

Creative commons : Paternité - Pas d'Utilisation Commerciale -
Pas de Modification 2.0 France (CC BY-NC-ND 2.0)



<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/fr>

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD-LYON I

U.F.R. D'ODONTOLOGIE

Année 2015

THESE N° 2015 - 038LYO 1D

T H E S E

POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement le : 08 / 07 / 2015

par

FRANCOIS Tibère

Né le 14 avril 1990, à Angers (49)

Gestion des fractures instrumentales en endodontie.

JURY

Monsieur le Professeur Jean-Christophe MAURIN

Président

Monsieur le Docteur François VIRARD

Assesseur

Monsieur le Docteur Christophe JEANNIN

Assesseur

Madame le Docteur Anne BARBIER

Assesseure

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON I

Président de l'Université	M. le Professeur F-N. GILLY
Vice-Président du Conseil d'Administration	M. le Professeur H. BEN HADID
Vice-Président du Conseil Scientifique et de la Commission de Recherche	M. le Professeur P-G. GILLET
Vice-Président du Conseil des Etudes et de la Vie Universitaire et de la Commission de la Formation et de la Vie Universitaire	M. le Professeur P. LALLE
Directeur Général des Services	M. A. HELLEU

SECTEUR SANTE

Comité de Coordination des Etudes Médicales	Président : M. le Professeur F-N. GILLY
Faculté de Médecine Lyon Est	Directeur : M. le Professeur. J. ETIENNE
Faculté de Médecine et Maïeutique Lyon-Sud Charles Mérieux	Directeur : Mme la Professeure C. BURILLON
Faculté d'Odontologie	Directeur : M. le Professeur D. BOURGEOIS
Institut des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques	Directrice : Mme la Professeure C. VINCIGUERRA
Institut des Sciences et Techniques de la Réadaptation	Directeur : M. le Professeur Y. MATILLON
Département de Formation et Centre de Recherche en Biologie Humaine	Directrice : Mme la Professeure A.M. SCHOTT

SECTEUR SCIENCES ET TECHNOLOGIES

Faculté des Sciences et Technologies	Directeur : M. F. DE MARCHI, Maître de Conférences
--------------------------------------	---

UFR des Sciences et Techniques des
Activités Physiques et Sportives

Directeur : M. Y. VANPOULLE, Professeur
Agréé

Institut Universitaire de Technologie Lyon 1

Directeur : M. le Professeur C. VITON

Ecole Polytechnique Universitaire
de l'Université Lyon 1

Directeur : M. P. FOURNIER

Institut de Science Financière et d'Assurances

Directeur : M. N. LEBOISNE, Maître de
Conférences

Ecole Supérieure du Professorat et de l'Education
(ESPE)

Directeur : M. le Professeur A.
MOUGNIOTTE

Observatoire de Lyon

Directeur : M. B. GUIDERDONI, Directeur
de Recherche CNRS

Ecole Supérieure de Chimie Physique Electronique

Directeur : M. G. PIGNAULT

FACULTE D'ODONTOLOGIE DE LYON

Doyen : M. Denis BOURGEOIS, Professeur des Universités
Vice-Doyen : Mme Dominique SEUX, Professeure des Universités
Vice-Doyen : M. Stéphane VIENNOT, Maître de Conférences
Vice-Doyen Etudiant : Mlle DARNE Juliette

SOUS-SECTION 56-01:

PEDODONTIE

Professeur des Universités : M. Jean-Jacques MORRIER
Maître de Conférences : M. Jean-Pierre DUPREZ

SOUS-SECTION 56-02 :

ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE

Maîtres de Conférences : Mme Sarah GEBEILE-CHAUTY, Mme Claire
PERNIER,

SOUS-SECTION 56-03 :

PREVENTION – EPIDEMIOLOGIE ECONOMIE DE LA SANTE – ODONTOLOGIE LEGALE

Professeur des Universités M. Denis BOURGEOIS
Professeur des Universités Associé : M. Juan Carlos LLODRA CALVO
Maître de Conférences M. Bruno COMTE

SOUS-SECTION 57-01 :

PARODONTOLOGIE

Maîtres de Conférences : Mme Kerstin GRITSCH, M. Philippe RODIER,
Maître de Conférences Associé : NIHTILA Annamari

SOUS-SECTION 57-02 :

**CHIRURGIE BUCCALE - PATHOLOGIE ET
THERAPEUTIQUE
ANESTHESIOLOGIE ET REANIMATION**

Maître de Conférences :

Mme Anne-Gaëlle CHAUX-BODARD, M. Thomas FORTIN, M. Jean-Pierre FUSARI

SOUS-SECTION 57-03 :

SCIENCES BIOLOGIQUES

Professeur des Universités :

M. J. Christophe FARGES

Maîtres de Conférences :

Mme Odile BARSOTTI, Mme Béatrice RICHARD,
Mme Béatrice THIVICHON-PRINCE, M. François
VIRARD

SOUS-SECTION 58-01 :

**ODONTOLOGIE CONSERVATRICE -
ENDODONTIE**

Professeur des Universités :

M. Pierre FARGE, M. Jean-Christophe MAURIN,
Mme Dominique SEUX

Maîtres de Conférences :

Mme Marion LUCCHINI, M. Thierry SELLI, M.
Cyril VILLAT

SOUS-SECTION 58-02 :

PROTHESE

Professeurs des Universités :

M. Guillaume MALQUARTI, Mme Catherine
MILLET

Maîtres de Conférences :

M. Christophe JEANNIN, M. Renaud NOHARET, M.
Gilbert VIGUIE, M. Stéphane VIENNOT, M. Bernard
VINCENT

SOUS-SECTION 58-03 :

**SCIENCES ANATOMIQUES ET
PHYSIOLOGIQUES OCCLUSODONTIQUES,
BIOMATERIAUX, BIOPHYSIQUE,**

RADIOLOGIE

Professeur des Universités :

Mme Brigitte GROSGOGEAT, M. Olivier ROBIN

Maîtres de Conférences :

M. Patrick EXBRAYAT, Mme Sophie
VEYRE-GOULET

Maître de Conférences Associé :

AYARI Hanène

SECTION 87 :

SCIENCES BIOLOGIQUES FONDAMENTALES ET CLINIQUES

Mme Florence CARROUEL

Remerciements :

A notre président et directeur de thèse :

Monsieur le Professeur Jean-Christophe MAURIN

Professeur des Universités à l'UFR d'Odontologie de Lyon

Praticien-Hospitalier

Docteur en Chirurgie Dentaire

Maîtrise en Sciences Biologiques et Médicales

Diplôme d'Etudes Approfondies

Docteur de l'Université Claude Bernard Lyon 1

Habilitation à Diriger des Recherches

Vous m'avez fait l'honneur de diriger ma thèse, vous avez été extrêmement disponible et de précieux conseils dans l'élaboration de ce travail.

Pour votre pédagogie, votre compétence à nous enseigner votre savoir et à améliorer notre pratique en endodontie tout au cours de cette cinquième année durant laquelle j'ai eu le plaisir de travailler à vos côtés.

Soyez assuré de l'expression de mes remerciements les plus sincères et de mon profond respect.

A notre jury de thèse :

Monsieur le Docteur François VIRARD

Maître de Conférences à l'UFR d'Odontologie de Lyon

Praticien-Hospitalier

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur de l'Université Lyon I

*Nous vous remercions de bien vouloir faire partie de
notre jury de thèse.*

*Pour votre conception de la pédagogie et les
connaissances que vous nous avez apportées, soyez
assurée de notre gratitude et de nos sincères
remerciements.*

A notre jury de thèse :

Monsieur le Docteur Christophe JEANNIN

Maître de Conférences à l'UFR d'Odontologie de Lyon

Praticien-Hospitalier

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur de l'Institut National Polytechnique de Grenoble

Vous me faites l'honneur d'accepter de juger ce travail.

Soyez assurée de notre sincère reconnaissance et veuillez trouver ici l'expression de notre profond respect pour l'attention que vous portez à vos étudiants et l'immense qualité de votre enseignement qui fait de vous un exemple pour vos pairs et vos étudiants.

A notre jury de thèse :

Madame le Docteur Anne BARBIER

Assistant hospitalo-universitaire au CSERD de Lyon

Ancien Interne en Odontologie

Docteur en Chirurgie Dentaire

*Nous vous remercions chaleureusement d'avoir
accepté de juger ce travail.*

*Veuillez trouver ici, l'assurance de nos sentiments les
meilleurs et de notre vive reconnaissance.*

PLAN :

INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 : DIFFERENTS TYPES D'INSTRUMENTS	2
1. Les instruments en acier inoxydable	
1.1. Les limes manuelles K, H, broches et tire-nerf	
1.2. Les lentulos et thermo compacteur	
2. Les instruments nickel titane	3
2.1. Introduction	
2.2. Alliages	
2.3. Formes	
CHAPITRE 2 : LES CAUSES DE FRACTURE	5
1. Mécanisme de la fracture instrumentale	
1.1. Propriétés de l'alliage nickel/titane	
1.2. Fracture par torsion	6
1.3. Fracture par fatigue	7
1.4. Influence de la fatigue sur la résistance à la torsion et inversement	
2. Anatomie pulpo-radicaire	
2.1. Calcification canalaire	
2.2. Courbure canalaire	
3. Liés aux instruments	8
3.1. Diamètre et conicité instrumentale	
3.2. Forme en coupe transversale	9
3.3. Différents alliages	10
3.3.1. SuperElastic Wire™	
3.3.2. M-Wire™	
3.3.3. Blue Technology™	
3.3.4. R-Phase Technology™	11
3.3.5. Controlled Memory™	12
3.4. Traitements de surface	
3.4.1. L'électropolissage	
3.4.2. Les traitements thermiques	14
3.5. Les profils instrumentaux	15
3.6. Inspection visuelle	16
3.6.1. Aide clinique à la détection des défauts	
3.6.2. Microscope électronique à balayage	
4. Corrosion et solutions d'irrigation	17
4.1. Solution, surfactants	
4.2. Conséquences sur la fracture instrumentale	18
5. Instrumentation et expérience du praticien	19
5.1. Instrumentation	
5.2. Expérience	20
6. Mouvement de rotation continue/Mouvement de réciprocité.	
7. Cycles de stérilisations	21
CHAPITRE 3 : LES TECHNIQUES DE DEPOSE	22
1. La situation clinique	

2. Diverses issues	23
2.1. Le succès	
2.1.1. La dépose	
2.1.2. Le « by-pass »	
2.2. L'échec	
2.2.1. Le fragment est laissé in-situ	
2.2.2. Les complications iatrogènes	
3. Aides visuelles	
3.1. Les loupes	
3.2. Les microscopes opératoires	24
4. Méthodes de retrait orthograde	25
4.1. Le « by-pass »	
4.2. Les ultrason	
4.2.1. Les inserts ultrasonores	
4.2.2. Les techniques de dépose	26
4.3. Les extracteurs	27
4.3.1. La technique de Masserann	
4.3.2. Le système Endo Extractor®	29
4.3.3. Le système Endo Safety®	
4.3.4. Extracteurs utilisant des systèmes adhésifs	30
4.3.4.1. Le système Cancellier de SybronEndo®	
4.3.4.2. Le S.I.R. : Separated Instrument Removal®	
4.3.4.3. Le kit Endo extractor de Brasseler	31
4.3.5. Le système Endo Rescue® (Komet™)	
4.4. Techniques alternatives	32
4.4.1. Technique à tube et lime.	
4.4.2. Le Canal-Finder system®	33
4.4.3. Utilisation d'agents chimiques	
4.4.4. Le laser	34
4.4.5. La braiding technique	
4.4.6. La technique du lasso	
4.5. Techniques anecdotiques	
4.5.1. Extraction et réimplantation	
4.5.2. Le cône de gutta ramollie au chloroforme	35
5. La chirurgie endodontique	36
5.1. Généralités	
5.2. La dépose de fragments	
CHAPITRE 4 : PREVALENCE, TAUX DE SUCCES ET D'ECHECS	37
1. Prévalence.	
1.1. Etude 1	
1.2. Etude 2	
1.3. Etude 3	
2. Prévalence en usage unique	
2.1. Etude 4	
2.2. Etude 5	38
3. Taux de succès des déposes instrumentales	
4. Taux de succès des traitements après échec à la dépose	39

4.1. Dent saine, dent infectée	
4.2. Avancée du traitement canalaire	40
5. Le rapport bénéfice/risque	
5.1. Localisation du fragment	41
5.2. L'anatomie radiculaire et diamètre du fragment	
5.3. Technique de dépose aux ultrasons	42
6. Arbre décisionnel	43
7. Prévention	45
6.1. Expérience du praticien et méthodes d'instrumentations	
6.2. Les limes rotatives de petites limes	
6.3. L'usage unique	
6.4. Les micromoteurs et le mouvement de réciprocité	
6.5. Les vitesses de rotation et le torque	46
8. Aspect médico-légal	
CONCLUSION	47
BIBLIOGRAPHIE	49
TABLE DES MATIERES	54

INTRODUCTION

L'endodontie est par définition la discipline de l'odontologie qui concerne la prévention, le diagnostic et le traitement des maladies de la pulpe et des infections périradiculaires associées. Le traitement endodontique a donc pour objectif de traiter les maladies de la pulpe et du périapex, transformant ainsi une dent pathologique en une entité saine, asymptomatique et fonctionnelle.

L'endodontie est une discipline ayant beaucoup évolué ces dernières années. Différentes innovations ont profondément transformé sa pratique dans les cabinets dentaires. Parmi elles, l'utilisation des alliages en nickel-titane a permis la fabrication de limes endodontiques dont les propriétés mécaniques ont révolutionné l'étape de la mise en forme canalaire. Grâce aux propriétés de superélasticité conférées par ces alliages, ces limes permettent une mise en forme conique des canaux tout en respectant leur anatomie. De plus, le geste endodontique a été considérablement simplifié en mécanisant l'utilisation de ces instruments.

L'apparente simplicité apportée par ces nouvelles techniques a réconcilié le praticien avec la pratique de l'endodontie. Les multiples systèmes de limes rotatives en nickel-titane sont aujourd'hui utilisés dans tous les cabinets dentaires. Néanmoins, ce nouvel alliage présente un risque augmenté de fracture instrumentale. Ce phénomène est en partie dû à ses propriétés mécaniques et à son utilisation mécanisée. Une telle situation peut compromettre la qualité et le taux de succès des traitements endodontiques. La gestion des fractures instrumentales représente donc un véritable défi pour le praticien.

Actuellement, différents outils ont été développés afin de résoudre ces situations cliniques. Ainsi, le microscope opératoire est considéré comme l'élément nécessaire et indispensable dans la mise en œuvre des techniques de dépose instrumentale. En permettant une visualisation directe de l'instrument fracturé, il a contribué à l'amélioration de ces techniques en augmentant leur taux de succès.

Le but de ce travail est donc de faire le point sur les différentes solutions permettant au praticien de gérer les fractures instrumentales survenant au cours des traitements endodontiques. Afin de mieux se prémunir face aux fractures instrumentales, les causes des fractures seront passées en revue. Une mise au point sera faite sur les avancées techniques effectuées par les fabricants dans le processus de conception des limes en nickel-titane. Par la suite, nous décrirons les techniques de déposes instrumentales anciennes et « actuelles ». Leur efficacité et les risques dus à leur utilisation seront également exposés. Enfin, nous nous intéresserons à la prévalence des fractures instrumentales

dans la pratique de l'endodontie ainsi qu'aux conséquences répercutées sur les taux de succès des traitements canaux.

CHAPITRE 1 : DIFFERENTS TYPES D'INSTRUMENTS

1. Les instruments en acier inoxydable

1.1. Les limes manuelles K, H, broches et tire-nerf

Les limes de Hedström (limes H) ou racleurs sont obtenus à partir d'une matrice ronde usinée. Les arêtes de coupe sont vives. Elle est utilisée dans un mouvement de traction pure.

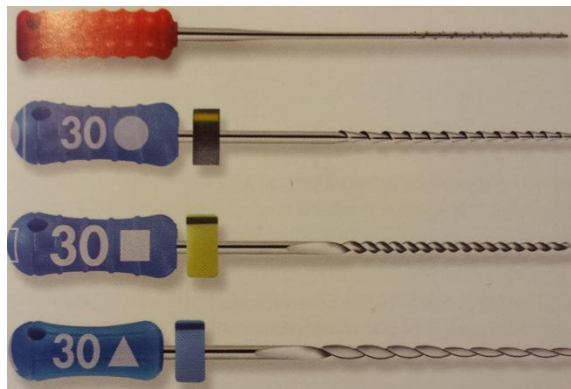


Figure 1 : de haut en bas : tire-nerf, lime H, lime K et broche (1)

Les limes K sont fabriquées à partir d'une matrice le plus souvent carrée. Elles sont aussi triangulaires ou losangiques torsadées. Elles travaillent par des mouvements de traction ou des mouvements mixtes, de traction/rotation.

