teeth : distribution, characteristics, and survival after root canal treatment », 2016, Hiatt, « Incomplete crown-root fracture in pulpal-periodontal disease », 1973, Roh et Lee, « Analysis of 154 cases of teeth with cracks », 2006, Ratcliff et al., « Type and incidence of cracks in posterior teeth », 2001

Conclusion : la coordination d'une part du vieillissement de la dent et d'autre part d'une force masticatoire importante semble nécessaire à l'apparition de pertes d'intégrité.

L'anatomie de certaines dents telles que les molaires mandibulaires et leur important surplomb lingual constitue une fragilité, de plus leur proximité avec l'articulation temporo-mandibulaire accroît leur sollicitation mécanique. Dans le cas des molaires maxillaires, l'inclinaison cuspidienne a été mise en avant pour expliquer l'apparition de fêlures.

Les pertes de substance MOD entraînent inévitablement les plus grandes déflexions cuspidiennes, la conservation d'un pont d'émail raccordant les berges de la cavité apparaît comme un bon moyen de limiter les déformations, de même que la mise en place de restaurations adhésives.

Les différentes études ne sont pas unanimes sur le fait que les fêlures apparaissent davantage sur dent intacte (ou avec de petites restaurations) ou porteuse d'importantes restaurations. L'une des hypothèses pourrait être l'assurance des patients porteurs de restaurations peu étendues lors de la mastication sur des objets durs. Les propriétés mécaniques des matériaux ainsi que la façon de les mettre en place constituent des explications à l'apparition de pertes de cohésion (retrait de polymérisation, coefficient de dilatation thermique, angles aigus, module d'élasticité...).

3 : Diagnostiquer une fêlure

A l'examen clinique les fêlures coronaires sont dans bien des cas difficiles à déceler. Lors de l'observation, la dent doit être parfaitement propre et sèche. En ce qui concerne les signes décrits par les patients, ils consistent le plus souvent en une sensibilité accrue au froid ainsi qu'au moment de relâcher la pression sur la dent lors de la mastication.

La difficulté de diagnostic est augmentée dans le cas de suspicion d'une fêlure sur dent intacte de toute restauration. C'est pourquoi la dépose est recommandée lorsqu'une restauration est en place car cela facilite énormément la recherche du défaut ainsi que son étendue. C'est pourquoi dans le cas d'une dent sans restauration il est encore plus important de connaître l'ensemble des tests disponibles ainsi que leur mise en œuvre, nous allons les développer dans cette partie. Seuls les tests concernant les implications radiculaires dans les fêlures dentaires ne sont pas répertoriés ici dans la mesure où elles ne font pas l'objet de cette thèse.

En 2008, l'American Association of Endodontists (« cracking the cracked tooth code ») a rédigé une série de documents traitant de la prise en charge des patients présentant des fêlures dentaires, nous allons nous pencher ici sur les moyens diagnostics dont la liste est donnée dans l'un de ces documents.

3.1. Test de percussion

Objectif : ce test sert à mobiliser les fragments dentaires qui pourraient l'être et de créer ainsi une sensibilité par le mouvement liquidien dans les tubules dentinaires. Sur dent dépulpée, la percussion provoquera une sensibilité due à la sollicitation du parodonte.

Réalisation : ce test doit être réalisé au moyen d'un instrument métallique, la percussion doit être faite selon plusieurs incidences pour augmenter les chances de mobilisation des fragments.

La méthode appelée « diagnostic par percussion quantitative », utilisée depuis plusieurs années pour évaluer l'ostéointégration implantaire ou la mobilité dentaire a été employée dans une étude de Sheets et al. en 2014³⁶ dans la détection des fêlures dentaires. Cette méthode permet d'analyser la

³⁶ Sheets et al., « An in vitro comparison of quantitative percussion diagnostics with a standard technique for determining the presence of cracks in natural teeth ».

stabilité des éléments testés en évaluant leur capacité d'amortissement. Celle-ci s'est avérée aussi efficace que la transillumination et a même permis dans un cas de détecter une fêlure qui n'avait pas été remarquée lors de l'utilisation de la source lumineuse comme celle-ci était située en interproximal.

3.2. Test de morsure

Objectif: ce test peut être employé sur dent vitale ou non vitale et a pour but de détecter une sensibilité lors de la mastication, celle-ci ne sera pas causée par les mêmes structures selon la vitalité de la dent.

Dans le premier cas il s'agira de la brusque augmentation de pression dans les canalicules dentinaires lors du relâchement de la pression de morsure alors que dans le deuxième cas, il s'agira de la sollicitation du parodonte par les fragments dentaires mobiles lors de l'application de la force qui créera la sensibilité.

Réalisation: La difficulté représentée par le placement de l'objet, généralement un tube d'aspiration salivaire, à un endroit précis et reproductible afin de solliciter la cuspide fragilisée, rend ce test incertain. C'est pourquoi des instruments comme le Tooth Slooth ont été introduits afin de faciliter la réalisation de ce test et surtout sa reproductibilité.

Dans tous les cas il convient d'intercaler l'objet selon des positions variées afin de mobiliser chaque pan cuspidien dans plusieurs directions car même si les fêlures ont des directions de prédilection, il n'est pas rare de voir celles-ci varier et venir perturber le diagnostic. Il faut alors demander au patient de serrer fort avec un mouvement lent et de relâcher la pression d'un coup, le but sera de reproduire sa douleur habituelle.³⁷

La sensibilité sera alors ressentie par le patient au moment du relâchement de la pression du fait de l'augmentation de pression dans les tubules dentinaires. Cependant, il arrive également qu'une sensibilité soit ressentie lors de l'application de la force si les structures parodontales sont sollicitées. En effet, une étude conduite par Abbott et Leow en 2009³⁸ a montré que sur 100 dents vitales diagnostiquées comme fissurées, seuls 8% avaient réagi de façon positive, c'est à dire au moment du relâchement de la pression et que 25% avaient réagi autant à l'application de la pression sur la dent testée qu'au moment du desserrage. Ce test est souvent considéré comme le test le plus efficace pour

³⁷ Kang, Kim, et Kim, « Cracked teeth : distribution, characteristics, and survival after root canal treatment ».

³⁸ Abbott et Leow, « Predictable management of cracked teeth with reversible pulpitis ».

déterminer si l'on est ou non en présence d'une fêlure mais cet article nous montre qu'il est à compléter par d'autres moyens diagnostics pour ne pas passer à côté d'une fêlure.

Figure 19 : mise en œuvre du Tooth Slooth lors du diagnostic



Source : « Pocket dentistry », 2015

3.3. Test de sensibilité

Objectif : ce test a pour but de mettre en évidence une inflammation pulpaire, il n'est pas révélateur en lui-même d'une fêlure, mais une perte de cohésion dentaire peut ouvrir la voie à des bactéries et donc entraîner une inflammation pulpaire qui rendra alors le test positif et pourra mettre le praticien en alerte sur la présence d'une agression pulpaire.

Réalisation : ce test sera à employer en cas de fêlure visible mais en l'absence de signe décrit par le patient afin de vérifier la vitalité, au moyen d'une boulette de coton et d'un test au froid. En fonction de l'intensité de la réponse et de sa rémanence, l'état inflammatoire de la pulpe pourra être déterminé.

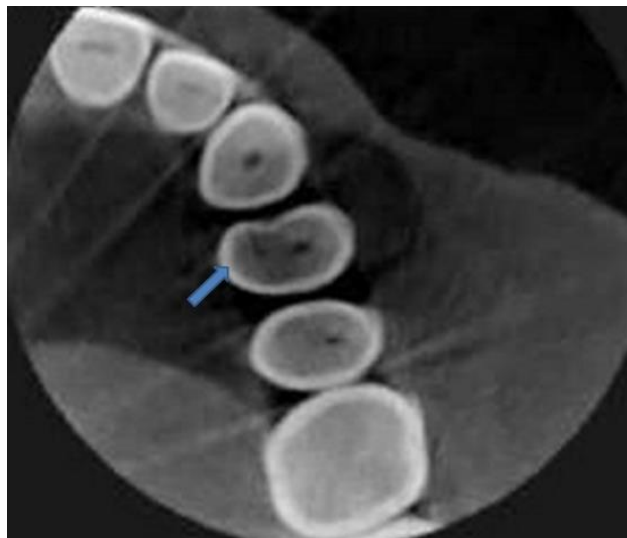
3.4. Radiographie

Objectif : ce test sert à mettre en évidence une perte de cohésion non visible à l'œil nu.