Les broches sont torsadées à partir d'une matrice triangulaire. Le pas d'hélice est plus grand que pour les limes K, ce qui implique de les utiliser principalement avec une dynamique de rotation.

Le tire-nerf présente une section en étoile. Il présente un grand risque de fracture intra-canaire. Son utilisation n'est plus recommandée dans les enseignements en faculté d'odontologie (1).

1.2. Les lentulos et thermo compacteur

Les lentulos et thermocompacteurs sont utilisés lors de l'obturation canalaire. Ils possèdent un pas inversé par rapport aux limes manuelles.



Figure 2 : lentulo (1)

2. Les instruments nickel titane

2.1. Introduction

Le nickel titane a été introduit en endodontie en France en 1996. Les limes en nickel titane ont apporté une évolution importante à l'endodontie. Elles possèdent des propriétés de super élasticité et de mémoire de forme, leur permettant de négocier les courbures canalaire et de préparer les canaux tout en respectant l'anatomie canalaire (2).

2.2. Alliages

L'alliage utilisé pour la fabrication des limes était alors le Nitinol. Le Nitinol est un alliage à base de 55 % de Nickel (Ni) et de 45 % de Titane (Ti) en poids. Mais au niveau atomique, l'alliage contient autant d'atomes de titane que d'atomes de nickel, il est dit équiatomique. Comme tous les alliages, le Nitinol peut sous certaines conditions modifier le type de ses liaisons interatomiques et donc exister sous des formes cristallographiques différentes possédant chacune des propriétés mécaniques spécifiques (3).

Le Nitinol, de son nom commercial Nitinol SE508, a été déposé par Nitinol Devices & Components, Inc, Fremont, CA. Aussi appelé Nickel-Titane SuperElastic (SE) wire, cet alliage est obtenu après par une série de cuisson suivi par un traitement thermique à basse température. Ces méthodes de traitement ultra précises permettent de contrôler les températures de transition des alliages et leur microstructure, dont dépend le comportement mécanique des alliages (4).

Dans le but d'améliorer les propriétés des alliages nickel-titane, une méthode brevetée de traitement thermomécanique du 508 Nitinol wire a été développée. Son nom breveté est le M-Wire®. Il donne aux limes une plus grande flexibilité ainsi qu'une plus grande résistance à la fatigue cyclique (5). Les instruments tels que le ProFile Vortex®, le ProTaper Next®, le Wave-One® et le Reciproc® sont fabriqués à partir de cet alliage.

2.3. Formes

En France, une dizaine de systèmes rotatifs en nickel-titane SuperElastic sont commercialisés :

- MAILLEFER™ : ProFile® et ProTaper®
- MICROMEGA™ : HERO 642®, HERO Shaper® et RevoS®

- Dentsply VDW™ : FlexMaster® et MTwo®
- FKG™ : RaCe®
- KOMET™ : AlphaKite®
- SybronEndo™ : K3® et Twisted Files®

Ces systèmes possèdent deux caractéristiques communes : l'alliage qui les compose et des conicités élevées. Cependant, tous diffèrent par leur angle d'hélice, leur pas d'hélice et leur section. Ces profils leur confèrent des propriétés propres comme la flexibilité, l'efficacité de coupe, l'effet de vissage.

Le ProTaper® est le seul à posséder une conicité variable sur une même lime alors que tous les autres ont une conicité constante (comprise entre 2 et 8%).

Le système RaCe® possède un pas d'hélice interrompue alors que les autres sont à pas ininterrompu.

Les instruments Twisted Files® sont les seuls à être torsadés alors que tous les autres sont usinés (1).

Avec l'arrivée du nouvel alliage NiTi M-Wire, de nouveaux systèmes rotatifs aux propriétés mécaniques améliorées ont été créés. Deux d'entre eux sont connus pour leur utilisation en mouvement réciproque : le Wave-One® (Dentsply-Maillefer™) et le Reciproc® (VDW™). Les limes utilisant le mouvement de réciprocité ont un pas d'hélice inversés par rapport aux autres systèmes. Leur mouvement de coupe s'effectue dans le sens antihoraire.

CHAPITRE 2 : LES CAUSES DE FRACTURE

1. Mécanisme de la fracture instrumentale

1.1. Propriétés de l'alliage nickel/titane

Les alliages en nickel-titane sont utilisés en endodontie pour leurs propriétés remarquables de superélasticité. L'alliage nickel titane des limes utilisées en endodontie peuvent exister sous différentes phases. Leur organisation atomique peut s'effectuer selon une phase appelée austénite ou phase austénite. Les atomes sont alors dispersés selon une organisation cubique décalée. Ces mêmes atomes peuvent également s'organiser en phase martensitique, ou martensite, qui est une phase monoclinique, cf. fig.3 (6).

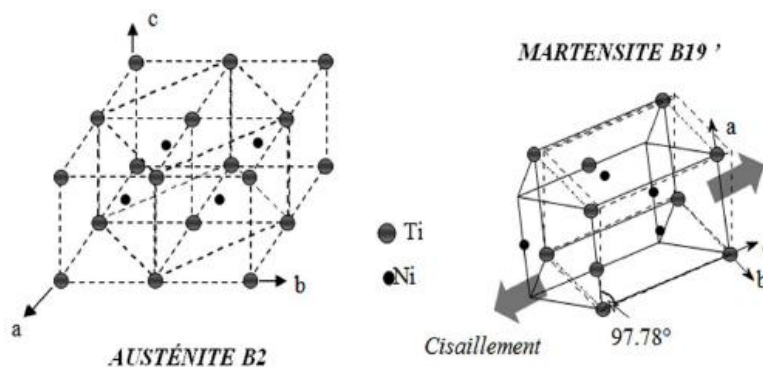


Figure 3 : structure de l'austénite et de la martensite d'un alliage NiTi (6).

La transformation de la phase austénitique en phase martensitique est appelée transformation martensitique. Elle est caractérisée par un déplacement collectif et coopératif des atomes, inférieur à la distance interatomique (de l'ordre du dixième de la distance interatomique). Chaque atome se déplace vers une nouvelle position grâce au déplacement des atomes voisins (6).

A température ambiante, l'alliage est à l'état austénitique. La transformation martensitique peut être induite soit thermiquement (par abaissement de température), soit mécaniquement (par l'application d'une contrainte) (7). La déformation sous contrainte s'exerce tout d'abord dans le domaine de déformation élastique de l'austénite. Puis la contrainte atteignant une valeur critique, une formation de martensite est alors induite sous contrainte. La phase martensitique possède des propriétés de superflexibilité supérieure à celles de l'austénite. Une contrainte importante peut donc provoquer la transformation martensitique à une température correspondant à la phase austénitique. Pendant ces phases de transformation, les deux phases coexistent au sein du même matériau (6).

Durant la transformation martensitique, aucune variation de la composition chimique et du degré d'ordre atomique n'est observée. La formation de la phase martensitique n'entraîne alors que des déformations élastiques donc réversibles. On parle de **transformation martensitique thermoélastique**. Elle possède un caractère de réversibilité non seulement au sens chimique mais aussi au sens microstructurel. Si la contrainte cesse, il y a réversion totale de la martensite vers l'austénite jusqu'à une déformation nulle puisque à la température clinique, c'est la structure austénite qui est stable (6).

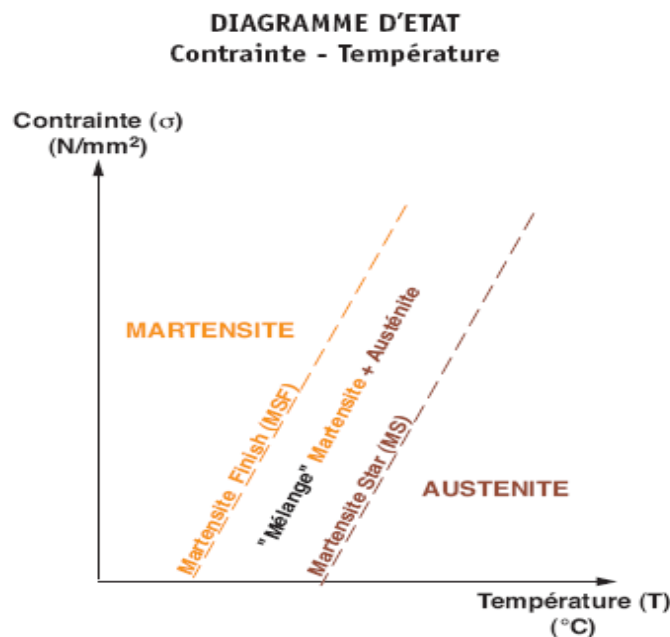


Figure 4 : diagramme d'état pour la transition austénite/martensite (8).

Lors de traitements thermiques spécifiques, une troisième phase, intermédiaire, la phase R, peut également être impliquée dans la transformation martensitique. Cette phase supplémentaire peut, dans certaines conditions de température et de contrainte, précéder l'apparition de la phase martensitique. Cette phase-R est de symétrie rhomboédrique :

Phase Austénitique $\Leftrightarrow$ Phase-R $\Leftrightarrow$ Phase Martensitique (8).

Par exemple, le SuperElastic Wire™ possède une structure austénitique. En revanche, le M-Wire™ présente une phase austénitique prédominante associée à une structure martensitique et une phase R en plus faible proportion (2).

1.2. Fracture par torsion

Lorsque la lime est engagée dans un canal de diamètre inférieur, elle peut se bloquer et subir dans un premier temps une déformation élastique. Si la torsion s'arrête, la lime peut reprendre sa forme initiale. Mais si la torsion est maintenue, la déformation devient permanente, la lime atteint sa

limite de déformation élastique, et l'instrument se fracture. Ce mode de fracture est aussi appelé fracture ductile (1).

L'augmentation du diamètre d'une lime, de sa conicité et donc de la masse centrale de l'instrument, augmente sa résistance à la torsion (9).

1.3. Fracture par fatigue

La fracture par fatigue cyclique est liée à la courbure canalaire et au rayon de courbure. Dans un canal courbé, l'alliage de la lime en rotation subit un cycle de tension/compression dont les forces sont maximales lorsque le rayon de courbure est faible. La variation incessante de ses contraintes entraîne une fatigue du métal et une accumulation des variations de martensite. Cette accumulation conduit à la fracture par fatigue cyclique (10).

Plus la masse centrale d'une lime est faible, plus elle sera résistante à la fatigue cyclique. Pour une lime de gros diamètre, les cycles de tension/compression sont de plus grande amplitude et la fatigue est plus importante (1).

En clinique, bien que les fractures résultent le plus souvent d'un mélange entre torsion et fatigue, l'effet de torsion est généralement largement prédominant dans la survenue des fractures (9,11).

1.4. Influence de la fatigue sur la résistance à la torsion et inversement.

La sensibilité à la fracture en fatigue cyclique est augmentée pour un instrument ayant préalablement subi un effet de torsion, même pour des valeurs de torsion faibles. En revanche, les forces exercées en fatigue cyclique doivent être très élevées pour entraîner un impact sur la résistance des limes à la torsion. Cet effet est plus marqué pour les limes à alliage amélioré comme les K3XF® (Sybron Endo™) conçues avec la technologie R-phase™ (12).

Des résultats identiques ont été retrouvés avec les limes Typhoon CM®. Une importante fatigue cyclique préalable est nécessaire pour diminuer la résistance à la torsion de ces limes (13).

2. Anatomie pulpo-radulaire

2.1. Calcification canalaire

Dans un canal calcifié, ou lorsque la lumière canalaire est réduite, la surface de contact entre la lime et les parois canales augmente. La friction exercée peut entraîner le vissage et le blocage de la lime. Si la lime continue sa rotation, la fracture par torsion intervient (1).

2.2. Courbure canalaire

Jintao et coll. ont trouvé une différence statistiquement significative pour les fractures instrumentales survenant dans les molaires mandibulaires et maxillaires par rapport aux autres dents. La fréquence la plus importante est observée dans les canaux mésio-vestibulaires des molaires maxillaires, lesquels présentent en moyenne les plus grandes courbures radiculaires.

Parmi les fractures répertoriées, 54,3 % interviennent dans des canaux ayant une courbure supérieure à 25° (cf. tableau 1). 100 % des limes de finition ProTaper® ont fracturé dans le tiers apical. En effet, le tiers apical constitue la zone où se situent les plus grandes courbures. Le canal est étroit, et les subdivisions canalaire sont nombreuses et complexes.

Ces différentes conditions augmentent la surface de contact entre les lames de la lime et la dentine radiculaire, engendrant une contrainte qui s'oppose à la rotation de la lime. La fatigue et la torsion s'exercent simultanément sur la lime, expliquant aussi l'augmentation des fractures instrumentales observées à ce niveau (14).

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

Tableau 1 : Pourcentage de fracture instrumentale suivant de degré de courbure canalaire (14).

La zone de fracture intervient le plus souvent au niveau du point de plus grande courbure canalaire, dans la zone où le rayon de courbure est le plus petit (7).

Le risque de fracture augmente également avec l'augmentation de la courbure canalaire et la vitesse de rotation de la lime. Plus la vitesse est grande, plus les cycles de tension/compression s'enchainent rapidement. Un angle de courbure plus important augmente l'intensité des forces, conduisant l'instrument aux limites de sa fatigabilité et donc à sa rupture (15,16).

3. Liés aux instruments

3.1. Diamètre et conicité instrumentale

Une étude a été conduite sur les fractures des instruments de type ProTaper Universal® dans le traitement de 2654 dents correspondant à plus de 6000 canaux. Elle démontre une plus grande prévalence des fractures par fatigue cyclique pour les limes de type F3, suivi par les F2. Les résultats montrent que plus une lime est de diamètre et de conicité élevés, plus elle est plus rigide. Sa résistance à la fatigue cyclique est donc diminuée, entraînant une augmentation de fracture. Différentes études démontrent une augmentation significative des fractures des instruments F3 à partir de la cinquième

utilisation. A l'inverse, les limes de plus petit diamètre sont plus résistantes à la fatigue en comparaison à celles de plus gros diamètre (17,14).

File size	Separation number	Number of teeth (%)	Number of canals (%)
SX	2	873 (0.2)	2070 (0.1)
S1	16	2654 (0.6)	6154 (0.3)
S2	10	2654 (0.4)	6154 (0.2)
F1	11	2654 (0.4)	6154 (0.2)
F2	20	2654 (0.8)	6154 (0.3)
F3	11	1257 (1.0)	2856 (0.4)
Total	70	2654 (2.6)	6154 (1.1)

Tableau 2 : Pourcentage de fracture suivant le type d'instrument utilisé (14).

En revanche, les limes de petit diamètre sont plus susceptibles à la fracture par torsion. A niveau de torque égal, une lime de faible diamètre fracture plus rapidement qu'une lime de diamètre supérieur (19). De la même façon, plus le blocage de la lime s'effectue proche de la pointe, plus le risque de fracture est grand. Si elle se bloque en deçà de la pointe, dans une zone où le diamètre est plus grand, la force nécessaire à la rupture est plus importante. C'est la raison pour laquelle des fragments de petite taille sont principalement retrouvés dans les canaux (20).

La résistance à la fatigue cyclique augmente parallèlement à la diminution de la conicité. Pour des limes de même marque et de même diamètre apical, des limes de conicité 4% sont plus résistantes à la fatigue cyclique que les limes de conicité 6% (20).

La conicité d'une lime est corrélée à son diamètre. A diamètre de pointe égale, une lime de conicité supérieure possède un diamètre plus important sur le reste de la lime, la fatigue cyclique est donc augmentée.

Les canaux ont des conicités faibles. Les limes de faible conicité ont tendance à travailler au niveau de la pointe, alors que les limes à forte conicité travaillent plus coronairement. Lors d'une fracture par torsion, les fragments de limes en nickel-titane sont donc généralement vissés dans les parois canalaire au niveau de leur partie la plus coronaire. Ceci a une influence sur la gestion du retrait des fragments de limes en nickel-titane (21).

3.2. Forme en coupe transversale.

A diamètre égale, deux limes peuvent avoir une surface de section transversale différente. Les limes de type RaCe® ont une section triangulaire et de surface inférieure aux limes ProFiles®, lesquelles ont une section en U avec méplats radiants. Cette géométrie confère une résistance à la fatigue et à la torsion plus importante pour les limes Profile® en comparaison aux limes RaCe® (10).



Figure 5 : section des limes RaCe®, ProFile® et ProTaper Next® (22, 23, 24).

De même, la forme rectangulaire du ProTaper Next® observée en coupe transversale lui confère une meilleure résistance à la torsion par augmentation de sa surface (25).

En conclusion, plus l'âme centrale de l'instrument est importante, plus la résistance à la torsion augmente (26).

3.3. Différents alliages.

3.3.1. SuperElastic Wire™

L'alliage nickel-titane le plus connu et le plus utilisé depuis les débuts de l'instrumentation en nickel-titane en endodontie est le NiTi SuperElastic Wire (SE). Cet alliage est issu d'un processus de fabrication à froid. Les limes classiques sont fabriquées par usinage sans traitement thermique spécifique. Par ce procédé l'alliage perd une partie de ses propriétés de superélasticité et de mémoire de forme (27).

3.3.2. M-Wire™

En 2007, Tusla Dental Specialties™ introduit un nouvel alliage, le M-Wire. Il est le produit d'un traitement thermique complexe alternant cuissons et refroidissements permettant d'améliorer les propriétés de superélasticité (28). Depuis, toutes les études réalisées sur cet alliage sont en accord sur le fait qu'il augmente la résistance à la fatigue cyclique des instruments endodontiques ainsi que leur flexibilité (5,29). Ces propriétés améliorées résulteraient de la plus grande proportion de martensite dans les alliages en M-Wire.

3.3.3. Blue Technology™

Peu de temps après, Tusla Dental Specialties™ a breveté une autre technique de traitement thermique du nickel-titane : la Blue technology™ à l'origine des limes Vortex Blue®. Une étude compare la résistance à la fatigue cyclique des limes du système ProTaper Universal® (SE Wire™), le

ProTaper Next® (M-Wire™) et le Vortex Bleu® (Blue Technology™). Le traitement des limes Vortex Blue® résulte en une couleur de surface bleuté due à une mince couche de titane oxydé. Ce traitement leur confère une plus grande résistance à la fatigue cyclique par rapport aux limes ProTaper Next® (17). Cependant, le profil des instruments n'est pas pris en compte dans cette étude.

Une étude a analysé 4 limes produites avec 4 matériaux différents. Afin de comparer les propriétés mécaniques des matériaux, les 4 limes sont fabriquées avec le même profil correspondant à celui d'une lime ProFile Vortex® de conicité de 6%.

- La Blue Technology™,
- L'alliage M-Wire™,
- Le SuperElastic NiTi Wire™,
- Et l'acier inoxydable.

Les résultats ont montré que les limes produites avec la Blue Technology™ possède toujours les meilleures propriétés de résistance à la fatigue et de flexibilité, suivi par le M-Wire, le SuperElastic Wire et l'acier inoxydable. Pour les tests de résistance à la torsion et de dureté, l'acier inoxydable arrive en tête suivi par le M-Wire™. Les limes produites avec la Blue Technology™ et en SE Wire™ montrent une résistance à la torsion et une dureté moindre. Il semble donc que les nouveaux alliages issus de la Blue Technology™ et du M-Wire™ apportent des améliorations aux propriétés physiques des limes. L'alliage Blue Technology™ fournit une plus grande résistance à la fatigue que le M-Wire (30).

3.3.4. R-Phase Technology™

Sybron Endo a mis au point avec les limes K3-XF® un nouvel alliage. Il procède d'un traitement thermique breveté caractérisé par une partie plus importante de cristaux en phase R. Une étude montre que les qualités de résistance à la fatigue cyclique ont été augmentées par rapport à son prédécesseur le K3® fabriqué avec l'alliage SuperElastic. La résistance à la torsion n'a pas été modifiée (31).

Une autre étude compare deux types de limes issues d'une ancienne génération : le ProFile® et le K3® conçus en alliage SuperElastic Wire, avec des limes nouvelles génération : le ProFile Vortex® (M-Wire™), le Vortex Blue® (Blue technology™) et le K3-XF® (R-Phase technology™). Les tests de résistance à la fatigue ainsi que l'analyse calorimétrique différentielle indiquent une plus grande résistance pour les limes Vortex Blue®. Les limes ProFile Vortex® sont légèrement moins résistantes. Enfin, les résultats n'ont pas démontré de résistance à la fatigue cyclique significativement plus élevée pour les limes K3-XF® en comparaison aux limes conventionnelles (20). Les températures de transformation de phases des alliages M-Wire™, et Blue Technology™ sont plus élevées que celles

des alliages classiques. Les limes contiennent donc une plus grande part de cristaux en phase martensitique à la température de travail, améliorant les qualités mécaniques des limes (28).

3.3.5. Controlled Memory™

Le Controlled Memory Wire™ (CM) est également un alliage breveté récemment et permettant de produire des limes avec une mémoire de forme. Les limes Typhoon Infinite Flex® (Clinician's Choice™) et les limes HyFlex® (ColteneEndo™) sont issues de cette technologie. Cet alliage contient le plus faible taux de nickel (autour de 52%), par rapport aux alliages conventionnels (54 à 57%). Cette particularité lui procure une plus grande flexibilité. Il subit également des étapes de traitements thermiques spécifiques. Ses propriétés mécaniques sont proches de celles des alliages M-Wire™ et Blue Technology™. Les températures de transformation austénitique sont également plus élevées (55°C) en comparaison aux alliages classiques (SE). A température corporelle, les limes contiennent donc elles aussi une plus grande quantité de martensite (32).

Face à la fatigue cyclique, les limes Typhoon Infinite Flex® ont une résistance supérieure aux limes Typhoon produites avec l'alliage SuperElastic Wire. Le nombre de cycles avant rupture est 7 fois supérieur pour les limes en CM en comparaison aux alliages classiques. Cependant, la résistance à la torsion reste identique entre les deux alliages (13).

Deux études ont montré qu'un cycle de stérilisation subit par les limes Hy-Flex® permettait aux instruments déformés de retrouver leur forme initiale. L'augmentation de la température dans l'autoclave permet un remaniement de l'alliage sensé revenir à son état initial. Les résultats ont montré que plus de 50 % des instruments déformés retrouvent leur forme originelle. Mais la plupart des instruments de petite taille restent déformés (33,34).

En conclusion, les différentes études démontrent que la Blue technology™ apporte une plus grande résistance à la fatigue cyclique que tout autre alliage. Le M-Wire très populaire dans les cabinets dentaires (Reciproc®, Wave One®, ProFile Vortex®, ProTaper Next®...) présente aussi de bonnes caractéristiques de résistance à la fatigue cyclique et un peu en torsion. Très peu d'études portent sur l'alliage Controlled Memory, moins connu du monde dentaire. Il semble néanmoins posséder de bonnes propriétés de résistance à la fatigue cyclique. Par contre, aucun alliage actuel n'apporte de réelle amélioration à la résistance en torsion par rapport à l'acier inoxydable.

3.4. Traitements de surface

3.4.1. L'électropolissage

Une étude a montré que la plupart des limes, même neuves, présentent à leur surface des micros pores et souvent des inclusions dans ces pores. Les inclusions sont des déchets détachés de la lime elle-même : des oxydes de NiTi et des carbides de titane. Elles présentent également des cavités et des rainures pouvant servir de lieu de concentration du stress à l'origine de l'initiation des fractures. Toutes les analyses fractographiques de surface des limes fracturées montrent des initiations de fissure au niveau d'imperfections (15). Des traitements de surfaces permettant un meilleur polissage pourraient donc être efficaces pour augmenter la résistance à la fatigue cyclique des limes, comme l'électropolissage.

Les études portant sur le sujet sont contradictoires. Toutes trouvent que l'électropolissage donne un aspect particulièrement lisse aux limes, cf. fig. 6. Une étude a montré que l'électropolissage n'améliorait pas la résistance à la fatigue cyclique (20). Cependant, toutes les limes analysées sont issues de différentes marques possédant différents profils et différents alliages. Une autre étude n'a trouvé aucune différence de résistance entre les limes électropolies ou non (10, 20, 35). Les tests ont été effectués sur des limes ayant été plongées entre une et deux heures dans de l'hypochlorite de sodium à 5%, chauffée ou à température ambiante. Or, ces conditions ne sont pas représentatives de l'usage des limes en pratique.

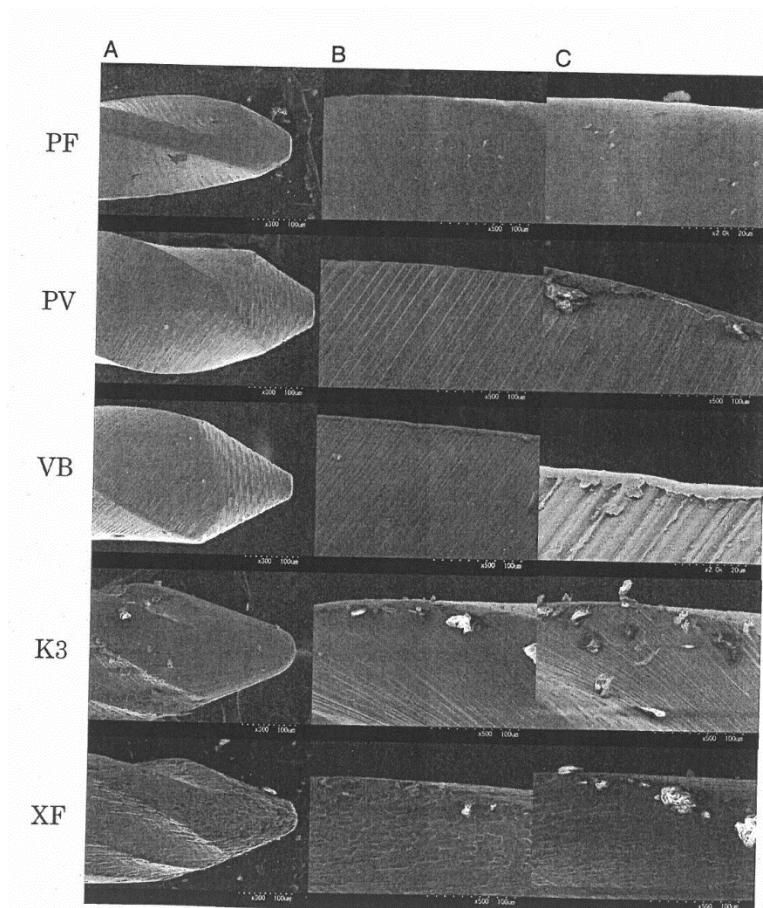


Figure 6 : vues en microscopie électronique à balayage des surfaces des limes ProFile® électropolies (PF), ProFile Vortex® (PV), Vortex Blue® (VB), K3® (K3) et KA-XF® (XF) (20).

Une autre étude a testé la résistance à la fatigue cyclique de limes électropolies utilisées en immersion dans une solution d'hypochlorite de sodium à 1,2%. Des limes de mêmes modèles, électropolies ou non ont été comparées. Les résultats ont montré que la fatigue cyclique était significativement diminuée pour les limes électropolies comparées aux limes non-électropolies. (36). D'autres auteurs ont également montré que la résistance à la fatigue cyclique des limes électropolies était diminuée. De plus, ce traitement serait sans effet sur la résistance à la torsion (35).

Si l'électropolissage permet l'amélioration de l'aspect de surface des limes, l'augmentation de la résistance à la fatigue cyclique reste controversée. Les techniques d'électropolissage doivent donc être améliorées, et d'autres traitements de surface doivent être développés.

3.4.2. Les traitements thermiques

En 2006, une étude a été effectuée sur la nitruration à haute température. Les limes sont exposées à du gaz d'ammoniac (NH_3) à un flux de 100ml/min et à une température élevée. Les atomes

d'azote se lient aux atomes de titane, donnant une mince couche de nitrure de titane superficielle. C'est un procédé de traitement de surface rendant la surface des limes plus dure. Les limes ainsi traitées prennent une couleur dorée plus ou moins foncée suivant la température utilisée durant le traitement de surface.

Ce procédé confère une plus grande efficacité de coupe et une résistance à l'usure supérieure à celle des limes non traitées. L'électropolissage apporte également une meilleure efficacité de coupe. Mais la nitruration à haute température apporte une résistance supérieure à l'usure. Les limes électropolies présentent des fissures et des trous à leur surface après plusieurs utilisations, tandis que celles traitées par nitruration restent intactes. A partir de 300°C, les propriétés mécaniques décroissent (37).

Ce procédé n'était alors qu'à l'étude. Actuellement, les limes AlphaKite® (Komet™) subissent ce traitement de surface (38).

De façon à améliorer les propriétés mécaniques des limes, une étude a testé le procédé de traitement thermique breveté par SybronEndo™ sur les limes K3®. Les limes modifiées sont les limes « K4 ». Ce traitement est également utilisé pour les limes Twisted Files® après le processus d'usinage des rainures.

Les résultats de cette étude ont montré une augmentation de la résistance à la fatigue cyclique et de la flexibilité des limes K4 par rapport aux limes K3 d'origine. Ces améliorations sont le résultat exclusif du traitement thermique. Ce procédé permet la formation d'une fine couche de martensite superficielle, connue pour ses propriétés d'élasticité supérieures à l'austénite. Le traitement permettrait aussi de recristalliser la surface des limes, lesquelles présentent de nombreuses irrégularités de surface après usinage (39).

3.5. Les profils instrumentaux

Le système Revo-S® de MicroMega™ présente une face décalée. Les contraintes sont ainsi réparties en différents points de l'instrument tout au long de sa rotation limitant ainsi l'effet de vissage. Les limes ProTaper Next® utilisent le même principe. Le centre désaxé pourrait être un facteur de diminution de la fatigue de l'instrument. Il permet également une meilleure répartition des contraintes et la lime travaille par contacts ponctuels avec les parois radiculaires. Le phénomène de vissage et d'aspiration, et par conséquent le risque de fracture par torsion, sont ainsi diminués (19).

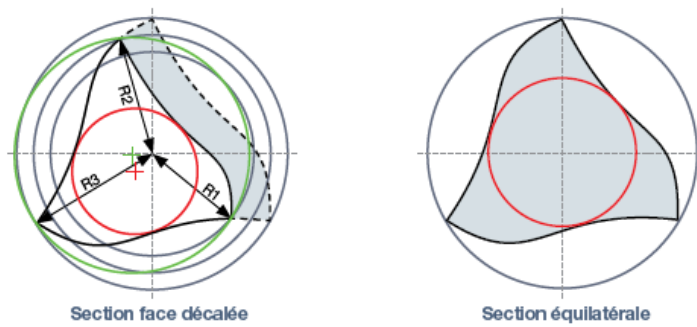


Figure 7 : Face décalée d'une lime Revo-S® (40)

Le pas interrompu des limes RaCe® permettrait également de limiter l'effet de vissage de la lime dans les canaux étroits, limitant ainsi le risque de fracture par torsion.

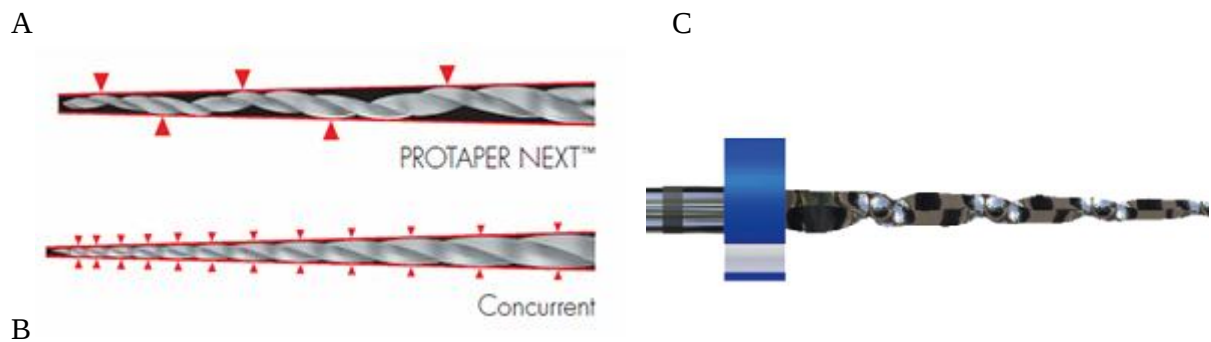


Figure 8 : profils des limes ProTaper Next® (A) lime classique (B) et RaCe® (C) (22, 24)

3.6. Aide clinique à la détection des défauts

3.6.1. Inspection visuelle

Entre chaque passage de lime, le praticien doit vérifier l'état de la lime, dans le but de détecter un début de déformation. Un début de dés spiralisation, une lime nickel titane courbée ou une lime ayant perdu un fragment sont des défauts visibles à l'œil nu. Les instruments pourront être ainsi écartés afin d'éviter la fracture de l'instrument (14).

3.6.2. Microscope électronique à balayage

En microscope électronique, les signes typiques de fracture par torsion peuvent être visualisés. Des abrasions circulaires et des orifices proches du centre de rotation sont observés, cf. fig 10 (9,25). La détorsion des rainures peut aussi être objectivée. Tous les traits de fracture partent d'un défaut d'usinage de l'alliage, cf. fig. 9. L'état de surface des limes prend alors toute son importance (16). Cependant, le microscope électronique n'étant pas utilisé en pratique clinique pour détecter les limes abîmées, des précautions doivent être prises quant au nombre d'utilisation de chaque lime.