Réalisation : D'une manière générale les techniques de radiographie traditionnelle en deux dimensions ne permettent que rarement de diagnostiquer une fêlure coronaire, pour multiplier les chances de le faire il faudrait réaliser une multitude de clichés selon plusieurs angulations afin de placer le faisceau sur le même angle que la fêlure.

De nos jours, dans la mesure où les possibilités de faire des clichés en trois dimensions se répandent très rapidement, il peut être intéressant d'en réaliser un en cas de suspicion de fêlure car celles-ci apparaissent nettement dessus dans de nombreux cas.

Figure 20 : utilisation du cone-beam dans la mise en évidence de fêlures



Source : Chakravarthy et al., « Cracked tooth : a report of two cases and role of cone beam computed tomography in diagnosis », 2012

3.5 La cohérence optique en tomographie

Objectif : Il s'agit d'une méthode visant à étudier la structure interne des tissus au travers de la diffusion et de l'absorption de vagues de signaux infrarouges et permettant d'obtenir des images en coupes sectionnelles.

Réalisation : Une série de coupes sectionnelles dans le sens axial est réalisée pour obtenir un volume en trois dimensions.

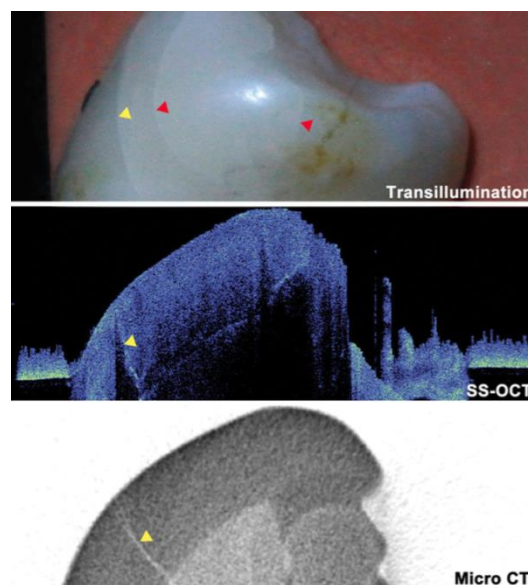
Ce procédé utilisé jusqu'ici dans la détection de lésions carieuses a été employé dans une étude menée par Lee et al. en 2016³⁹ afin de le comparer à d'autres outils diagnostics lors de la recherche de fêlures (transillumination, inspection visuelle, radiographie tridimensionnelle).

Les résultats de la recherche tendent à placer cet outil en tête car sur 109 faces dentaires (61 dents) comportant des fêlures, ce procédé a permis d'en détecter 71, contre 57 par transillumination et 8 par inspection visuelle.

De plus, il est apparu que cette technique de détection permettait d'appréhender la profondeur et la direction des fêlures de façon plus précise que les autres procédés. Lors de comparaisons entre les profondeurs amélares annoncées par cette méthode et celles retrouvées sur coupes histologiques il a été montré par Shimada et al.⁴⁰ qu'elles étaient très similaires.

L'inconvénient majeur de la cohérence optique en tomographie est qu'elle ne peut aller au delà de trois millimètres de profondeur, c'est pourquoi une atteinte dentinaire ou pulpaire peut ne pas être détectée avec cette technique.

Figure 21 : utilisation de la cohérence optique en tomographie dans la mise en évidence de fêlures



Source : Lee et al., « Dental optical coherence tomography : new potential diagnostic system for cracked-tooth syndrome », 2016

³⁹ Lee et al., « Dental optical coherence tomography : new potential diagnostic system for cracked-tooth syndrome ».

⁴⁰ Shimada et al., « Application of optical coherence tomography (oct) for diagnosis of caries, cracks, and defects of restorations ».

3.6 Visuellement par dépose de restauration et excavation

Objectif : ce test a pour but de connaître la direction et la profondeur des fêlures présentes.

Réalisation : En cas de suspicion de fêlure, le retrait des restaurations en place facilitera bien souvent l'observation des défauts de la dent et permettra ensuite de réaliser l'excavation à la fraise diamantée afin d'avoir une idée de l'étendue de la perte de cohésion.

Figure 22 : mise en évidence de fêlures longitudinales parcourant le fond de cavité après dépose de restauration



Source : Dr. Decup

3.7 Test de coloration

Objectif : ce test a pour but de mettre en évidence des fêlures difficilement visibles à l'œil nu au moyen d'un colorant qui va s'y introduire et donner une indication sur sa direction.

Réalisation : Ce test est généralement utilisé avec du bleu de méthylène (du révélateur de plaque fonctionne parfaitement également) sur la face externe de la dent après qu'elle ait été préalablement nettoyée ou bien dans une cavité après la dépose d'une restauration afin de voir s'il s'immisce dans un défaut de l'émail ou de la dentine.

Figure 23 : réalisation du test de coloration avec l'aide de révélateur de plaque



Source : Dr. Decup

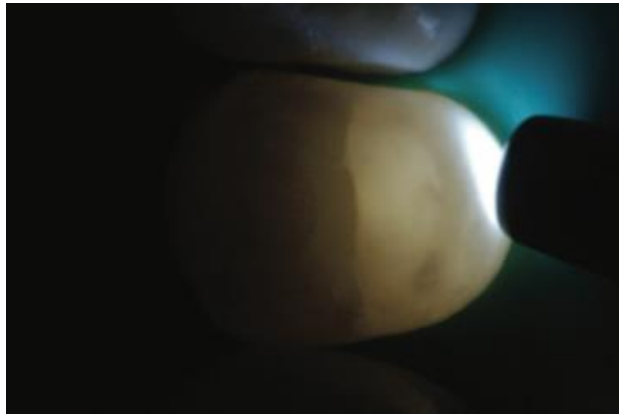
3.8 Transillumination

Objectif : Ce test a pour but de détecter ou de confirmer une perte d'intégrité difficilement visible à l'œil nu.

Réalisation : Ce test est basé sur le fait qu'un flux lumineux va pénétrer la substance jusqu'à ce qu'il rencontre un espace, à partir duquel elle va se réfléchir. Il est très simple à mettre en œuvre mais présente l'inconvénient de ne pas faire de réelle différence entre les fêlures de plus ou moins grande ampleur, une fêlure amélaire peu profonde aura ainsi tendance à provoquer une rupture du flux lumineux très nette de la même manière qu'en présence d'une fêlure importante par exemple.

Pour réaliser ce test, la lampe à photopolymériser est parfaitement adaptée, celle-ci sera appliquée perpendiculairement au plan selon lequel la fracture est suspectée alors que toutes les sources lumineuses environnantes auront été éliminées.

Figure 24 : mise en évidence d'une fêlure sur une prémolaire maxillaire par transillumination



Source : Batalha-Silva et al., « Cracked tooth syndrome in an unrestored maxillary premolar : a case report », 2014

3.9 Microscopie

Objectif : cette technique permet d'une part de faciliter la visualisation des fêlures les plus infimes qui n'auraient pas pu être mises en évidence par d'autres moyens diagnostics, surtout lorsque peu de signes sont décrits par le patient et d'autre part d'aider à leur prise en charge notamment au moment de l'exploration par excavation par exemple.

Réalisation : Il est conseillé d'employer des grossissements compris entre 14 et 18. Ce grossissement est à conjuguer avec un éclairage adéquat, une dent parfaitement propre et la mise en place de la digue afin d'optimiser l'outil.

Figure 25 : mise en évidence au microscope d'une fêlure



Source : Dr. Decup

3.10 Mise en place d'une bague en acier

Objectif : Dans le cas d'une dent sans restauration préalable notamment, il sera difficile d'être certain que les sensibilités ressenties par le patient sont dues à la fêlure. Il pourra alors être intéressant de chercher à contrer les effets de la séparation des fragments dentaires afin de stopper la gêne ressentie et de confirmer la cause.

Réalisation : Il est alors possible de mettre en place une bague en acier autour de la dent afin d'empêcher la décohésion des fragments lors des pressions occlusales et de laisser ensuite le patient quelques semaines avec le dispositif afin d'avoir son nouveau ressenti. La bague en acier est scellée avec un ciment verre ionomère sur la dent.

Si le patient, après avoir utilisé sa dent de façon normale ne rapporte aucun épisode douloureux à la mastication ou aux écarts de température, cela confirme le diagnostic et montre qu'il n'y a pas de pulpite irréversible déclarée et que celle-ci pourra être restaurée sans passer par un traitement pulpaire qui aurait été nécessaire dans le cas d'une pulpite irréversible.