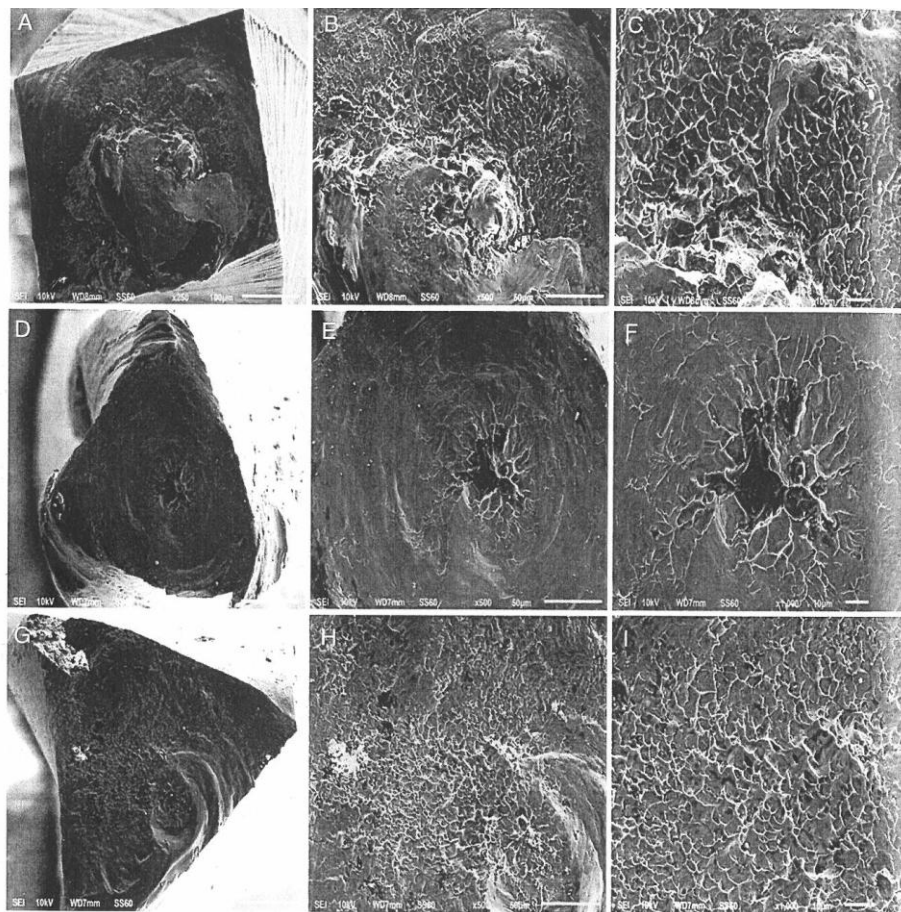


Figure 9 : Vue en microscopie électronique montrant les marques typiques d'une fracture par torsion : fossettes proche du centre et des stries d'abrasions circulaires. (A-C) PTN, (D-F) TF, (G-I) RC (25).

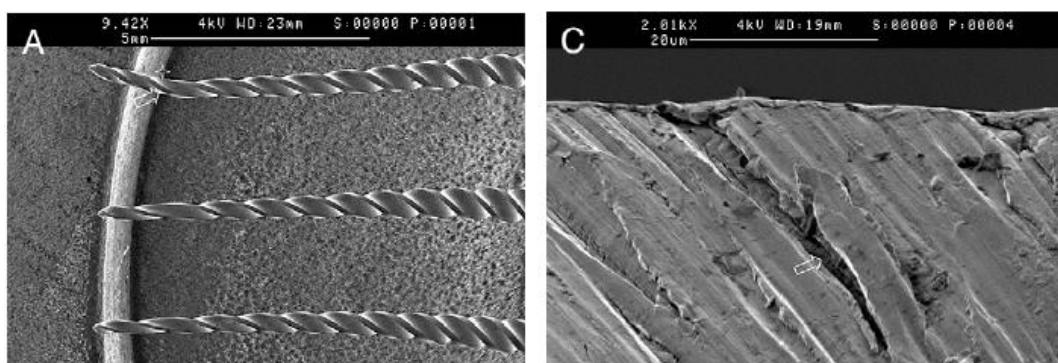


Figure 10 : vue en microscopie électronique de détorsion (A) et initiation de fracture (C) (16)

4. Corrosion et solutions d'irrigation

4.1. Solution, surfactants

L'EDTA est corrosif pour les limes en nickel titane alors que l'hypochlorite de sodium ne l'est pas. Dans les solutions commerciales, des produits sont ajoutés tels que des surfactants. Dans le cas de l'EDTA, le surfactant permet de compenser l'acidité de l'EDTA (acide éthyle trichloro-acétique). Mais le surfactant peut également être un facteur d'acidité, comme observé pour l'Hypoclean. Dans cette forme commerciale d'hypochlorite de sodium, la solution d'irrigation devient corrosive (41).

4.2. Conséquences sur la fracture instrumentale

Une expérience s'approchant des conditions cliniques d'exposition des instruments à l'hypochlorite de sodium, a été réalisée. Les limes Reciproc®, Wave One® et One Shape® ont été testées pendant 1 ou 5 minutes dans de l'hypochlorite de sodium à 5 % de concentration et à 37°C. La solution d'irrigation n'a pas eu d'effet significatif sur la résistance des limes à la fatigue cyclique. L'hypochlorite de sodium n'altère donc pas significativement la résistance des limes endodontique dès lors que son contact ne dépasse pas quelques minutes (42).

Après immersion dans des solutions d'hypochlorite de sodium pendant au moins une heure, la fracture par fatigue cyclique intervient plus rapidement en comparaison aux limes de même marque et de même taille non exposées à l'hypochlorite. Si l'hypochlorite de sodium est chauffée, comme cela est recommandé pour augmenter l'efficacité antibactérienne du produit, la résistance à la fatigue des limes est encore diminuée. Cependant, la corrosion par l'hypochlorite de sodium n'affecte pas la résistance à la fracture par torsion. Plongées pendant 2 heures dans une solution d'hypochlorite de sodium à 5% et à 60°C, les limes sont complètement rongées par le produit, cf. fig. 11. Ces résultats montrent cependant le caractère réellement corrosif de ce produit (10).

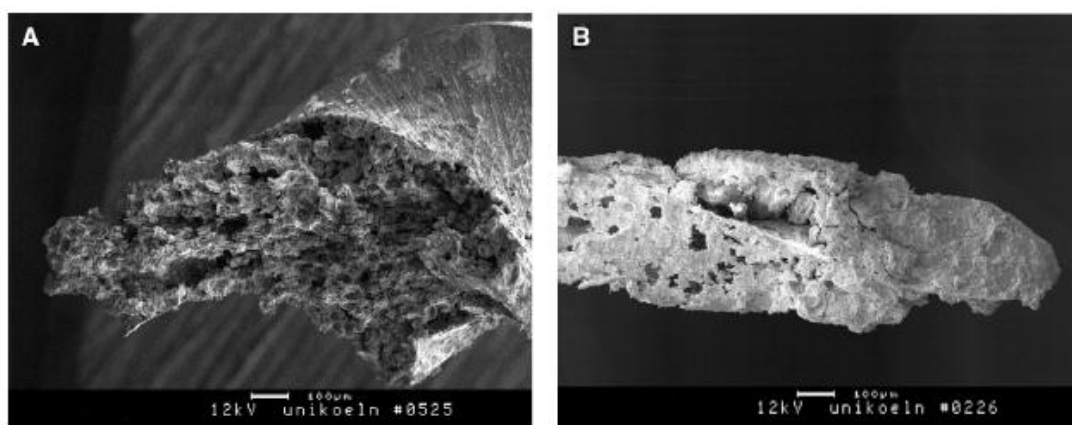


Figure 9 : Limes rongée par la corrosion d'une solution de NaCl à 5% pendant 2h à 60°C (10).

Le nettoyage des limes avec une compresse imbibée d'alcool est donc indispensable après chaque passage, pour en retirer les débris et nettoyer sa surface de l'hypochlorite. Au cours du

traitement, si les précautions sont prises, le temps d'exposition ne dépasse pas quelques minutes. Le risque est donc fortement minimisé.

5. Instrumentation et expérience du praticien.

5.1. Instrumentation

Le protocole du traitement endodontique respecte des règles précises permettant de minimiser le risque de fracture instrumentale.

- Une bonne lecture des radiographies préopératoires doit être réalisée, en rapport avec une connaissance de l'anatomie canalaire : la lumière canalaire, le degré, le rayon et la direction de la courbure ainsi que la longueur doivent être soigneusement analysés.
- La cavité d'accès doit venir à l'aplomb des entrées canales.
- Les courbures canales doivent être redressées avec des « orifices openers », ou des forets de Gates.
- Le canal doit être exploré avec des limes de cathétérisme et la longueur de travail déterminée.
- Le canal doit être alésé avec des limes K manuelles jusqu'à la lime 015 ou la 020 de la norme ISO, ou à l'aide de limes de pré-élargissement utilisées en rotation continue.
- Si le canal ne présente pas de courbures trop importantes, les limes rotatives peuvent être utilisées. Si le rayon de courbure est trop important, la préparation devra se faire manuellement. Toutes ses précautions limitent la fatigue cyclique des instruments rotatifs et diminuent le risque de fracture (18).

La progression de la lime dans le canal doit se faire sans forcer, de façon à éviter le blocage de la lime contre les parois canales. De plus, la vitesse de rotation doit être contrôlée. Si la lime tourne à grande vitesse dans le canal, l'insertion du pas d'hélice de la lime et son encastrement dans les parois canales se produisent plus rapidement qu'avec une vitesse de rotation réduite. La fracture par torsion peut alors survenir (15).

Aussi, à une vitesse de 300 rotations par minute, la fracture par torsion intervient dans la seconde qui suit le blocage de la lime. Un opérateur inexpérimenté doit donc privilégier des faibles vitesses de rotation dans le but de contrôler et d'empêcher le vissage intempestif de la lime (7).

Des micromoteurs endodontiques permettent un meilleur contrôle du torque. Ils empêchent automatiquement le vissage de la lime en stoppant et en inversant le sens de rotation de la lime. Elle se désengage alors du canal dès que la force exercée sur la lime dépasse un seuil pré réglé dans l'appareil (1).

5.2. Expérience

Une étude réalisée sur la prévalence des fractures instrumentales entre trois praticiens d'expériences distinctes a montré de grandes inégalités (21). Avec le système ProTaper Universal®, l'endodontiste confirmé n'a pas fracturé ni déformé une seule lime. Alors que le dentiste nouvellement diplômé, lequel n'avait jamais utilisé ce système, a eu un taux de fracture de 8% et de déformation de 16%. Enfin, un jeune dentiste ayant pu s'exercer sur dix blocs de résine ainsi que deux molaires extraites, a eu un taux de déformation de 5% et aucune fracture.

Le manque d'expérience et d'entraînement avant l'application clinique conduit donc nécessairement à un risque de fracture plus élevé.

6. Mouvement de rotation continue/Mouvement de réciprocity

De nombreuses études ont montré que le mouvement réciproque augmente la résistance à la fatigue cyclique des limes par rapport à la rotation continue. (43–45). Elles ont démontré que plus la part de rotation horaire diminue, plus la résistance à la fatigue augmente (46). Mais peu d'études ont été réalisées sur le phénomène de torsion. Les distorsions développées sur les limes avec ce type de rotation sont largement méconnues.

Une seule étude a porté sur ce sujet en comparant les systèmes Reciproc® et Wave-One®. Le mouvement des limes en réciprocity est composé d'une rotation anti-horaire de 170° alternée avec une rotation horaire de 50° pour le système Reciproc®. Le système Wave-One® avec le même système est composé d'un mouvement de réciprocity de 150° dans le sens anti-horaire et de 30° dans le sens horaire. Dans cette étude, les limes des deux systèmes sont bloquées à différentes hauteurs puis mises en rotation. Pour chaque test, les limes résistent à la fracture par torsion au moins jusqu'à un angle de rotation de 170 degrés. Or, la force des moteurs dédiés à l'usage de ces deux systèmes de mouvement de réciprocity n'excède pas la force nécessaire pour déformer les limes. Les limes de ces deux systèmes ne pourraient théoriquement pas se fracturer selon un phénomène de torsion (9).

Les limes utilisées sont neuves, comme le recommande le fabricant. Or ce principe n'est pas toujours respecté dans les cabinets dentaires. La fracture pourrait tout de même survenir dans ces conditions. En effet, une étude montre que la répétition de torsions appliquée aux limes Reciproc®, Wave One® ou ProTaper® diminue leur résistance. Elles peuvent alors fracturer en n'excédant pas leur limites de déformation élastique (47).

Une étude a comparé les différentes marques utilisant le principe de l'instrument unique. La lime Reciproc® possède une résistance à la fatigue cyclique supérieure à la lime Wave One®. Ces deux systèmes ont été ensuite comparés avec leur concurrent One Shape® (MicroMega™), lime

utilisée en rotation continue. Les résultats montrent que ce dernier possède la même résistance à la fatigue cyclique que le système Reciproc®. Le mouvement de rotation alternatif ne serait donc pas le facteur prédominant dans la résistance à la fatigue cyclique (42).

7. Cycles de stérilisations

Une étude a montré les effets des cycles de stérilisation sur l'état de surface des limes ProTaper Universal® et des limes AlphaKite®. Dès 5 cycles, tous les instruments observés au microscope électronique à balayage présentent une augmentation des altérations de surface comme des piqûres ou des rainures profondes. Dans cette étude, le procédé de nitruration de surface n'améliore pas la résistance des limes par rapport aux limes types ProTaper Universal® sans traitement de surface (48).

CHAPITRE 3 : LES TECHNIQUES DE DEPOSE

1. La situation clinique

Différents paramètres sont à prendre en compte avant la dépose d'un fragment intra-canalair (49) :

- La position du fragment dans la racine, apicale ou coronaire, avant ou après la courbure, un accès visuel direct
- La longueur et la largeur du fragment.
- L'anatomie radiculaire, dépressions, courbure, largeur.
- La possibilité de passer à côté de l'instrument.
- L'origine du fragment.

Suivant sa position, il peut être plus ou moins facile de le retirer. Pour les tiers moyen et coronaire, le taux de succès est très bon alors que pour le tiers apical le retrait est plus difficile à réaliser. Le facteur le plus déterminant sera la position de l'instrument par rapport à la courbure canalair ainsi que le degré et le rayon de cette courbure. Si la partie coronaire du fragment est apicale à la courbure et s'il est impossible d'établir un accès visuel direct, les chances de retrait sont faibles (50).

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

La longueur doit également être évaluée. Un long fragment peut se situer de part et d'autre de la courbure. Même en dépassant dans le péri-apex, le fragment peut être déposé si un accès visuel direct est établi (50).

Si l'instrument peut être contourné, ce dernier peut être retiré plus facilement. Et même si le fragment reste coincé, la préparation et la désinfection canalair peut être effectuée et le fragment inclus dans le matériau d'obturation.

Enfin, l'origine de l'instrument fracturé doit être prise en compte. Les fragments en acier inoxydable sont plus faciles à retirer par rapport aux fragments en nickel titane. Ces derniers ont tendance à se fracturer secondairement lors de l'utilisation des ultrasons. En effet, l'accumulation de

chaleur au point de contact avec l'insert ajoute un stress au fragment déjà fragilisé. A l'inverse, l'acier est capable de répartir l'énergie rendant les ultrasons plus efficaces (51).

2. Diverses issues

2.1. Le succès

2.1.1. La dépose

Le fragment est retiré entièrement du canal, sans perforation ni fragilisation de la racine compromettant le pronostic à cours terme.

2.1.2. Le « by-pass »

Une lime introduite dans le canal passe à côté du fragment fracturé. Le fragment peut-être éliminé lors de la préparation canalaire. Si celui-ci persiste, le canal est préparé jusqu'à la longueur de travail, nettoyé et obturé en incluant le fragment.

2.2. L'échec

2.2.1. Le fragment est laissé *in-situ*

Le retrait échoue, mais le canal est préparé et obturé sur sa partie accessible. Le fragment est alors laissé en place dans le canal, sans complications iatrogènes.

2.2.2. Les complications iatrogènes

La situation est aggravée avec la création d'un faux canal, d'une perforation radiculaire ou une fragilisation de la racine amenant un risque de fracture radiculaire.

3. Aides visuelles

3.1. Les loupes

Il existe des loupes simples, également appelées flip-up, permettant un grossissement allant de 1 à 3. Ce sont les systèmes de grossissement les plus utilisés en omnipratique.



Figure 10 : loupes simples (52).

Des loupes binoculaires existent également. Elles permettent un grossissement plus important et une image de meilleure qualité. Mais c'est un dispositif très encombrant et lourd nécessitant le port d'un casque auquel sont intégrés les lunettes. Une fibre est reliée à un générateur externe pour la source lumineuse (52).

Bien que très utiles en omnipratique, les loupes ne permettent pas un grossissement suffisant pour la dépose d'instruments intra-canalaire.

3.2. Les microscopes opératoires

En odontologie, les microscopes opératoires utilisés sont des stéréo-microscopes de type galiléen. Ils utilisent l'association de la loupe et d'un système optique binoculaire. Les grossissements disponibles dépendent des marques de microscopes et varient globalement de 4 à 40 fois. Ils sont équipés d'un éclairage de type coaxial à la visée, permettant de voir l'image dans le microscope sans aucune zone d'ombre ni d'éblouissement (52).



Figure 11 : un microscope opératoire (52)

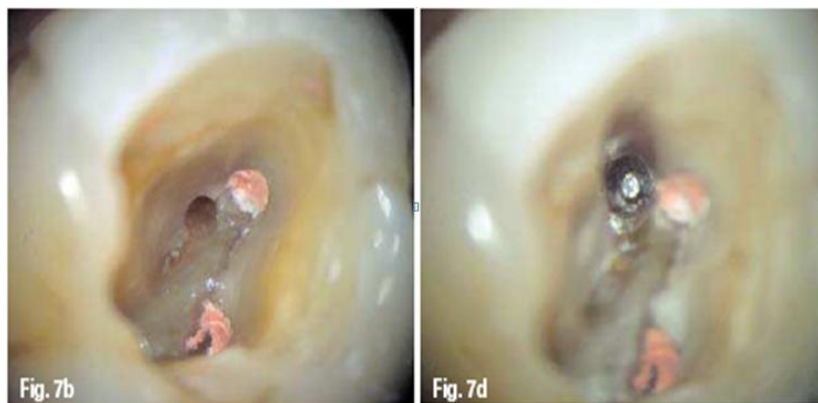


Figure 12 : vision sous microscope d'un instrument fracturé dans le canal disto vestibulaire d'une molaire maxillaire (52).

Le microscope opératoire améliore des chances de retrait des instruments fracturés dans les canaux en permettant au praticien de voir la partie coronaire du fragment. Il peut ainsi appliquer avec

précision la technique de dépose choisie afin de retirer le fragment en limitant le risque de perforation ou autres complications iatrogènes (50).

4. Méthodes de retrait orthograde

4.1. Le « by-pass »

La technique du by-pass consiste à passer une lime à côté du fragment fracturé jusqu'à la longueur de travail, souvent à l'aide d'un chélatant type EDTA. Le fragment peut être débloqué et retiré, ou rester coincé dans les parois canalaire. L'alésage et l'obturation peuvent être effectués. Le bris d'instrument est alors intégré au matériau d'obturation sans altérer les chances de guérison. C'est l'une des seules techniques applicables pour les retraits de fragments dont la partie coronaire se situe au-delà de la courbure canalaire, lorsqu'un accès visuel direct est impossible (53).

Selon Al-Zahrani et coll (54), cette technique devrait être systématiquement tentée en premier lieu pour son efficacité sur les fragments de petite taille. Le « by-pass » est une technique peu couteuse, ne nécessitant pas d'aides optiques et semble peu mutilante. Cependant, elle reste déconseillée pour les longs fragments, car le risque de perforation ou de nouvelle rupture instrumentale intracanaire est important. Son taux de succès reste incertain et peu reproductible.

4.2. Les ultrasons

4.2.1. Les inserts ultrasonores

Les ultrasons sont utilisés en endodontie depuis les années 1960, mais il faut attendre les années quatre-vingt-dix et l'avènement du microscope opératoire pour voir apparaître de véritables instruments ultrasonores dédiés à l'endodontie (54).

Les inserts Satelec® (Actéon™) sont les plus connus et les plus utilisés aujourd'hui dans le monde. Dans le secteur de l'endodontie, l'arrivée d'un nouvel alliage, le Titane-Niobium, a permis de fabriquer des inserts longs, fins et tout aussi résistants, cf. fig. 15. Ils transmettent de façon idéale les ultrasons (55).



Figure 13 : Kit Endo Success™ : Inserts ET18D, ET20, ET25, ET25S,ETBD, ETPR (55).

4.2.2. Les techniques de dépose

Pour le retrait des fragments fracturés, il faut tout d'abord créer un accès visuel direct au fragment. Cela peut se faire avec des limes manuelles jusqu'à un diamètre de 0,40 mm, puis avec des forêts de Gates Glidden de taille 1, 2 et 3 (53).

Différents instruments permettent de déposer des fragments intra-canaux. L'insert ET20 permet de dégager les instruments bloqués dans la partie coronaire du canal. L'insert ET25 est plus fin, plus long et très résistant. Il est utilisé pour retirer les fragments situés dans les parties médiane et apicale des canaux. Ils sont utilisés sous microscope opératoire à fort grossissement et sans eau pour permettre une vision précise du fragment. Ils permettent de créer une gorge tout autour du fragment à retirer. Lorsque la tête du fragment est dégagée, les vibrations lui sont transmises de manière plus intense permettant le retrait du fragment (54). Il est possible lorsque l'accès au fragment est compliqué, de précurber l'insert ET25. Cette procédure doit rester exceptionnelle et le même insert ne doit surtout pas être précurbé plusieurs fois.



Figure 14: Elimination d'un fragment d'instrument fracturé profondément, avec un insert SATELEC ET25 (54).

Parmi la plupart des études réalisées, la méthode utilisant des inserts ultrasonores montre systématiquement de bons résultats pour les fragments situés dans la courbure canalaire. La possibilité de créer un accès visuel direct est le facteur le plus important pour la réussite de cette méthode (53).

4.3. Les extracteurs

4.3.1. La technique de Masserann

Le kit de Masserann a été inventé en 1966 par Masserann. C'est la première méthode utilisant des microtubes. Cette méthode est une référence en matière de dépose d'instruments fracturés et a inspiré de nombreuses techniques mises au point ultérieurement (49).



Figure 15 : microkit de Masserann (56).

Le microkit de Masserann comprend 4 trépan possédant deux diamètres externes de 1,2 et 1,3 mm, disponible en longueur 21 ou 25 mm. Il comprend également un extracteur de diamètre externe 1,2 mm. Une clé plate et un manche moleté court adaptable à l'extrémité des trépan complètent ce kit. L'extracteur est constitué d'un tube creux et d'un pointeau venant bloquer l'extrémité du fragment fracturé à l'intérieur du tube.

Le protocole d'extraction comprend :

1/ L'accès au fragment :

L'entrée canalaire est élargie en utilisant une fraise ronde. Un foret de Gates permet de créer un accès droit vers le fragment.



Figure 16 : Accès au fragment à l'aide d'une fraise ronde et d'un foret de Gates (57).

2/ Le dégagement du fragment

Les instruments de la trousse de Masserann sont utilisés. L'état du trépan doit toujours être vérifiée avant toute utilisation, en particulier la qualité des arêtes de coupe. De lents mouvements de rotation dans le sens antihoraire sont effectués avec le trépan pour creuser une tranchée d'environ 4 mm de profondeur autour du fragment. Les trépan de Masserann peuvent s'utiliser manuellement à l'aide du manche moleté court, ou sur un contre-angle réducteur (entre 300 et 600 tr/min).

3/ Préhension et extraction du fragment

L'extracteur est introduit avec le pointeau ouvert jusqu'à la partie dégagée du fragment. Il est maintenu en place fermement pendant le vissage de l'écrou jusqu'au blocage du fragment entre les parois du tube et le pointeau interne.

Le fragment est alors retiré en tournant :

- dans le sens antihoraire pour les instruments canaux.
- dans le sens horaire pour les instruments d'obturation (lentulos, thermocompacteurs) ainsi que pour les fragments de limes des systèmes Wave-One® et Reciproc®. Ces derniers ont un pas d'hélice inversé par rapport aux autres systèmes de rotation mécanisés (49).



Figure 17 : Dégagement et préhension du fragment (57)

La technique de Masserann a été utilisée pendant 30 ans. Elle est toujours efficace sur les dents antérieures avec des canaux droits et larges, et pour les instruments fracturés dans le tiers coronaire. Sur les dents postérieures avec des canaux étroits et courbes et pour les fragments fracturés dans les tiers moyen ou apical, son efficacité est limitée. Son utilisation est déconseillée dans les situations où le délabrement est trop important (50). En effet, le kit de Masserann nécessite un fort élargissement d'au moins 1,2mm, alors que les techniques disponibles aujourd'hui sont plus conservatrices (58).

4.3.2. Le système Endo Extractor®

Ce système utilise les mêmes principes que le kit de Masserann. Il utilise un trépan de forage unique de diamètre interne 0,8 mm et externe de 1,5 mm. En fonction de la taille de l'instrument fracturé, différents extracteurs seront utilisés. Les trois extracteurs ont un diamètre externe égal au trépan, et les diamètres internes sont de 0,3 - 0,5 et 0,8 mm. La préhension du fragment s'effectue avec un système de mâchoire que l'on referme sur le fragment à l'aide d'une molette intégrée à l'extracteur (59).

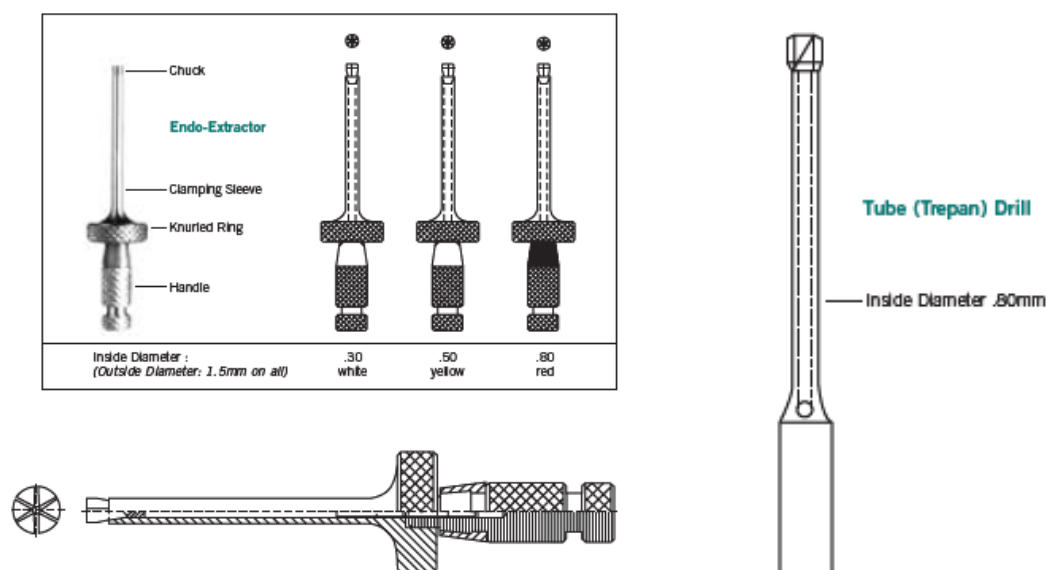


Figure 18 : schéma des extracteurs et du trépan du système Endo Extractor (60)

4.3.3. Le système Endo Safety®

Le système Endo Safety® de la marque MEITRAC™ fonctionne selon le même principe utilisant des forets et des extracteurs. 3 kits existent pour différentes déposes. Le premier sert aux déposes des fragments de taille ISO 0,15 ou moins. Le second permet l'extraction des fragments

correspondant aux diamètres compris entre 0,15 et 0,30 ou les cônes d'argent. Le troisième est utilisé pour la dépose des tenons (61).



Figure 19 : Kit n°2 du système Endo Safety (61)

4.3.4. Extracteurs utilisant des systèmes adhésifs

De nombreuses méthodes ont été mises au point en utilisant des systèmes adhésifs permettant de bloquer le fragment fracturé.

4.3.4.1. Le système Cancellier de SybronEndo®

Ce système a été inventé pour retirer les fragments fracturés de limes en acier inoxydable. C'est un système à microtubes possédant 4 diamètres disponibles de 0,5 – 0,6 – 0,7 et 0,8 mm montés sur un manche. De l'adhésif cyanoacrylate est mis en place sur l'extrémité du microtube, lui-même disposé sur l'extrémité du fragment à déposer. Le temps de séchage est de 5 minutes. Le fragment est retiré dans un mouvement de traction douce (62).



Figure 20 : kit Cancellier (63)

4.3.4.2. Le S.I.R. : Separated Instrument Removal®

Fabriquée par Vista Dental, le SIR utilise le même principe que le système Cancellier. Il utilise des tubes creux à usage unique présentant différentes tailles. Le kit contient 100 microtubes. L'adhésif appliqué est couplé à un accélérateur (64).



Figure 21 : Le S.I.R. (64)

4.3.4.3. Le kit Endo extractor de Brasseler.

Le kit Endo Extractor de Brasseler utilise les techniques précédemment citées : un foret et trépan servent à élargir autour du fragment. Une longueur de dégagement de deux millimètres est suffisante. L'extracteur est appliqué avec de l'adhésif M50 pendant 5 minutes avant de pouvoir tirer doucement pour déposer le fragment (58).

4.3.5. Le système Endo Rescue® (Komet™)

Le kit Endo Rescue est basé sur le même principe que les méthodes à microtubes. Ce kit présente certaines améliorations. La première concerne la taille des trépan et des forets, également appelés pointeurs. Les diamètres externes des pointeurs sont de 0,7 – 0,9 et 1,1 mm. Les trépan sont de taille correspondante et leurs diamètres internes sont respectivement 0,4 - 0,5 et 1,1 mm. Le plus gros foret est donc de diamètre inférieur au moins large des extracteurs du microkit de Masserann. Les diamètres correspondants entre les trépan et pointeurs permettent un délabrement minimum.

Enfin, les pointeurs possèdent un nouveau design. Leur extrémité présente une surface concave délimitée par les trois arêtes de coupe. Cette surface vient prendre appui sur le fragment à retirer en se centrant au-dessus. Ils permettent ainsi de préparer une surface de positionnement pour le trépan. Le délabrement se limite donc au stricte nécessaire (65).



Figure 22 : kit Endo Rescue®, Komet™ (65)

Le protocole du kit Endo Rescue® est le suivant :

- La cavité d'accès est retouchée avec une fraise cylindro-conique à bout non travaillant.
- L'entrée canalaire est relocalisée avec des forets Gates Glidden pour créer un accès visuel direct au fragment fracturé. Le foret de Gates correspondant à la taille du pointeur adapté sera utilisé. Le foret de Gates n°2 correspond au pointeur de diamètre 0,7 mm. Le foret de Gates n°3 correspond au pointeur de diamètre 0,9 mm. Enfin le foret de Gates n°4 correspond au pointeur de diamètre 1,1 mm.
- Le logement du trépan est préparé avec le pointeur approprié.
- Le fragment est carotté avec le trépan dans le sens antihoraire ou horaire suivant l'origine du fragment intracanaire.
- Le fragment vient alors dans la carotte de dentine à l'intérieur du trépan. S'il n'est pas mobilisé, un microtube avec de la résine auto-durcissante est utilisé pour le retirer délicatement.

Le pointeur et le trépan sont des instruments très tranchants et doivent être utilisés à vitesse lente (maximum 300 trs/min) à l'aide d'un moteur destiné aux instruments rotatifs en nickel-titane. Il peut être utilisé manuellement à l'aide d'un mandrin spécifique inclus dans le kit.

4.4. Techniques alternatives

4.4.1. Technique à tube et lime

Suter a décrit une technique utilisant un tube et une lime H. La lime H vient bloquer l'extrémité du fragment à l'intérieur du tube préalablement positionné sur l'extrémité du fragment.

C'est une technique peu couteuse, qui fait appel à l'équipement disponible dans tout cabinet d'omnipratique. Elle nécessite la création d'un accès direct au fragment partiellement libéré. Des aiguilles de seringue hypodermique peuvent être utilisées ou des tubes à composite fluide. Des limes K peuvent aussi servir à bloquer le fragment (49).



Figure 23 : Illustration de la technique tube + lime avec un fragment déposé (49).

Selon certains auteurs, c'est une technique peu délabrante, très bon marché et reproductible (58).

4.4.2. Le Canal-Finder system® (Hülsmann 1990, 1994)

Le Canal Finder System® est un contre-angle endodontique. Il fut le premier à produire une séquence partiellement modifiable. La lime montée sur ce contre-angle est animée d'un mouvement vertical de 0,3 à 1 mm d'amplitude et d'une rotation alternée de 90°. Suivant la résistance exercée sur la lime, le mouvement vertical s'amoindrit jusqu'à devenir nul (66).