Cette technique est d'une manière générale adaptée aux cas où la fêlure n'est suspectée qu'au travers des symptômes décrits par le patient.

Figure 26 : mise en place d'une bague en acier dans le cadre d'une fêlure sur prémolaire maxillaire afin de confirmer un diagnostic



Source : Batalha-Silva et al., « Cracked tooth syndrome in an unrestored maxillary premolar : a case report »,

2014

Conclusion : de nombreux moyens s'offrent au praticien pour diagnostiquer une fêlure dentaire, les plus simples à mettre en œuvre comme le test de percussion, de morsure, de coloration, de sensibilité, la dépose de restauration ainsi que la transillumination doivent être employés en priorité dans la mesure où ils permettent dans de nombreux cas de déceler les pertes d'intégrité.

Les progrès des moyens radiographiques en trois dimensions offrent de nouvelles possibilités dans la détection des pertes de cohésion, de plus, l'exposition qu'ils engendrent diminuant, leur indication en cas de doute quant à la présence d'une fêlure est parfaitement appropriée.

Les aides optiques telles que les loupes et surtout le microscope représentent de précieux alliés dans la recherche de défauts parfois infimes tels que les fêlures.

La mise en place d'une bague en acier semble constituer une bonne méthode de confirmation du diagnostic bien que sa mise en place ne soit pas toujours aisée.

De nouvelles méthodes prometteuses telles que la cohérence optique en tomographie devraient faire leur apparition dans les années à venir et faciliteront encore le diagnostic.

4 : Traitement des fêlures

La fêlure reste pour beaucoup de praticiens un problème avant tout biomécanique alors que celle-ci présente aussi des risques biologiques importants, et ce bien avant les stades avancés de la fêlure. En effet, les fêlures visibles présentent des fragments dentaires impossibles à mobiliser manuellement l'un par rapport à l'autre et intimement joints par les phénomènes de pontage vus précédemment, mais des germes peuvent s'y infiltrer, or plusieurs études ont permis de mettre en lumière une importante pénétration de micro-organismes en leur sein. Cette entrée bactérienne fait alors courir un risque biologique à la pulpe, similaire à celui d'une lésion carieuse.

Les fêlures constituent donc une porte d'entrée bactérienne possible. Quel que soit leur stade ou leurs répercussions symptomatiques, elles doivent être considérées comme des pertes d'intégrité tissulaires qui nécessitent des traitements de scellement préventifs ou curatifs pour prévenir et contrôler les risques bactériens.

Une fois l'étanchéification assurée, il convient d'assurer également la résistance biomécanique de la dent en lui redonnant sa cohésion au moyen de techniques adhésives notamment.

4.1. Etanchéifier le complexe dentino-pulpaire

4.1.1. Risque biologique pulpaire

La fêlure peut constituer une voie d'accès à la pulpe pour les germes du milieu buccal et leurs toxines. Cette pénétration va entraîner une inflammation pulpaire se manifestant le plus souvent par une sensibilité accrue au froid. Par la suite, si cet état inflammatoire se prolonge, la nécrose de la pulpe pourra intervenir et laisser place à des épisodes infectieux.

L'objectif de l'étude réalisée par Ricucci et al.⁴¹ était d'évaluer l'état de l'émail, de la dentine et de la pulpe confrontés aux fêlures, en s'attachant à l'inflammation pulpaire et aux bactéries retrouvées à l'intérieur des tissus.

Il est apparu que l'émail et les tubules dentinaires sont systématiquement colonisés par les bactéries du milieu buccal dès lors qu'une perte de cohésion survient. Celles-ci sont alors organisées en biofilm de la même manière que dans le cas d'une atteinte carieuse.

⁴¹ Ricucci et al., « The cracked tooth : histopathologic and histobacteriologic aspects ».

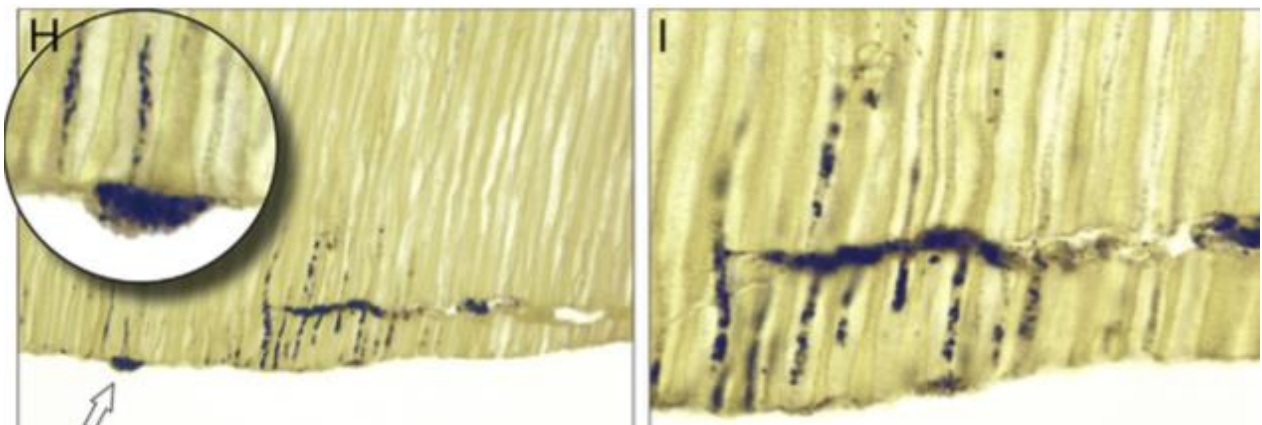
Cette étude a permis de mettre en évidence le nombre important de cellules sanguines (notamment des PMN) de défense mobilisées au sein de la pulpe pour venir au contact de ces germes présents dans les tubules et organisés en biofilm.

Beaucoup de facteurs concourent à l'augmentation de la quantité de bactéries et à leur progression en direction pulpaire, en effet les bactéries se divisent à très grande vitesse et la pression engendrée par la force masticatoire pousse l'ensemble vers la pulpe. Cela explique la progression des bactéries alors que la plupart des espèces bactériennes de la cavité buccale ne se déplacent pas d'elle-même.

De plus, les recherches ont permis de noter une différence dans la vitesse de propagation bactérienne entre les dents vitales et non vitales, car dans le cas de dents vitales, plusieurs barrières sont érigées par la pulpe pour contrer les attaques des germes : le fluide dentinaire ralentit leur avancée, la pulpe parvient à mettre en place une dentine tertiaire afin d'obturer les canalicules en question et les cellules sanguines sont présentes pour assurer la réaction inflammatoire.

Il y a une différence d'épaisseur de biofilm selon la direction du trait de fêlure, en effet s'il est perpendiculaire aux tubules dentinaires, un plus grand nombre de ces derniers seront exposés et donc colonisés contrairement à une fêlure plus parallèle aux tubulis qui en mettra un moins grand nombre à nu et concernera surtout la dentine intertubulaire. De plus, on constate que dans le cas d'une fêlure perpendiculaire aux tubules, les bactéries se dirigent à la fois en direction dentino-pulpaire et amélo-dentinaire.

Figure 27 : mise en évidence au microscope de la progression des bactéries au sein des tubules en présence de fêlures



Source : Ricucci et al., « The cracked tooth : histopathologic and histobacteriologic aspects », 2015

En 1996, Love a réalisé une étude⁴² sur des incisives ayant subi un impact afin d'évaluer la pénétration bactérienne subie par celles-ci et les traits de fêlures dont elles étaient porteuses se sont révélés d'importantes portes d'entrée pour les germes. Les 16 incisives artificiellement traumatisées ont été soumises à une culture de *Streptococcus Gordonii* (germe largement retrouvée dans la plaque dentaire) pendant plusieurs jours et la présence de ces derniers dans l'endodonte a été vérifiée quotidiennement. Des bactéries ont été retrouvées pour trois d'entre elles après seulement deux jours au contact du milieu de culture, ce qui montre la rapidité de progression des germes. De plus, in vitro, les bactéries ne disposent pas de la pression due à la force masticatoire pour progresser à l'intérieur des tubules dentinaires mais sont seulement « poussées » par leur multiplication rapide. Cette étude vient donc confirmer le fait qu'il ne faut pas considérer les fêlures uniquement comme des risques mécaniques mais aussi comme de véritables portes d'entrée microbiennes à étanchéifier sans tarder.

4.1.2. Limite de l'élimination du trait de fêlure

L'objectif de l'élimination du trait de fêlure est double : dans sa partie ouverte sur le milieu buccal cela permet de fermer la voie d'entrée pour les germes du milieu buccal en direction de l'espace pulpaire, et dans sa partie n'ayant pas de communication avec le milieu extérieur et notamment en regard de la chambre pulpaire, cela permet d'évaluer l'implication de la pulpe et donc de statuer sur la nécessité d'un traitement pulpaire ou non.

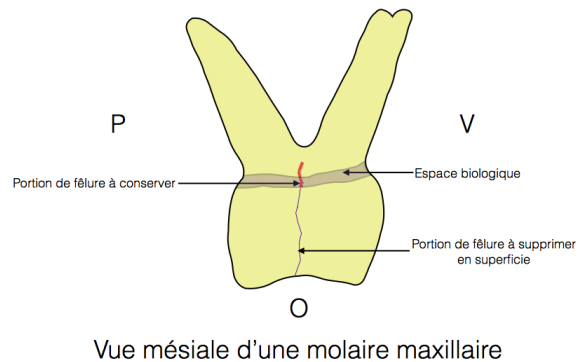
En éliminant la fêlure, on cherche à stopper sa progression mais il convient de trouver un juste milieu dans le retrait du trait de fêlure afin d'obtenir une balance bénéfique/risque convenable en fonction de sa proximité pulpaire ou de son extension radiculaire.

Les recommandations de l'AAE⁴³ différencient deux types d'approche selon la position du trait de fêlure : sur les faces verticales, il conviendra de s'arrêter suffisamment haut par rapport à l'espace biologique pour ne pas compromettre la conservation de la dent tout en limitant au maximum l'entrée des bactéries par le biais de la fêlure, leur élimination totale ne sera pas nécessaire. Concernant les portions des traits de fêlures situées en fond de cavité, l'AAE recommande de ne les supprimer totalement qu'aux endroits qui constitueraient une voie d'accès endodontique idéale afin de juger de l'atteinte pulpaire.

⁴² Love, « Bacterial penetration of the root canal of intact incisor teeth after a simulated traumatic injury ».

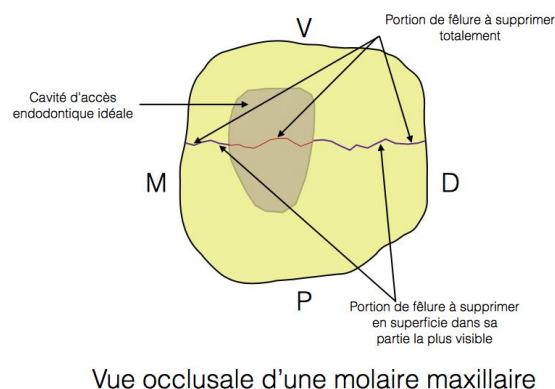
⁴³ American association of endodontists, « Cracking the cracked tooth code : detection and treatment of various longitudinal tooth fractures ».

Figure 28 : vue mésiale schématique d'une molaire maxillaire porteuse de fêlure



Source : Auteur

Figure 29 : vue occlusale schématique d'une molaire maxillaire porteuse de fêlure



Source : Auteur

4.1.3 Obturation de la fêlure

Comme nous l'avons vu précédemment, les fêlures représentent des portes d'entrée très importantes pour les germes, il est donc primordial de les éliminer aux endroits où elles peuvent l'être (cf. schémas précédents). Au terme de cette excavation d'exploration, il est important d'obturer la zone de cette ancienne perte de cohésion puisque, comme nous l'avons vu, chaque fêlure progresse de proche en proche et même si visuellement celle-ci peut paraître totalement éradiquée, il y a un risque qu'un défaut de cohésion en aval subsiste.

L'efficacité du scellement des dents fissurées a été étudiée par Love en 1996⁴⁴, les résultats de ses recherches montrent qu'une fois la résine photopolymérisante non chargée mise en place, aucun passage bactérien dans l'endodonte n'a été remarqué. Le collage semble donc une excellente solution pour créer une barrière étanche contre la pénétration bactérienne.

Conclusion : Les fêlures dentaires constituent des portes d'entrée importantes pour les germes, l'émail et les tubules dentinaires sont alors systématiquement colonisés par les bactéries. Celles-ci progressent vers la pulpe de façon rapide (pression masticatoire et multiplication des colonies) et contribuent à son inflammation.

Dans le cas des dents vitales, la pulpe dispose de barrières de protection pour contrer l'avancée bactérienne : fluide dentinaire, dentine tertiaire et cellules sanguines.

Selon la direction du trait de fêlure, la concentration bactérienne ne sera pas aussi importante (plus grande quantité en cas de défaut perpendiculaire aux tubules).

Concernant l'élimination et l'obturation du trait de fêlure, il est recommandé de les éliminer (sans rechercher leur disparition complète) sur les faces verticales tout en veillant à ne pas compromettre l'espace biologique. L'objectif recherché sur ces zones sera de pouvoir réaliser un scellement amélaire et dentinaire de manière à empêcher la pénétration des germes. De très bons résultats ont été démontrés grâce à l'adhésion.

La suppression complète de la fêlure ne sera à réaliser qu'à l'endroit qui constituerait une cavité d'accès endodontique idéale dans le but de juger l'atteinte potentielle de la chambre pulpaire.

4.2. Retrouver la cohésion dentaire

Dans cette partie nous allons nous pencher sur les solutions qui paraissent les plus appropriées pour palier aux conséquences biomécaniques des fêlures, celles-ci pouvant aboutir à la fracture totale et donc à la non conservabilité de la dent.

Une fois l'étanchéité retrouvée suite à l'élimination du trait de fêlure et au scellement de la zone intéressée par collage, la dernière chose à faire sera de redonner sa cohésion à la dent.

L'élimination de la cause viendra finaliser la prise en charge, dans le cas du bruxisme par exemple, cela passera par la réduction du stress et le port d'une gouttière de protection occlusale pour limiter le plus souvent possible les contraintes supportées par les dents. Pour certains auteurs comme Ratcliff et

⁴⁴ Love, « Bacterial penetration of the root canal of intact incisor teeth after a simulated traumatic injury ».

al.⁴⁵, le simple fait de supprimer les interférences occlusales à l'origine d'une fêlure peut suffire à arrêter sa progression, mais cette solution ne prend pas en compte la dimension biologique évoquée précédemment comme la porte d'entrée bactérienne demeure.

De nos jours, l'adhésion à la dentine et à l'émail étant parfaitement maîtrisées, des solutions peu consommatrices de tissu sont à la disposition des praticiens. Nous allons donc voir ici les formes de restaurations et les matériaux les plus à même de répondre aux impératifs de ces situations.

4.2.1 Risque biomécanique

Plusieurs études ont quantifié la perte de résistance des dents ayant perdu une ou deux crêtes marginales (Reeh et al. 1989⁴⁶, Pantvitsai et Messer 1995⁴⁷). Il en est ressorti que si une crête marginale était détruite, la dent perdait 46% de résistance à l'effet de coin, et cela va jusqu'à une perte de 63% si les deux crêtes n'existent plus.

Nous verrons par la suite les moyens qui s'offrent au praticien pour limiter la progression de la fêlure. Comme nous l'avons vu plus haut, une dent fissurée signifie que ses fragments sont encore reliés par des ligaments amélaire ou dentinaires, et donc si la cohésion est retrouvée en amont de cette perte d'intégrité, le pronostic de la dent va considérablement s'améliorer.

4.2.2 Que choisir entre restauration directe, inlay, onlay ou overlay et quel matériau employer ?

Une étude rétrospective faite par Signore et al. en 2007⁴⁸ et évaluant le taux de succès d'onlays en composite sur une période de 6 ans montre que sur 43 molaires fêlées restaurées par ce type de pièce prothétique, seules 3 ont dû subir une réintervention afin de réaliser le traitement endodontique à cause de sensibilités à la mastication ou au froid qui ne disparaissaient pas. Le pourcentage de succès des onlays en composite établi au terme de cette étude rétrospective était donc de 93,02%. Les causes d'échecs rapportées n'ont ici jamais été mécaniques.

L'étude de Magne et al. réalisée en 2012⁴⁹ avait pour but de comparer la résistance de 40 molaires

⁴⁵ Ratcliff, Becker, et Quinn, « Type and incidence of cracks in posterior teeth ».

⁴⁶ Reeh, Messer, et Douglas, « Reduction in tooth stiffness as a result of endodontic and restorative procedures ».