Son utilisation a été recommandée pour l'extraction de fragments de limes de conicité 2%, ou de 4% mais avec plus de difficultés. Une lime de type pathfinding de taille ISO 8 et 10/100^{ème} de mm et possédant idéalement une taille en dessous par rapport à l'instrument fracturé, est montée sur le contre-angle. Elle est activée dans le canal sous irrigation abondante et à vitesse moyenne. On laisse la lime travailler tout autour du fragment. Avec les vibrations et l'irrigation, le fragment fracturé se libère et est extirpé du canal (59).

Ce système était populaire à ses débuts. Mais le taux de succès était inférieur à 30% et présentait un grand risque de perforation. ce système n'est plus utilisé car les résultats obtenus sont très inférieurs à ceux avec les méthodes actuelles (66).

4.4.3. Utilisation d'agents chimiques

Une étude a testé l'efficacité d'agents chimiques. Des fragments de limes K3®, ProTaper®, et M-Two® ont été plongés dans des solutions polarisées contenant des fluorures et des chlorures. Après 60 minutes, les fragments étaient partiellement dissout (67).

Antérieurement, d'autres produits tels que l'acide sulfurique, l'acide hydrochlorique, l'iode-potassium ou encore l'iode trichloride (49) ont été testés pour dissoudre les obstructions métalliques. Mais les alliages composant les limes sont résistants à la corrosion. De plus, ce sont des solutions dangereuses pour l'intégrité des tissus biologiques. Ces raisons expliquent pourquoi l'utilisation d'agents chimiques a été abandonnée (58).

4.4.4. Le laser

Une étude a montré que l'utilisation du laser optique Nd:YAP permet, dans certaines conditions, de vaporiser l'instrument. La fibre optique doit être placée au contact du fragment. Il faut toutefois veiller à ne pas provoquer de surchauffe des parois radiculaires environnantes (68).

Une autre étude a testé *in-vitro* le laser Nd-YAG pour la dépose d'instruments fracturés. Les résultats obtenus sont inférieurs à 55 % et les risques de perforation ou de lésion du parodonte par surchauffe sont très importants (69).

Ces systèmes ne doivent donc pas être utilisés pour la dépose d'instrument fracturés.

4.4.5. La braiding technique

La braiding technique consiste à enrouler plusieurs limes autour du fragment totalement ou partiellement contourné afin de retirer le tout dans un mouvement de dévissage (58).

4.4.6. La technique du lasso

La technique du lasso est dérivée de l'orthodontie. Elle consiste à passer une boucle métallique à l'intérieur d'un tube creux afin d'attraper l'extrémité du fragment avec le lasso ainsi créé. La boucle est serrée en poussant le microtube et l'ensemble est retiré délicatement (58).

4.5. Techniques anecdotiques

4.5.1. Extraction et réimplantation

En 2014, une équipe indienne a effectué l'extraction et la réimplantation d'une 37 chez une femme de 37 ans. Un instrument était fracturé dans la racine mésiale, partiellement propulsé au-delà de l'apex, lésionnant le nerf alvéolaire inférieur. Les canaux accessibles sont préparés et obturés en bouche. La dent est extraite, la préparation et l'obturation du canal concerné est terminée en extra-oral avant d'être réimplantée. Une contention est mise en place. Les résultats ont montré que la lésion péri-apicale avait régressé un an après et la sensibilité du nerf alvéolaire inférieure était redevenue normale cf. fig. 26 (70).

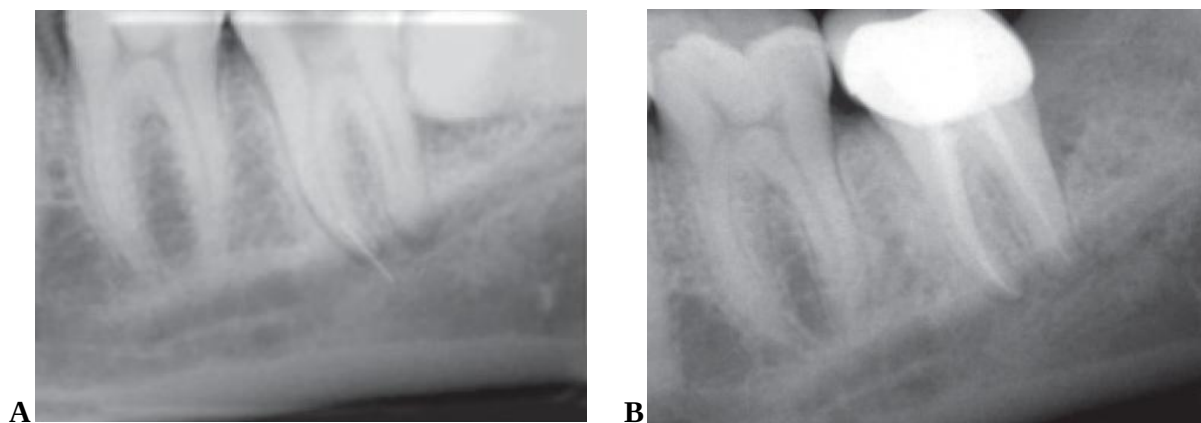


Figure 24 : radiographie avant extraction et réimplantation (A), et contrôle à 1 an post-opératoire (B) (70)

4.5.2. Le cône de gutta ramollie au chloroforme

Un fragment de 3 mm de long d'une lime de marque RaCe® de diamètre 25/100 de mm s'était fracturé dans le canal distal d'une 46. Le fragment se situait au-delà de la courbe apicale de 80-85°. Avec des limes H de diamètre compris entre 8 et 15/100 de mm, le fragment a été partiellement contourné. Un cône de gutta percha a été ramolli en le trempant 30 secondes dans du chloroforme, puis a été introduit dans le canal. Le cône a été laissé en place 3 minutes le temps de durcir, puis il a été retiré doucement avec des mouvements de rotation horaire et antihoraire. Le fragment est venu avec le cône cf. fig. 28 (49).



Figure 25 : radiographie montrant le bris d'instrument dans la racine distale d'une 46 (49)



Figure 26 : Le bris d'instrument retiré avec le cône de gutta-percha (49)

L'auteur pense que la réussite de cette technique repose sur le fait que l'instrument s'est fracturé par fatigue cyclique uniquement. En effet, le degré de courbure est grand et l'angle est petit. L'instrument ne se serait donc pas fracturé selon un phénomène de torsion. Le fragment n'était alors pas vissé dans les parois canalaire, mais relativement libre. Il est donc remonté en restant « collé » au cône de gutta (49).

5. La chirurgie endodontique

5.1. Généralités

La chirurgie endodontique a longtemps été considérée comme le dernier recours avant l'extraction. Elle consistait en une simple résection apicale avec ou sans obturation à retro, et ne donnait pas des résultats suffisamment fiables.

L'avènement de nouvelles techniques comme l'apport du microscope opératoire et l'utilisation de nouveaux inserts à ultrasons a permis d'améliorer considérablement son pronostic. Il est aujourd'hui possible de préparer et d'obturer par voie rétrograde la plus grande partie du système canalaire résiduel. Des inserts diamantés de 3, 6, et 9 mm de longueur donnent la possibilité d'accéder très profondément dans le grand axe du canal. Des micro-fouloirs de différentes longueurs, permettent également de compacter le matériau d'obturation. Les taux de succès obtenus sont comparables à ceux du retraitement endodontique conventionnel (71).

5.2. La dépose de fragments

La chirurgie est indiquée dans les cas où l'accès à la totalité du système canalaire par voie orthograde est impossible. Cette situation est mise en échec lorsque :

- La technique conventionnelle est inefficace,
- L'accès visuel direct est impossible,
- La technique du « by-pass » pour un fragment fracturé au-delà de la courbure canalaire est un échec.
- Des erreurs sont commises lors de précédents traitements avec ou sans tentative de dépose préalable, et tout particulièrement en présence de butées, de perforations ou de fausses routes.
- Des difficultés anatomiques rendent la solution conventionnelle compliquée, voire dangereuse ou impossible en présence de calcifications intra-canales ou d'isthmes.

Dans les situations précédemment citées, seule l'intervention par voie chirurgicale permet une gestion correcte du tiers apical (71).

CHAPITRE 4 : PREVALENCE, TAUX DE SUCCES ET D'ECHECS

1. Prévalence

Peu d'études ont été réalisées sur la prévalence des fractures instrumentales en pratique clinique.

1.1. Etude 1

La prévalence d'instruments endodontiques manuels fracturés se situe selon les études entre 0,5 et 7,4 % (72). Avec l'arrivée des limes rotatives en nickel-titane, beaucoup d'auteurs ont décrit une augmentation des fractures instrumentales. Mais d'après une méta-analyse publiée en 2010, portant sur les études publiées entre 1997 et 2007, le taux de fracture des instruments en nickel-titane uniquement serait de 0,4 à 3,7 % (72).

1.2. Etude 2

En 2005, Spili et Parashos ont publié une étude réalisée sur 13 ans et regroupant 7 endodontistes exclusifs exerçant à Melbourne en Australie. Sur les 8460 dents traitées, **3,3 %** présentaient un fragment d'instrument résiduel. La même étude s'est focalisée sur les 6 années où 5 de ces praticiens ont adopté les limes en nickel-titane au moment de leur mise sur le marché. La prévalence des fractures instrumentales était alors de **5,1 %**, dont 4,4 % pour les limes en nickel-titane, et 0,7 % pour les limes en acier inoxydable (lime de cathétérisme).

Aucune différence statistiquement significative concernant la prévalence des fractures au cours du temps n'a pu être corrélée avec l'expérience de la pratique (73).

1.3. Etude 3

En 2009, Shen a réalisé une étude sur une période de 4 ans au sein de l'université de Vancouver au Canada. Elle porte sur la pratique des étudiants de fin de troisième année et de quatrième année utilisant les limes du système ProFile. Sur les 3700 instruments utilisés, le taux de fracture instrumentale a été de 0,3 %. C'est un pourcentage très faible, du en parti au calcul effectué sur le nombre total de limes utilisés, et non sur le nombre de dents traitées.

Cependant, toutes les précautions étaient prises pour minimiser le risque de fracture. Les étudiants ont reçu un entraînement préclinique sur des dents extraites. Les plus novices utilisaient des micromoteurs endodontiques avec contrôle de torque. Enfin, 2 à 5 enseignants spécialistes en endodontie étaient disponibles pour encadrer un groupe de 20 étudiants (19).

2. Prévalence en usage unique

2.1. Etude 4

La première a été publiée en 2009. Les limes rotatives ProFile® et ProTaper® utilisées en usage unique ont été récupérées auprès de deux endodontistes. Sur les 3400 limes récupérées, la prévalence de fracture des 1400 limes ProFile® était de 0%. Seulement 0,26 % des 1900 limes ProTaper étaient fracturées (74).

2.2. Etude 5

La deuxième a été réalisée sur une période de 18 mois. Elle concerne le travail de 4 endodontistes. 711 dents, soit 2215 canaux ont été traités avec le système Wave-One®. Le système Wave-One® utilise le principe de l'instrument unique. La marque conseille son usage unique, comme pour la plupart des systèmes en nickel-titane actuels. Seulement 3 instruments ont été fracturés dont 2 limes « Small » de diamètre apical de 0,21 mm et une lime « Primary » de diamètre apical de 0,25 mm. Ces résultats correspondent à un taux de prévalence de 1,3%, rapporté au nombre de canaux, et 0,42% lorsqu'il est rapporté au nombre de dents (75).

L'usage unique permet donc de diminuer de manière significative la prévalence des fractures instrumentales.

3. Taux de succès des déposes instrumentales

En 1999 le taux de succès des déposes d'instruments fracturés a été évalué entre 55 % et 79 %. Hülsmann atteint un taux de succès de 68 %. Il utilise différentes techniques : le Canal Finder System, les ultrasons, les limes K pour le « by-pass » et H pour les retraits. Sur les 68%, 48 % concernent une dépose complète de l'instrument fracturé et les 20 % restant concernent un contournement de fragment inclus dans le matériau d'obturation.

Le retrait ou le by-pass étaient facilités sur les dents présentant des canaux larges ou de forme ovales comme le canal distal des molaires mandibulaire ou le canal palatin des molaires maxillaires. Les prémolaires ont un taux de succès inférieur aux molaires. L'anatomie canalaire est souvent compliquée avec les isthmes et les canaux étroits. Le taux de succès est également plus élevé au maxillaire qu'à la mandibule : avec respectivement 73% et 64% cf. tab. 3 (76).

Seulement 3% des fragments étaient en alliage nickel-titane.

	n	Removed	Bypassed	Success		Failure	
				n	%	n	%
Maxillary teeth	52	29	9	38	73	14	27
Molar							
Palatal canal	5	3		3	60	2	4023
Buccal canals	28	17	6	23	82	5	18
Premolar	12	3	3	6	50	6	50
Canine/incisor	7	6		6	86	1	14
Mandibular teeth	61	25	14	39	64	22	36
Molar							
Distal canal	12	6	2	8	67	4	33
Mesial canals	38	11	11	22	58	16	42
Premolar	4	1	1	2	50	2	50
Canine/incisor	7	7		7	100		
Total	113	55 (48.7%)	22 (19.4%)	77	68.1	36	31.9

Tableau 3 : taux de succès à la dépose suivant le type de dent (76)

En 2005, une étude a rapporté un taux de succès de 87 % sur les 97 cas de retrait d'instruments canalaire tentés sur une période de un an et demi. La technique de retrait utilisant les ultrasons présente un meilleur taux de succès que les autres techniques. 52 % des fragments étaient en nickel-titane (77).

En 2013, une étude Britannique a observé des taux de succès entre 53 et 95% pour la dépose instrumentale. L'amélioration des techniques mises à disposition explique donc ce taux de succès croissant (78). L'étude de Hülsmann et coll. détient le meilleur taux de succès avec 95 % en utilisant la technique ultrasonore (79).

4. Taux de succès des traitements après échec à la dépose.

3.1. Dent saine, dent infectée

Une méta- analyse achevée en 2009 montre les résultats des traitements canaux effectués par 7 endodontistes exclusifs de Melbourne, de 1997 à 2007. L'étude démontre que les fragments intra-canaux de limes ne présentent pas un facteur d'échec statistiquement significatif sur le pronostic du traitement. En revanche, la présence initiale d'une lésion diminue la probabilité de guérison (72).

En l'absence de lésion péri-apicale pré-opératoire, le taux de succès du traitement canalaire en présence d'un fragment laissé *in situ* est de **92,5 %**. Lorsqu'une lésion est présente au moment du traitement, le taux de succès est de **80,7 %**. Sans instrument intra-canal, le taux de succès des traitements endodontiques sur dent ne présentant pas de lésion est de **95 %**, et de **89 %** sur les dents présentant une lésion cf. tableau 4 (72).

		Absence de fragment résiduel			présence de fragment résiduel		
lésion absente		95%			92,50%		
lésion présente		89%			80,70%		

Tableau 4: taux de succès du traitement canalaire d'après la méta-analyse de Panitvisai et coll. (72)

Lorsque l'on compare les traitements canaux avec ou sans instrument résiduel, la différence retrouvée sur une dent ne présentant pas de lésion n'est pas statistiquement significative. Laisser un instrument fracturé dans le canal d'une dent indemne de lésion apicale n'est donc pas un facteur prédictif d'échec.

Pour un traitement de dent à pulpe vivante, si toutes les conditions d'asepsie sont respectées durant le traitement (travail sous digue, utilisation d'instruments stériles et réalisation en une séance), la présence d'un instrument fracturé laissé au cours du traitement ne doit pas affecter le pronostic. Néanmoins, si l'instrument peut être retiré, cette procédure doit être tentée.

Pour un traitement de dent nécrosée ou infectée, un instrument fracturé ne permet pas une désinfection complète du système canalaire. Le fragment est alors un obstacle au nettoyage canalaire. Il constitue donc un problème supplémentaire dans la réalisation du traitement canalaire comme le pourrait être un canal très courbé, étroit et calcifié (80).

3.2. Avancée du traitement canalaire

Malgré ces valeurs de pourcentages retrouvées, chaque cas est unique. Différents facteurs peuvent aussi altérer la chance de réussite du traitement. L'étape du traitement au cours de laquelle intervient la fracture instrumentale est un facteur important. Si le traitement était proche de l'étape de l'obturation, la désinfection des canaux est quasiment complète. Donc les chances de succès seront relativement bonnes.

Dans un canal infecté, si la fracture intervient au début du traitement et si le fragment ne peut être contourné ou éliminé, les chances de réussite du traitement seront faibles. La fracture de l'instrument est donc directement responsable de l'échec du traitement (81).

5. Le rapport bénéfice/risque

Avant de déposer un instrument intracanaire fracturé, il faut analyser le rapport bénéfice/risque lié à la dépose de l'instrument.