⁴⁷ Pantvitsai et Messer, « Cuspal deflection in molars in relation to endodontic and restorative procedures ».

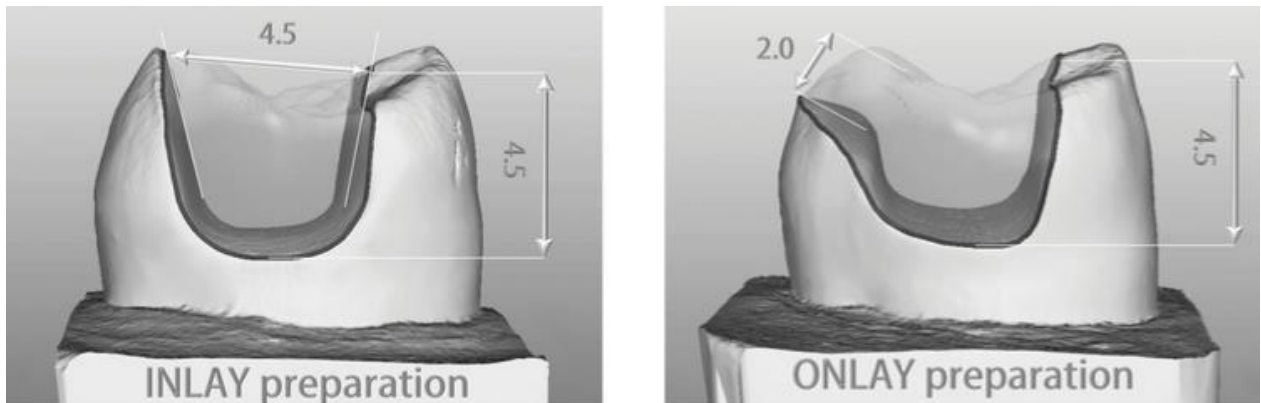
⁴⁸ Signore et al., « A 4- to 6-year retrospective clinical study of cracked teeth restored with bonded indirect resin composite onlays ».

⁴⁹ Magne et al., « Computer-aided-design/computer-assisted-manufactured adhesive restoration of molars with a compromised cusp : effect of fiber-reinforced immediate dentin sealing and cusp overlap on fatigue strength ».

porteurs pour la moitié d'inlays et pour l'autre moitié d'onlays. Celles-ci étaient réalisées par CFAO et en composite.

Cela a permis de se rendre compte qu'aucun inlay n'a pu résister à l'ensemble des cycles de sollicitations alors que les onlays ont permis une nette amélioration de la résistance à la fracture.

Figure 30 : côte des préparations réalisées dans le cadre de l'étude



Source : Magne et al., « Computer-aided-design/computer-assisted-manufactured adhesive restoration of molars with a compromised cusp : effect of fiber-reinforced immediate dentin sealing and cusp overlap on fatigue strength », 2012

Figure 31 : la mise en charge est faite par le biais d'une cuspidie artificielle en composite selon une inclinaison de 30 degrés



Source : Magne et al., « Computer-aided-design/computer-assisted-manufactured adhesive restoration of molars with a compromised cusp : effect of fiber-reinforced immediate dentin sealing and cusp overlap on fatigue strength », 2012

Enfin, en 2008, Opdam et al.⁵⁰ ont réalisé une étude rétrospective sur 7 ans portant sur 40 dents fêlées restaurées pour la moitié d'entre elles avec un recouvrement cuspidien et pour l'autre moitié sans recouvrement, à chaque fois par composite en technique directe. Il en ressort que les restaurations sans recouvrement subissent un taux d'échec annuel de 6% alors que celles avec recouvrement n'en subissent aucun.

Dans l'étude réalisée par Opdam et al.⁵¹ en 2008, sur une période de 7 ans, il apparaît que l'ensemble des symptômes présents initialement sur les dents diagnostiquées comme fêlées ont disparu. Les hypothèses avancées pour expliquer l'efficacité des restaurations en composite dans la disparition des symptômes sont qu'elles permettent une bonne distribution des contraintes de part et d'autre de la fêlure et que la réduction occlusale réalisée permet une moindre sollicitation de la/des cuspide(s) fragilisée(s).

L'efficacité des restaurations directes par composite est largement dépendante de la façon dont elles sont mises en œuvre. La qualité du collage est notamment fortement influencée par l'absence d'humidité permise par la pose de la digue et la mise en place par incréments est primordiale pour ne pas créer de contraintes sur les tissus dentaires au moment de la polymérisation. De plus, une excellente photopolymérisation est gage d'un meilleur vieillissement, de même que le bon état de surface permis par un polissage minutieux. Enfin, l'anatomie de ces composites directs souvent volumineux implique de bonnes compétences de la part du praticien.

La pérennité de ce type de restauration apparaît donc fortement influencée par les compétences de l'opérateur.

Lorsqu'il est employé de manière indirecte, le composite offre de nombreux avantages, à commencer par la parfaite polymérisation de la pièce réalisée avant son collage, ce qui permet une bonne biocompatibilité en raison du faible taux de relargage de monomères et un faible retrait de polymérisation. Son anatomie a beaucoup plus de chances d'être réussie qu'en technique directe et son très bon état de surface rend son vieillissement moins rapide.

Il faudra néanmoins veiller à l'absence totale d'humidité lors du collage grâce à la digue et au bon réglage de l'occlusion pour ne pas solliciter exagérément les structures dentaires déjà fragilisées par la fêlure.

⁵⁰ Opdam et al., « Seven-year clinical evaluation of painful cracked teeth restored with a direct composite restoration ».

⁵¹ Ibid.

Le CVI dans le cas de dents fêlées, n'apparaît pas comme le matériau de choix dans la mesure où il ne présente pas les meilleures valeurs d'adhésion à la dentine et à l'émail et que sa résistance à l'usure est relativement faible. Le seul cas où il paraît judicieux de le mettre en œuvre est quand on est en présence d'une cavité très large et profonde, il sera alors placé en fond de cavité pour limiter la quantité de composite et ainsi réduire le retrait de polymérisation.

Les restaurations en céramique présentent l'avantage de la longévité et de l'esthétique. En effet, leur très bon état de surface demeurera longtemps et les pièces prothétiques seront moins rapidement sujettes à l'usure. La qualité du joint lors du collage sera comme pour les pièces en composite dépendante de l'absence complète d'humidité grâce à la digue.

Cependant, l'usage de la céramique nécessite parfois d'augmenter l'épaisseur des préparations par rapport au composite et par conséquent d'augmenter les pertes de tissu.

L'autre inconvénient de la céramique réside dans le fait qu'en cas d'obligation de réaliser le traitement endodontique, il sera plus difficile d'accéder à la chambre pulpaire à travers ce matériau comparé au composite par exemple.

Enfin, les pièces prothétiques en or permettent de ne préparer que très faiblement la dent et supportent des formes de préparation peu rétentives du fait des moyens adhésifs à notre disposition. Elles disposent d'une très grande longévité et usent très faiblement les antagonistes. Leur principal inconvénient est leur mauvaise esthétique.

Que ce soit en composite, en céramique ou en or, il est également possible de répondre à la problématique de la fêlure par le biais d'un overlay qui permettra d'assurer un cerclage des pans dentaires fragilisés en recouvrant l'ensemble des cuspidés sans pour autant préparer démesurément les tissus dentaires, en restant à distance de la gencive marginale.

4.2.3 Evaluation de la nécessité du traitement endodontique

Au travers des différentes publications portant sur les fêlures dentaires, il ressort une ligne de conduite commune quant au besoin ou non de réaliser un traitement endodontique selon la symptomatologie ou les images découvertes radiographiquement.

Dans les cas où une pulpite réversible est décelée suite à une fêlure, le traitement endodontique sera réalisé seulement si des sensibilités au froid ou à la mastication persistent dans les semaines qui suivent la mise en place de la restauration.

Lorsqu'une pulpite irréversible est diagnostiquée ou que la fêlure a entraîné une nécrose pulpaire, le traitement pulpaire sera alors immédiatement réalisé.

Une étude a été menée par Abbott et Leow en 2009⁵² afin d'évaluer le nombre de cas où le traitement endodontique s'est avéré nécessaire après qu'une pulpite réversible avait été décelée et que la vitalité pulpaire avait été initialement conservée. Sur 100 dent comportant une fêlure, 19 ont nécessité un traitement endodontique (15 dans les 3 mois et 4 dans les 5 ans) dû à la progression de la fêlure pour 2 dents, à l'existence d'une carie profonde pour 4 dents et à l'obligation de mettre en place un tenon pour 9 dents. Cela tend à montrer que la conservation de la vitalité pulpaire ne pose aucun problème dans 80% des cas de fêlures dentaires et donc que la dévitalisation ne doit pas être réalisée « dans le doute ».

L'étude de Krell et Rivera en 2007⁵³ a conclu au même pourcentage de traitement endodontique réalisé suite au diagnostic de pulpite réversible causé par une fêlure (environ 20%) lorsqu'un recouvrement par couronne a été réalisé.

Le recouvrement complet par couronne ne constitue plus à l'heure actuelle la thérapeutique de référence en présence d'une fêlure dentaire compte tenu de l'important délabrement coronaire qu'il engendre et des progrès faits en matière d'adhésion à l'émail et à la dentine.

De plus, en cas de réintervention pour réaliser le traitement endodontique, il sera beaucoup plus aisé de passer à travers puis de réparer un onlay ou un overlay en composite.

4.2.4 Emploi de la technique de Dahl dans le cas de dents fissurées

Certains auteurs emploient la méthode de l'attelle de composite d'environ 1,5mm d'épaisseur placée sur la surface occlusale de la dent fêlée et sur le premier tiers des surfaces vestibulaires/linguales/palatines, en légère suroclusion. Celle-ci a un double rôle, elle limite la mobilité des fragments dentaires et permet une égression des dents collatérales et antagonistes, ce qui laissera un espace suffisant pour mettre en place un élément prothétique tout en limitant la perte tissulaire due à la préparation de la dent. De plus, cette attelle de composite étanchéifie le défaut grâce à l'adhésion. C'est également une aide au diagnostic puisque l'attelle pourra permettre d'éliminer dans certains cas les symptômes dus à la fêlure, cela rejoint d'une certaine façon l'immobilisation permise par la bague de cuivre évoquée précédemment.

Cette méthode a été étudiée par Banerji et al. en 2014⁵⁴ de façon rétrospective, 151 patients présentant une fêlure coronaire ont été traités par attelle de composite (20 patients ont nécessité un

⁵² Ibid.

⁵³ Krell et Rivera, « A six year evaluation of cracked teeth diagnosed with reversible pulpitis : treatment and prognosis ».

⁵⁴ Banerji et al., « A multi-centred clinical audit to describe the efficacy of direct supra-coronal splinting : a minimally invasive approach to the management of cracked tooth syndrome ».

traitement endodontique en raison d'une absence de diminution des symptômes ou ont vu leur fêlure se propager jusqu'aux tissus parodontaux et ont donc du quitter l'étude) et il s'est avéré d'une part que dans 86,7% des 131 cas, les patients étaient débarrassés de leurs sensibilités au contrôle à 3 mois et d'autre part que pour 128 des 131 patients une égression des dents collatérales et antagonistes avait bien été obtenue. Les contacts postérieurs ont été rétablis dans les trois mois qui ont suivi la mise en place de l'attelle en composite.

Cette méthode présente l'avantage de l'économie tissulaire mais implique de laisser des fêlures au contact du milieu buccal pendant toute la période d'égression des dents collatérales et antagonistes. Le rapport bénéfice/risque est donc à bien mesurer et il pourra être avantageux de supprimer la portion de fêlure non recouverte par le composite de surélévation, en proximal par exemple, et d'y placer un composite afin de créer une barrière étanche à la pénétration bactérienne. La réalisation de ce type d'attelle ne sera pas possible en présence d'un potentiel éruptif limité, par exemple si des implants se trouvent en bouche ou dans le cas de bridges. Les patients souffrant de troubles articulaires ou de parodontite non stabilisée devront voir dans un premier temps ces pathologies résolues avant d'entamer cette thérapeutique.

Une fois celle-ci achevée, l'espace prothétique obtenu permet de redonner sa résistance à la dent par recouvrement de la face occlusale quasiment sans préparation.

Figure 32 : réalisation d'une attelle en composite sur une seconde molaire mandibulaire



Source : Banerji et al., Banerji et al., « A multi-centred clinical audit to describe the efficacy of direct supra-coronal splinting : a minimally invasive approach to the management of cracked tooth syndrome », 2014

Conclusion : une fois le trait de fêlure supprimé et l'obturation faite, le moment vient de redonner à la dent sa cohésion.

La résistance mécanique de la dent se trouve fortement diminuée lorsqu'une voire deux crêtes marginales ont disparu, les progrès en matière d'adhésion permettent d'envisager des restaurations peu délabrantes et redonnant de la résistance à la dent.

Les restaurations indirectes paraissent offrir les meilleurs résultats surtout lorsque les cuspidés

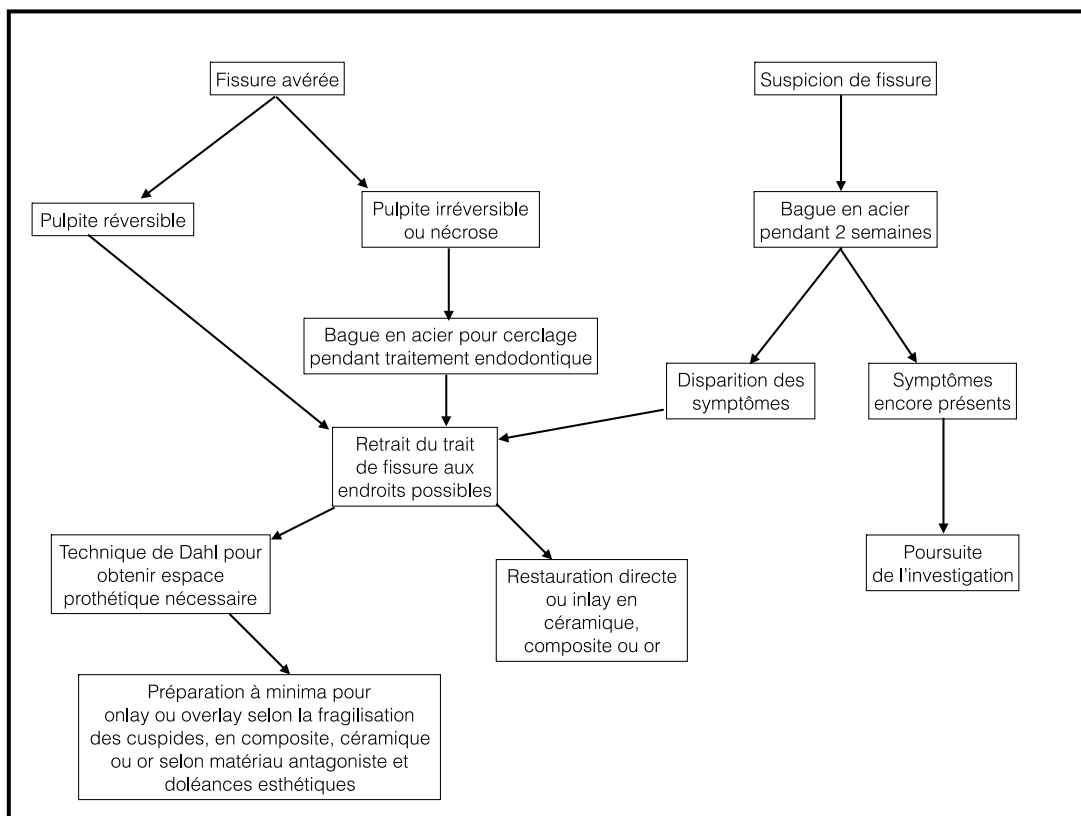
fragilisées sont recouvertes au moyen d'un onlay.

Les restaurations directes sont elles aussi susceptibles d'offrir de bons résultats mais sont très largement dépendantes des compétences du praticien.

Le traitement endodontique ne sera réalisé qu'en cas de pulpite irréversible, de nécrose pulpaire ou de persistance de sensibilités au froid après deux à trois semaines suite au diagnostic d'une pulpite réversible.

L'emploi de la technique de Dahl par mise en place d'un composite de surélévation sur la dent fêlée semble produire de bons résultats mais ne bénéficie pas encore de nombreuses illustrations dans la littérature.

Figure 33 : schéma récapitulatif de la prise en charge d'une fêlure



Source : Auteur

Conclusion

De leur détection à leur prise en charge thérapeutique, les fêlures peuvent s'avérer compliquées pour le clinicien. De plus en plus de moyens diagnostics sont à notre disposition pour faciliter leur diagnostic et venir en recours des moyens habituels lorsque le dépistage se montre plus ardu. La radiographie tridimensionnelle offre ainsi de grandes possibilités de mise en évidence et peut être utilisée couramment dans ce type de situation.