Une bonne inspection et une étude radiographique sont primordiales. La localisation du fragment, son diamètre et l'anatomie radiculaire (largeur, courbure canalaire) doivent être évalués. Une bonne connaissance de l'anatomie radiculaire est également nécessaire. En effet, les radiographies n'apportent qu'une vision bidimensionnelle de l'anatomie radiculaire. Par exemple, les dépressions des surfaces radiculaires peuvent passer inaperçues (82). Les chances de succès doivent être mises en relation avec les bénéfices de la dépose instrumentale et les risques de perforation et de fragilisation des racines.

5.1. Localisation du fragment

Les techniques les plus utilisées et les plus efficaces consistent à créer un pré-élargissement autour du fragment précédé par la création d'une plateforme avec des forets de Gates, des ultrasons ou le pointeur du système Endo Rescue®. Le fragment est ensuite retiré avec des ultrasons ou avec un instrument extracteur. Le principal problème lié à ces techniques de dépose est qu'une quantité plus ou moins grande de dentine radiculaire est enlevée, entraînant une fragilisation de la racine (70).

Une étude a démontré que les dents subissaient une résistance décroissante suite à la dépose d'instruments depuis le tiers coronaire jusqu'au tiers apical. Les racines perdent 30 % de leur résistance après une dépose de fragment situé au niveau de tiers moyen, et 40 % au niveau du tiers apical. Plus l'instrument est profond, plus la fragilisation radiculaire est grande (83).

5.2. L'anatomie radiculaire et diamètre du fragment

Les racines étroites et courbées, les furcations des molaires et des prémolaires maxillaires représentent un risque de perforation et de fragilisation augmenté. Ce risque est accru pour les racines mésiales des molaires maxillaires et mandibulaire, du à leur inclinaison par rapport à l'accès coronaire. Ce risque est également augmenté pour les racines présentant des dépressions invisibles à la radiographie, comme ce peut être le cas particulièrement des prémolaires maxillaires et la racine mésiale des molaires mandibulaires (81).

Des marches d'escalier peuvent se former et persister malgré la mise en forme finale du canal. Cela crée des zones de concentration des forces. Si la dentine radiculaire résiduelle est faible, la fracture peut survenir à court terme.

Le pronostic est défavorable quant à la conservation des dents concernées. Des perforations radiculaires peuvent également se produire. Cette complication compromet sérieusement le pronostic de la dent.

Plus le diamètre du fragment à déposer est important, plus le délabrement est important. Les risques quant à la dépose de fragments larges sont donc plus importants que pour les fragments de faible diamètre (84).

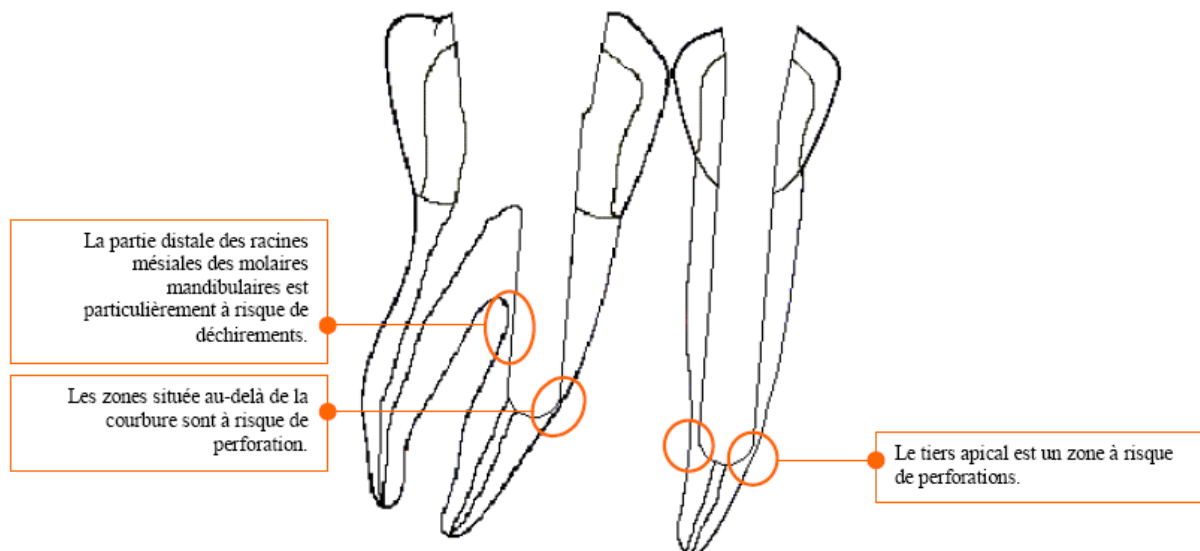


Figure 27 : schéma d'une 46 et une 45 fragilisées après la dépose d'un instrument fracturé (84).

Une butée, ou la création de faux canaux peuvent être créés après le retrait d'un instrument fracturé. Le fragment peut également se retrouver expulsé à l'apex. Dans ce cas de figure, le canal peut être obturé à la longueur de travail et le fragment laissé *in-situ* sous certaines conditions :

- Le fragment devra être relativement petit.
- La dent doit être asymptomatique et sans relation avec une structure anatomique noble comme le nerf alvéolaire inférieur ou le sinus maxillaire.

L'intervention chirurgicale ne sera pas nécessaire si les suites sont bonnes : absence de symptômes, guérison, ou absence d'évolution apicale (85).

5.3. Technique de dépose aux ultrasons

D'autres problèmes concernent particulièrement cette technique. En effet, l'utilisation des ultrasons doit être faite sous contrôle visuel. La dépose doit donc être effectuée sous microscope opératoire et sans irrigation continue. Les ultrasons peuvent donc engendrer une augmentation de température nocive pour le parodonte (65).

Le temps passé et le coût que cette technique peut avoir en cabinet spécialisé sont à prendre en compte. Pour un fragment localisé dans le tiers apical, le retrait représente un travail long et fastidieux évalué entre 40 et 55 minutes. L'investissement et les risques doivent être confrontés aux bénéfices. Est-ce une dent clé dans le plan de traitement proposé ? La dent est-elle restaurable et conservable à plus ou moins long terme ? (65)

Le niveau d'infection et l'étape du traitement au cours duquel la fracture instrumentale est intervenue influence également la décision de tenter ou non la dépose.

6. Arbre décisionnel

Au vue de l'ensemble de ces informations, un arbre décisionnel peut être proposé afin de guider le praticien lors de la gestion d'une fracture instrumentale en endodontie, cf. fig.30.

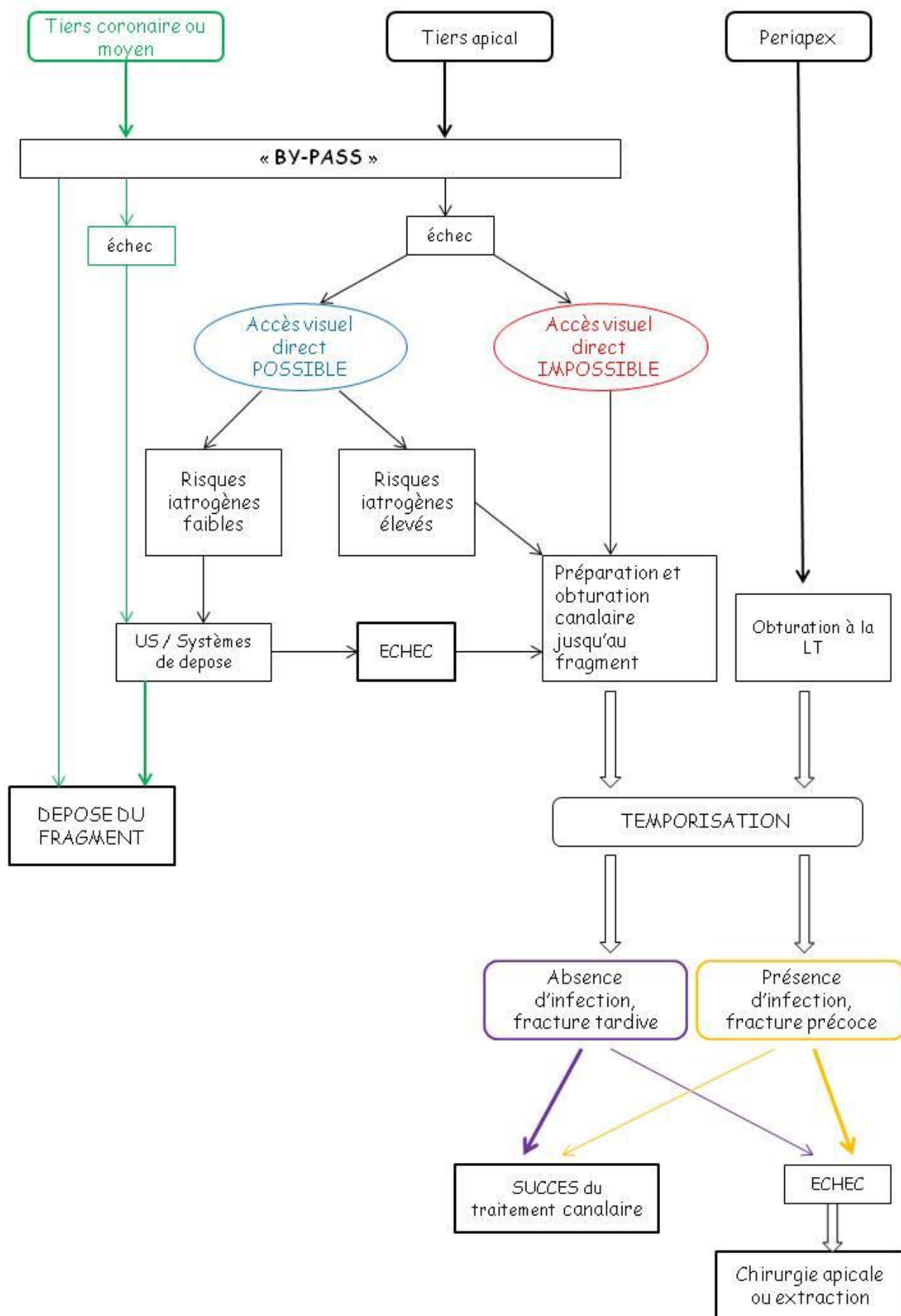


Figure 28 : arbre décisionnel de la gestion de la fracture instrumentale en endodontie

7. Prévention

6.1. Expérience du praticien et méthodes d'instrumentations

Avec toutes les possibilités techniques existantes, l'expérience et le jugement d'un praticien expérimenté est clé de la réussite. A l'inverse, une étude montre que la fatigue est mauvaise pour la réussite du traitement. Après 45 à 60 minutes, une diminution de la vigilance et l'agacement entraînent une diminution des chances de succès et une augmentation des complications telles que la fracture instrumentale (78).

Concernant les limes, il faut éviter d'effectuer des mouvements rapides qui empêchent d'apprécier les sensations tactiles. Il ne faut pas forcer avec une même lime sur un même endroit trop longtemps car la fatigue se concentre sur un même point de la lime. Enfin, il faut éviter d'instrumenter plusieurs canaux longs et étroits avec les mêmes limes, lesquelles accumulent la fatigue et le risque la fracture (51).

Le praticien doit limiter les contraintes verticales appliquées à la lime. La main du praticien doit guider la lime dans le canal et ne pas forcer la descente de la lime (3).

6.2. Les limes rotatives de petites limes

Les limes de petite taille étant plus susceptible à la fracture par torsion, il faut éviter de les laisser se bloquer. Leur utilisation doit être effectuée avec l'aide d'un micromoteur à control de torque et à vitesse réduite (7). Plusieurs études conseillent également de n'utiliser les limes de petite taille qu'une seule fois (19, 81).

6.3. L'usage unique

Tous les fabricants de limes endodontique prônent actuellement l'usage unique. Des études ont démontré que la fracture instrumentale de limes utilisées en usage unique est très faible. Le taux de fracture pour les limes du système Wave-One® est de 1,3% par rapport au nombre de dents traitées. Le taux pour les limes ProTaper® est de 0,26% sur le nombre de limes utilisées, tandis qu'au système ProFile® aucune lime n'a subi de fracture (74, 75).

6.4. Les micromoteurs et le mouvement de réciprocité

Une étude a montré que l'utilisation de micromoteurs dédiés à l'endodontie diminuait le taux de fracture instrumentale. Des étudiants en odontologie ont reçu une formation préclinique à l'utilisation des limes de rotation continue. Ils avaient à disposition des micromoteurs endodontiques avec control de torque et « torque revers ». La prévalence de fracture instrumentale a été de 0,3% sur

le nombre totale de limes utilisées. Un protocole précis a également été respecté, en limitant de nombre d'utilisation de chaque lime (trois cas maximum) (19).

Une autre étude a montré que les réglages de torque des micromoteurs endodontiques empêchent la fracture par torsion concernant les systèmes Reciproc® et Wave-One® (9).

Le control de torque est recommandé pour les praticiens débutant avec un nouveau système de limes rotatives endodontiques. Un praticien expérimenté pourra contrôler et empêcher « l'aspiration » de la lime par effet de vissage (21).

6.5. Les vitesses de rotation et le torque

Une faible vitesse de rotation permet également de contrôler le phénomène de vissage intempestif de la lime. Les vitesses et torque d'utilisation conseillés par chaque fabricant doivent être respectés pour minimiser le risque de fracture instrumentale (81).

8. Aspect médico-légal

Vis-à-vis du patient, il est de notre devoir de l'informer lorsqu'un instrument se fracture pendant un traitement canalaire ou lorsqu'un fragment d'instrument est découvert fortuitement lors d'une radiographie de routine (80).

D'un point de vue légal, les détails des traitements et les informations données aux patients doivent être enregistrés de manière assidue dans l'historique dentaire du patient (78).

Cependant, les mots doivent être choisis pour remplir nos obligations éthiques, sans pour autant inquiéter le patient. Le patient peut vite se focaliser sur le fragment fracturé dans sa dent. Il peut alors devenir impossible de lui délivrer les explications nécessaires, comme le fait qu'un instrument fracturé n'est pas forcément un facteur d'échec. Les informations données doivent prendre en compte les facteurs décrits précédemment, à savoir :

- le moment de survenue de la fracture instrumentale,
- le degré de contamination du ou des canaux avant le début du traitement,
- à quel point l'instrument peut compromettre le scellement du canal.

Le patient doit être informé des suites possibles du traitement afin qu'il n'ait pas de mauvaises surprises (80).

CONCLUSION

Un grand choix de systèmes de limes endodontiques est actuellement disponible sur le marché. A chaque praticien revient le choix du système qui répond le mieux à ses attentes. Le traitement canalaire doit être effectué selon les données acquises de la science dans le but de réaliser une désinfection et une obturation optimale. Avant de commencer un traitement canalaire, le cas clinique doit être analysé avec précision par le praticien. Ce dernier doit informer le patient de la difficulté et des risques que peut comporter le soin endodontique. Evidemment, le discours tenu au patient est à adapter suivant la difficulté de la dent à traiter. Lorsque la lumière canalaire est peu ou pas visible à la radio, que la courbure est importante ou que l'ouverture buccale est faible, la plus forte probabilité de fracturer un instrument doit être soulignée.

Le processus de fracture instrumentale est un phénomène complexe et multifactoriel. Le facteur prépondérant repose sur leurs conditions d'utilisations. Les systèmes d'instruments en nickel-titane sont tous, dans des proportions variables, sensibles à la fracture. De plus, l'anatomie canalaire et ses variabilités ne facilitent pas la tâche du praticien. Afin de minimiser les risques de fracture, le praticien devra donc prendre toutes les précautions répertoriées. L'analyse clinique et radiographique de la dent à traiter doit être effectuée. Le protocole et les recommandations éditées par le fabricant doivent également être appliqués. Enfin, le praticien doit s'être formé à l'usage du système de préparation canalaire choisi.

Les difficultés liées au retrait de l'instrument devront alors être évaluées. Les bénéfices et les risques doivent être évalués et expliqués au patient afin de choisir avec lui la suite à donner au traitement. De nombreuses techniques de dépose d'instruments fracturés existent. Un certain nombre d'entre-elles ont fait leur preuves. L'utilisation du microscope opératoire associée aux inserts ultrasonores endodontiques est la technique la plus utilisée actuellement. Son taux de succès est élevé tout en permettant un délabrement minime de la dentine radiculaire.

Différents choix sont alors possible. Si la dépose s'avère facile à effectuer et conservatrice pour la dent, elle doit être tentée. Si les chances de succès du traitement sont bonnes mais si la dépose s'avère être trop délabrante pour la dent, le fragment peut être laissé *in-situ*. Certaines situations rendent impossible la dépose orthograde particulièrement lorsque les fragments sont localisés au-delà d'une courbure canalaire ou dans le péri-apex. La chirurgie endodontique peut alors être envisagée.