Pour nombre de praticiens, les fêlures restent avant tout une problématique mécanique avec un risque d'évolution vers la fracture et par conséquent vers une possible compromission de la dent.

Cependant, comme nous avons pu le voir, de plus en plus d'études ont permis de mettre en évidence qu'un risque biologique pulpaire est également présent dans ce type de situation. En sachant cela, les protocoles de prise en charge sont à faire évoluer afin de prendre en compte cette dimension et de limiter les risques encourus par le complexe pulpaire. Les moyens techniques à la disposition des praticiens ne cessent de s'améliorer et permettent de répondre pleinement aux impératifs de ce type de cas clinique, notamment avec l'adhésion qui, tout en rendant sa cohésion à la dent avec une préparation peu délabrante, va pouvoir assurer l'étanchéification amélo-dentinaire dont on a vu toute l'importance précédemment.

Certaines situations à risque sont à repérer en amont de l'apparition des défauts, par exemple lorsque l'on se trouve en présence de restaurations non collées volumineuses sur des dents à risque comme dans le cas des molaires mandibulaires. Ainsi, il pourra être avantageux d'envisager la dépose préventive de celles-ci afin de les remplacer par des matériaux adhésifs.

Bibliographie

- Abbott, P., et N. Leow. « Predictable management of cracked teeth with reversible pulpitis ». *Australian dental journal* 54, n° 4 (2009): 306- 15. doi:10.1111/j.1834-7819.2009.01155.x.
- American association of endodontists. « Cracking the cracked tooth code : detection and treatment of various longitudinal tooth fractures », 2008. <http://www.aae.org/publications-and-research/endodontics-colleagues-for-excellence-newsletter/cracking-the-cracked-tooth-code--detection-and-treatment-of-various-longitudinal-tooth-fractures.aspx>.
- Arola, D., J. Reid, M. E. Cox, D. Bajaj, N. Sundaram, et E. Romberg. « Transition behavior in fatigue of human dentin : structure and anisotropy ». *Biomaterials* 28, n° 26 (2007): 3867- 75. doi:10.1016/j.biomaterials.2007.05.001.
- Bajaj, D., et D. D. Arola. « On the R-curve behavior of human tooth enamel ». *Biomaterials* 30, n° 23- 24 (2009): 4037- 46. doi:10.1016/j.biomaterials.2009.04.017.
- Banerji, S., S. B. Mehta, T. Kamran, M. Kalakonda, et B. J. Millar. « A multi-centred clinical audit to describe the efficacy of direct supra-coronal splinting : a minimally invasive approach to the management of cracked tooth syndrome ». *Journal of dentistry* 42, n° 7 (2014): 862- 71. doi:10.1016/j.jdent.2014.02.017.
- Barani, A., A. J. Keown, M. B. Bush, J. J.-W. Lee, H. Chai, et B. R. Lawn. « Mechanics of longitudinal cracks in tooth enamel ». *Acta biomaterialia* 7, n° 5 (2011): 2285- 92. doi:10.1016/j.actbio.2011.01.038.
- Bechtle, S., T. Fett, G. Rizzi, S. Habelitz, A. Klocke, et G. A. Schneider. « Crack arrest within teeth at the dentinoenamel junction caused by elastic modulus mismatch ». *Biomaterials* 31, n° 14 (2010): 4238- 47. doi:10.1016/j.biomaterials.2010.01.127.
- Bonamy, D., et E. Bouchaud. « La rupture du verre au travers d'un microscope ». *Reflète de la physique*, n° 2 (2006): 5- 8. doi:10.1051/refdp/2006004.
- Brown, W. S., H. R. Jacobs, et R. E. Thompson. « Thermal fatigue in teeth ». *Journal of dental research* 51, n° 2 (1972): 461- 67.
- Chai, H., J. J.-W. Lee, P. J. Constantino, P. W. Lucas, et B. R. Lawn. « Remarkable resilience of teeth ». *Proceedings of the National academy of sciences of the United States of America* 106, n° 18 (2009): 7289- 93. doi:10.1073/pnas.0902466106.
- Chai, H., J. J.-W. Lee, et B. R. Lawn. « Fracture of tooth enamel from incipient microstructural defects ». *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials* 3, n° 1 (2010): 116- 20. doi:10.1016/j.jmbbm.2009.08.002.
- Hasan, S., K. Singh, et N. Salati. « Cracked tooth syndrome : overview of literature ». *International journal of applied & basic medical research* 5, n° 3 (2015): 164- 68. doi:10.4103/2229-516X.165376.
- Hiatt, W. H. « Incomplete crown-root fracture in pulpal-periodontal disease ». *Journal of periodontology* 44, n° 6 (1973): 369- 79. doi:10.1902/jop.1973.44.6.369.
- Imbeni, V., J. J. Kruzic, G. W. Marshall, S. J. Marshall, et R. O. Ritchie. « The dentin-enamel junction and the fracture of human teeth ». *Nature materials* 4, n° 3 (2005): 229- 32. doi:10.1038/nmat1323.
- Ivancik, J., et D. D. Arola. « The importance of microstructural variations on the fracture toughness of human dentin ». *Biomaterials* 34, n° 4 (2013): 864- 74. doi:10.1016/j.biomaterials.2012.10.032.
- Kang, S. H., B. S. Kim, et Y. Kim. « Cracked teeth : distribution, characteristics, and survival after root canal treatment ». *Journal of endodontics* 42, n° 4 (2016): 557- 62. doi:10.1016/j.joen.2016.01.014.

- Kim, S.-Y., S.-H. Kim, S.-B. Cho, G.-O. Lee, et S.-E. Yang. « Different treatment protocols for different pulpal and periapical diagnoses of 72 cracked teeth ». *Journal of endodontics* 39, n° 4 (2013): 449- 52. doi:10.1016/j.joen.2012.11.052.
- Krell, Keith V., et Eric M. Rivera. « A six year evaluation of cracked teeth diagnosed with reversible pulpitis : treatment and prognosis ». *Journal of endodontics* 33, n° 12 (2007): 1405- 7. doi:10.1016/j.joen.2007.08.015.
- Lee, S.-H., J.-J. Lee, H.-J. Chung, J.-T. Park, et H.-J. Kim. « Dental optical coherence tomography : new potential diagnostic system for cracked-tooth syndrome ». *Surgical and radiologic anatomy* 38, n° 1 (2016): 49- 54. doi:10.1007/s00276-015-1514-8.
- Love, R. M. « Bacterial penetration of the root canal of intact incisor teeth after a simulated traumatic injury ». *Endodontics & dental traumatology* 12, n° 6 (1996): 289- 93.
- Magne, P., L. L. Boff, E. Oderich, et A. C. Cardoso. « Computer-aided-design/computer-assisted-manufactured adhesive restoration of molars with a compromised cusp : effect of fiber-reinforced immediate dentin sealing and cusp overlap on fatigue strength ». *Journal of esthetic and restorative dentistry* 24, n° 2 (2012): 135- 46. doi:10.1111/j.1708-8240.2011.00433.x.
- Magne, P., et T. Oganessian. « CT scan : based finite element analysis of premolar cuspal deflection following operative procedures ». *International journal of periodontics & restorative dentistry* 29, n° 4 (2009): 360- 69.
- Milicich, G., et J. T. Rainey. « Clinical presentations of stress distribution in teeth and the significance in operative dentistry ». *Practical periodontics and aesthetic dentistry* 12, n° 7 (2000): 695- 700.
- Nalla, R. K., J. H. Kinney, et R. O. Ritchie. « Effect of orientation on the in vitro fracture toughness of dentin : the role of toughening mechanisms ». *Biomaterials* 24, n° 22 (2003): 3955- 68.
- Nazari, A., D. Bajaj, D. Zhang, E. Romberg, et D. Arola. « Aging and the reduction in fracture toughness of human dentin ». *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials* 2, n° 5 (2009): 550- 59. doi:10.1016/j.jmbbm.2009.01.008.
- Opdam, Niek J. M., Joost J. M. Roeters, Bas A. C. Loomans, et Ewald M. Bronkhorst. « Seven-year clinical evaluation of painful cracked teeth restored with a direct composite restoration ». *Journal of endodontics* 34, n° 7 (2008): 808- 11. doi:10.1016/j.joen.2008.04.011.
- Pandurić, V., M. Mrakužić, Z. Tarle, D. Katanec, K. Prskalo, B. Janković, et D. Gabrić Pandurić. « The prevalence of proximal fractures of dental crowns with amalgam fillings ». *Collegium antropologicum* 33, n° 2 (2009): 449- 53.
- Pantvisai, P., et H. H. Messer. « Cuspal deflection in molars in relation to endodontic and restorative procedures ». *Journal of endodontics* 21, n° 2 (1995): 57- 61. doi:10.1016/S0099-2399(06)81095-2.
- Qian, Y., X. Zhou, et J. Yang. « Correlation between cuspal inclination and tooth cracked syndrome : a three-dimensional reconstruction measurement and finite element analysis ». *Dental Traumatology* 29, n° 3 (2013): 226- 33. doi:10.1111/j.1600-9657.2012.01160.x.
- Ratcliff, S., I. M. Becker, et L. Quinn. « Type and incidence of cracks in posterior teeth ». *The journal of prosthetic dentistry* 86, n° 2 (2001): 168- 72. doi:10.1067/mpr.2001.116578.
- Reeh, E. S., H. H. Messer, et W. H. Douglas. « Reduction in tooth stiffness as a result of endodontic and restorative procedures ». *Journal of endodontics* 15, n° 11 (1989): 512- 16. doi:10.1016/S0099-2399(89)80191-8.
- Ricucci, D., J. F. Siqueira, S. Loghin, et L. H. Berman. « The cracked tooth : histopathologic and histobacteriologic aspects ». *Journal of endodontics* 41, n° 3 (2015): 343- 52. doi:10.1016/j.joen.2014.09.021.
- Rosen, H. « Cracked tooth syndrome ». *The journal of prosthetic dentistry* 47, n° 1 (1982): 36- 43. doi:10.1016/0022-3913(82)90239-6.
- Seo, D.-G., Y.-A. Yi, S.-J. Shin, et J.-W. Park. « Analysis of factors associated with cracked teeth ». *Journal of endodontics* 38, n° 3 (2012): 288- 92. doi:10.1016/j.joen.2011.11.017.

- Sheets, C. G., D. L. Stewart, J. C. Wu, et J. C. Earthman. « An in vitro comparison of quantitative percussion diagnostics with a standard technique for determining the presence of cracks in natural teeth ». *The journal of prosthetic dentistry* 112, n° 2 (2014): 267- 75.
doi:10.1016/j.prosdent.2014.02.020.
- Shimada, Y., A. Sadr, Y. Sumi, et Junji Tagami. « Application of optical coherence tomography (oct) for diagnosis of caries, cracks, and defects of restorations ». *Current oral health reports* 2, n° 2 (2015): 73- 80. doi:10.1007/s40496-015-0045-z.
- Signore, A., S. Benedicenti, U. Covani, et G. Ravera. « A 4- to 6-year retrospective clinical study of cracked teeth restored with bonded indirect resin composite onlays ». *International journal of prosthodontics* 20, n° 6 (2007): 609- 16.
- Yahyazadehfar, M., J. Ivancik, H. Majd, B. An, D. Zhang, et D. Arola. « On the mechanics of fatigue and fracture in teeth ». *Applied mechanics reviews* 66, n° 3 (2014): 0308031-3080319.
doi:10.1115/1.4027431.

Table des figures

Figure 1 : coupe microscopique de l'initiation puis de la progression vers la surface amélaire de fêlures prenant naissance à la jonction amélo-dentinaire au niveau des « tufts » et longeant les prismes d'émail au sein de la gaine protéique	7
Figure 2 : schéma de progression de la fêlure dans l'émail externe et dans l'émail interne.....	8
Figure 3 : mise en évidence au microscope du phénomène de pontage amélaire lors d'une fêlure	8
Figure 4 : fêlures longitudinales radiales (R) ou marginales (M).....	9
Figure 5 : mise en évidence au microscope d'une fêlure étendue au-delà de la jonction amélo-dentinaire	11
Figure 6 : progression d'une fêlure dans la dentine interne.....	13
Figure 7 : progression d'une fêlure dans la dentine externe	14
Figure 8 : mise en évidence de l'initiation d'une fêlure par un amalgame en contact avec la dentine	14
Figure 9 : état de surface d'une berge dentinaire suite à une fracture complète perpendiculaire aux tubules.....	15
Figure 10 : état de surface d'une berge dentinaire suite à une fracture complète parallèle aux tubules	16
Figure 11 : test de résistance dentinaire en fonction de la taille de la fêlure et de l'orientation des tubules.....	17
Figure 12 : mise en évidence au microscope du phénomène de pontage d'une fêlure dentinaire	17
Figure 13 : mise en évidence d'une fêlure de la crête marginale d'une molaire mandibulaire en présence d'un amalgame occlusal.....	19
Figure 14 : Schéma d'une fêlure cuspidienne	20
Figure 15 : mise en évidence d'une fêlure coronaire reconnaissable à sa position centrale	21
Figure 16 : schéma de progression de la fêlure coronaire jusqu'à la fêlure verticale	21
Figure 17 : mise en lien de l'angulation cuspidienne et de la propension à la fracture	26
Figure 18 : localisation des cavités lors des tests de résistance de l'étude	28
Figure 19 : mise en œuvre du Tooth Slooth lors du diagnostic.....	35
Figure 20 : utilisation du cône-beam dans la mise en évidence de fêlures	36
Figure 21 : utilisation de la cohérence optique en tomographie dans la mise en évidence de fêlures	37
Figure 22 : mise en évidence de fêlures longitudinales parcourant le fond de cavité après dépose de restauration	38

Figure 23 : réalisation du test de coloration avec l'aide de révélateur de plaque.....	39
Figure 24 : mise en évidence d'une fêlure sur une prémolaire maxillaire par transillumination	40
Figure 25 : mise en évidence au microscope d'une fêlure	40
Figure 26 : mise en place d'une bague en acier dans le cadre d'une fêlure sur prémolaire maxillaire afin de confirmer un diagnostic	41
Figure 27 : mise en évidence au microscope de la progression des bactéries au sein des tubules en présence de fêlures	44
Figure 28 : vue mésiale schématique d'une molaire maxillaire porteuse de fêlure	46
Figure 29 : vue occlusale schématique d'une molaire maxillaire porteuse de fêlure.....	46
Figure 30 : côte des préparations réalisées dans le cadre de l'étude	49
Figure 31 : la mise en charge est faite par le biais d'une cuspide artificielle en composite selon une inclinaison de 30 degrés.....	49
Figure 32 : réalisation d'une attelle en composite sur une seconde molaire mandibulaire.....	53
Figure 33 : schéma récapitulatif de la prise en charge d'une fêlure	54

Table des tableaux

Tableau 1 : récapitulatif des mécanismes de défense au sein de la dent grâce aux tissus et à leur organisation.....	22
Tableau 2 : Ages de survenue des pertes d'intégrité dentaires.....	25
Tableau 3 : dents statistiquement les plus atteintes	27
Tableau 4 : comparatif des propriétés des matériaux de restauration et de celles des tissus dentaires	30
Tableau 5 : statistiques des pertes d'intégrité en fonction du matériau de restauration	31

Vu, le Directeur de thèse

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

Docteur Franck DECUP

Professeur Louis MAMAN

Vu, le Président de l'Université Paris Descartes

Professeur Frédéric DARDEL

Pour le Président et par délégation,

Le Doyen Louis MAMAN

Fêlures coronaires amélo-dentaires et conséquences cliniques

Résumé :

La fêlure amélo-dentinaire représente une difficulté diagnostique et de prise en charge. Dans une première partie, ce travail analyse le processus d'initiation et de progression des fêlures et les différents mécanismes tissulaires dentaires pour limiter les pertes d'intégrité.

La prévalence est étudiée dans la deuxième partie.

Puis les outils et les techniques de diagnostic sont répertoriés en dégagant objectifs et protocoles. Dans la dernière partie, les conséquences biologiques en lien avec les risques de pathologies pulpaires et les conséquences biomécaniques sont analysées. Les traitements proposés sont discutés en fonction des objectifs thérapeutiques d'étanchéification du complexe dentino-pulpaire et de restitution de la cohésion de la dent au moyen de techniques le plus souvent adhésives. Certains protocoles originaux sont également exposés.

Discipline :

Odontologie conservatrice

Mots clés fMesh et Rameau :

Fissure dentaire -- Dissertations universitaires ; Couronne dentaire -- Dissertations universitaires ; Dents -- Lésions et blessures -- Thèses et écrits académiques ; Restauration dentaire -- Thèses et écrits académiques

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