Un état infectieux préopératoire diminue le taux de succès du traitement. La dépose du fragment intra-canalaire sera donc nécessaire. Le niveau de désinfection canalaire au moment de la fracture est également un facteur important dans la décision thérapeutique. La mesure du rapport bénéfices-risques permise par une connaissance théorique et une bonne expérience clinique est la clé

du choix thérapeutique. Cependant, l'issue de ces interventions longues et délicates comportera toujours une part de variabilité.

Malgré sa complexité, l'anatomie canalaire est maintenant précisément décrite. Cependant, ces informations ne peuvent être intégralement définies dans la pratique quotidienne. L'imagerie en deux dimensions fournie par la radiographie est une limite non négligeable. Des investigations sont aujourd'hui menées sur les compléments apportés par le scanner dans le cadre d'un traitement endodontique, permettant l'obtention d'une image tridimensionnelle du système canalaire. Cette méthode d'imagerie pourrait être la prochaine révolution en endodontie.

BIBLIOGRAPHIE :

1. Pertot WJ, Pommel L. Mise en forme et nettoyage du système canalaire. In : Simon S, Machetou P, Pertot WJ. ENDODONTIE. Rueil-Malmaison : Editions CdP ; 2012. p187-217.
2. Alshehri M, Mechanical Endodontic Instrumentation. 2014.
<http://www.endoexperience.com/documents/rotationreciprocationorcombination.pdf> (consulté le 28/02/2015)
3. Oiknine M, Benizri J. Origine des fractures et de l'usure des limes Ni-Ti en endodontie. rev Odont Stomat 2007;36:109-123.
4. Pereira ÉSJ, Viana ACD, Buono VTL, Peters OA, Azevedo Bahia MG de. Behavior of Nickel-Titanium Instruments Manufactured with Different Thermal Treatments. J Endod. 2015;41(1):67-71.
5. Pereira ESJ, Gomes RO, Leroy AMF, Singh R, Peters OA, Bahia MGA, et al. Mechanical behavior of M-Wire and conventional NiTi wire used to manufacture rotary endodontic instruments. Dent Mater. 2013;29(12):e318-324.
6. JORDAN L, ROCHER P. Les alliages Nickel-Titane (NiTi). Société Francophone de Biomateriaux Dentaires. Support de Cours (Version PDF) 2009-2010.
<http://campus.cerimes.fr/odontologie/enseignement/chap16/site/html/cours.pdf> (consulté le 18/02/2015).
7. Guilford WL, Lemons JE, Eleazer PD. A comparison of torque required to fracture rotary files with tips bound in simulated curved canal. J Endod. 2005;31(6):468-470.
8. Patoor E, Berveiller M. Les alliages à mémoire de forme. Paris, France: Hermès, impr. 1990; 1990. 62 p.
9. Kim J-W, Ha J-H, Cheung GS-P, Versluis A, Kwak S-W, Kim H-C. Safety of the Factory Preset Rotation Angle of Reciprocating Instruments. J Endod. 2014;40(10):1671-1675.
10. Peters OA, Roehlike JO, Baumann MA. Effect of immersion in sodium hypochlorite on torque and fatigue resistance of nickel-titanium instruments. J Endod. 2007;33(5):589-593.
11. Shen Y, Winestock E, Cheung GS, Haapasalo M. Defects in Nickel-Titanium Instruments after Clinical Use. Part 4: An Electropolished Instrument. J Endod. 2009;35(2):197-201.
12. Shen Y, Riyahi AM, Campbell L, Zhou H, Du T, Wang Z, et al. Effect of a Combination of Torsional and Cyclic Fatigue Preloading on the Fracture Behavior of K3 and K3XF Instruments. J Endod. 2015;41(4):526-530.
13. Campbell L, Shen Y, Zhou H-M, Haapasalo M. Effect of fatigue on torsional failure of nickel-titanium controlled memory instruments. J Endod. 2014;40(4):562-565.
14. Jintao Wu GL. Instrument Separation Analysis of Multi-used ProTaper Universal Rotary System during Root Canal Therapy. J Endod. 2011;37(6):758-763.
15. Khurana P, Khurana K. Effect of curvature angle and rotational speed on fracture of various Ni-Ti rotary files used in extracted molars. J Restor Dent. 2013;1(2):49-54.

16. Chiara Pirani PPC. Cyclic Fatigue Testing and Metallographic Analysis of Nickel-Titanium Rotary Instruments. *J Endod.* 2011;37(7):1013- 1016.
17. Nguyen HH, Fong H, Paranjpe A, Flake NM, Johnson JD, Peters OA. Evaluation of the Resistance to Cyclic Fatigue among ProTaper Next, ProTaper Universal, and Vortex Blue Rotary Instruments. *J Endod.* 2014;40(8):1190- 3.
18. Louisiana State University. Effects of manufacturing techniques on cyclic fatigue and torsional properties of nickel-titanium rotary endodontic files. 2011.
http://www.hyflexcm.com/devdownloads/study_abideresearchstudylsu_april2011.pdf (consulté le 10/02/2015).
19. Shen Y, Coil JM, Haapasalo M. Defects in nickel-titanium instruments after clinical use. Part 3: a 4-year retrospective study from an undergraduate clinic. *J Endod.* 2009;35(2):193- 196.
20. Tsujimoto M, Irifune Y, Tsujimoto Y, Yamada S, Watanabe I, Hayashi Y. Comparison of Conventional and New-generation Nickel-Titanium Files in Regard to Their Physical Properties. *J Endod.* 2014;40(11):1824- 1829.
21. Yared G, Bou Dagher F, Kulkarni K. Influence of torque control motors and the operator's proficiency on ProTaper failures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003;96(2):229- 233.
22. RaCe® (FKG™) Brochure commerciale
http://www.fkg.ch/sites/default/files/fkg_race_family_brochure_fr.pdf (consulté le 14/02/2015)
23. ProFile® (Dentsply Maillefer™), Brochure commerciale.
<http://www.medicalexpo.fr/prod/dentsply-maillefer/lime-endodontique-rotative-niti-72098-464726.html> (consulté le 26/03/2015)
24. ProTaper Next®, (Dentsply™), Brochure commerciale.
http://www.dentsply.fr/export/sites/default/.content/datas/technical-supports/Brochures/081_03.2013_brochure_protaper_next.pdf (consulté le 15/03/2015)
25. Elnaghy AM, Elsaka SE. Assessment of the Mechanical Properties of ProTaper Next Nickel-Titanium Rotary Files. *J Endod.* 2014;40(11):1830- 1834.
26. Xu X, Eng M, Zheng Y, Eng D. Comparative Study of Torsional and Bending Properties for Six Models of Nickel-Titanium Root Canal Instruments with Different Cross-Sections. *J Endod.* 2006;32(4):372- 375.
27. Zinelis S, Eliades T, Eliades G. A metallurgical characterization of ten endodontic Ni-Ti instruments: assessing the clinical relevance of shape memory and superelastic properties of Ni-Ti endodontic instruments. *Int Endod J.* 2010;43(2):125- 134.
28. Alapati SB, Brantley WA, Iijima M, Clark WAT, Kovarik L, Buie C, et al. Metallurgical characterization of a new nickel-titanium wire for rotary endodontic instruments. *J Endod.* 2009;35(11):1589- 1593.
29. Pérez-Higueras JJ, Arias A, de la Macorra JC, Peters OA. Differences in Cyclic Fatigue Resistance between ProTaper Next and ProTaper Universal Instruments at Different Levels. *J Endod.* 2014;40(9):1477- 1481.

30. Gao Y, Gutmann JL, Wilkinson K, Maxwell R, Ammon D. Evaluation of the Impact of Raw Materials on the Fatigue and Mechanical Properties of ProFile Vortex Rotary Instruments. *J Endod.* 2012;38(3):398-401.
31. Ha J-H, Kim SK, Cohenca N, Kim H-C. Effect of R-phase heat treatment on torsional resistance and cyclic fatigue fracture. *J Endod.* 2013;39(3):389-393.
32. Shen Y, Zhou H, Zheng Y, Campbell L, Peng B, Haapasalo M. Metallurgical Characterization of Controlled Memory Wire Nickel-Titanium Rotary Instruments. *J Endod.* 2011;37(11):1566-1571.
33. Testarelli L, Plotino G, Al-Sudani D, Vincenzi V, Giansiracusa A, Grande NM, et al. Bending properties of a new nickel-titanium alloy with a lower percent by weight of nickel. *J Endod.* 2011;37(9):1293-1295.
34. Peters OA, Gluskin AK, Weiss RA, Han JT. An in vitro assessment of the physical properties of novel Hyflex nickel-titanium rotary instruments. *Int Endod J.* 2012;45(11):1027-1034.
35. Bui TB, Mitchell JC, Baumgartner JC. Effect of Electropolishing ProFile Nickel-Titanium Rotary Instruments on Cyclic Fatigue Resistance, Torsional Resistance, and Cutting Efficiency. *J Endod.* 2008;34(2):190-193.
36. Praisarnti C, Chang JWW, Cheung GSP. Electropolishing enhances the resistance of nickel-titanium rotary files to corrosion-fatigue failure in hypochlorite. *J Endod.* 2010;36(8):1354-1357.
37. Li UM, Chiang YC, Chang WH. Study of the effects of thermal nitriding surface modification of nickel titanium rotary instruments on the wear resistance and cutting efficiency. *J Dent Sci* 2006;1(2):53-58.
38. Alphakite® (Komet™) Brochure commerciale. http://www.kometdental.de/uploads/media/404400V0_Fly_KF_AKS_05.pdf (consulté le 25/03/2015)
39. Gambarini G, Plotino G, Grande NM, Al-Sudani D, De Luca M, Testarelli L. Mechanical properties of nickel-titanium rotary instruments produced with a new manufacturing technique. *Int Endod J.* 2011;44(4):337-341.
40. Revo-S® MICROMEGA™, Brochure commerciale. http://micro-mega.com/wp-content/uploads/2012/10/MMRevo-S_brochure.pdf (consulté le 14/02/2015).
41. Pedullà E, Franciosi G, Ounsi HF, Tricarico M, Rapisarda E, Grandini S. Cyclic Fatigue Resistance of Nickel-Titanium Instruments after Immersion in Irrigant Solutions with or without Surfactants. *J Endod.* 2014;40(8):1245-1249.
42. Pedullà E, Grande NM, Plotino G, Pappalardo A, Rapisarda E. Cyclic fatigue resistance of three different nickel-titanium instruments after immersion in sodium hypochlorite. *J Endod.* 2011;37(8):1139-1142.
43. Vadhana S, SaravanaKarthikeyan B, Nandini S, Velmurugan N. Cyclic fatigue resistance of RaCe and Mtwo rotary files in continuous rotation and reciprocating motion. *J Endod.* 2014;40(7):995-999.

44. Pedullà E, Grande NM, Plotino G, Gambarini G, Rapisarda E. Influence of continuous or reciprocating motion on cyclic fatigue resistance of 4 different nickel-titanium rotary instruments. *J Endod.* 2013;39(2):258- 261.
45. Gambarini G, Gergi R, Naaman A, Osta N, Al Sudani D. Cyclic fatigue analysis of twisted file rotary NiTi instruments used in reciprocating motion. *Int Endod J.* 2012;45(9):802- 806.
46. Gambarini G, Rubini AG, Al Sudani D, Gergi R, Culla A, De Angelis F, et al. Influence of different angles of reciprocation on the cyclic fatigue of nickel-titanium endodontic instruments 2012. *J Endod.* 2012;38(10):1408- 1411.
47. Ha J-H, Kim S-R, Versluis A, Cheung GS-P, Kim J-W, Kim H-C. Elastic Limits in Torsion of Reciprocating Nickel-Titanium Instruments. *J Endod.* 2015;41(5):715- 719.
48. Spagnuolo G, Ametrano G, D'Antò V, Rengo C, Simeone M, Riccitiello F, et al. Effect of autoclaving on the surfaces of TiN-coated and conventional nickel-titanium rotary instruments. *Int Endod J.* 2012;45(12):1148- 1155.
49. Rahimi M, Parashos P. A novel technique for the removal of fractured instruments in the apical third of curved root canals. *Int Endod J.* 2009;42(3):264- 270.
50. Gencoglu N, Helvacioglu D. Comparison of the different techniques to remove fractured endodontic instruments from root canal systems. *Eur J Dent.* 2009;3(2):90- 95.
51. Andrabi SM-U-N, Kumar A, Iftekhhar H, Alam S. Retrieval of a separated nickel-titanium instrument using a modified 18-gauge needle and cyanoacrylate glue: a case report. *Restor Dent Endod.* 2013;38(2):93- 97.
52. Mallet JP, Deveaux E. Aide visuelles en endodontie. In : Simon S, Machetou P, Pertot WJ. *ENDODONTIE.* Rueil-Malmaison : Editions CdP ; 2012. p463—480.
53. Shiyakov KK, Vasileva RI. SUCCESS FOR REMOVING OR BYPASSING INSTRUMENTS FRACTURED BEYOND THE ROOT CANAL CURVE – 45 CLINICAL CASES. *J IMAB - Annu Proceeding Sci Pap.* 2014;20(3):567- 571.
54. Kayat B, Michonneau JC. Inserts à ultrasons en endodontie conventionnelle. *L'INFORMATION DENTAIRE* n° 10 - 7 mars 2007.
http://www.cpeastudyclub.org/Site_du_CPEA/Publications_files/Inserts%20a%20ultrasons.pdf (consulté le 29/03/2015).
55. Satelec® (ACTEON™) Brochure commerciale. <http://www.acteongroup-products.com/et25-s-tip.html> (consulté le 02/03/2015).
56. Microkit de Masserann (MICROMEGA™). Boutique en ligne. <http://micro-mega.com/en/masserann-micro-kit/packaging/> (consulté la 4/03/2015)
57. Microkit de Masserann. Brochure mode d'emploi. http://www.js-davis.co.uk/uploads/resources/MASSERANN_070411_FR-EN-DE.pdf (consulté le 25/02/2015)
58. Al-Zahrani M, Al-Nazhan S. Retrieval of separated instruments using a combined method with a modified vista dental tip. *Saudi Endod J.* 2012;2(1):41-45.

59. Hülsmann M. Methods for removing metal obstructions from the root canal. *Endod Dent Traumatol.* déc 1993;9(6):223- 37.
60. Endo Extractor®, (Roydent™). Brochure commerciale
http://www.roydent.com/spec_sheets/Endo_Extractor_lit.pdf (consulté le 25/02/2015)
61. Endo Safety® (MEITRACT™). Brochure commercial.
http://www.meisingerapp.com/themes/meisinger/uploads/literature/xH26x1dLnBjZ2KyEBF_dfYEj6nts4O3KsYr2phOWON7arhPFaH.pdf. (Consulté le 01/03/2015)
62. Ruddle CJ. 29 CANCELLIER Nonsurgical Retreatment. *J Endod.* 2004;30(12):827- 45.
63. Cancellier® (SybronEndo™). Brochure commercial.
<http://eu.sybronendo.com/index/sybronendo-retreat-cancellier-02>. (consulté le 01/03/2015)
64. Munce CJ. The S.I.R. System: Separated Instrument Retrieval Using Various-Diameter, Dead-Soft Bonded Tubes. *Dentistry Today.* 2002.
<http://www.dentistrytoday.com/endodontics/1055--sp-93865056> (consulté le 03/04/2015).
65. Martin D. Removal of a fractured instrument with a new extractor: clinical cases. *International Dentistry – African Edition.* 2013;1(3):50-58.
66. Hülsmann M. The removal of silver cones and fractured instruments using the Canal Finder System. *J Endod.* 1990;16(12):596- 600.
67. Ormiga F, Aboud LRL. Electrochemical-induced dissolution of nickel-titanium endodontic instruments with different designs. *Int Endod J.* 2014;48(4):342-350.
68. Farge P, Nahas P, Bonin P. In vitro study of a Nd:YAP laser in endodontic retreatment. *J Endod.* mai 1998;24(5):359- 363.
69. Yu DG, Kimura Y, Tomita Y, Nakamura Y, Watanabe H, Matsumoto K. Study on removal effects of filling materials and broken files from root canals using pulsed Nd:YAG laser. *J Clin Laser Med Surg.* 2000;18(1):23- 28.
70. Shenoy A, Mandava P, Bolla N, Vemuri S. A novel technique for removal of broken instrument from root canal in mandibular second molar. *Indian J Dent Res Off Publ Indian Soc Dent Res.* 2014;25(1):107- 110.
71. Khayat B, Jouanny G. Choisir la chirurgie endodontique. *EDP Dentaire, La référence du monde dentaire.* <http://www.edp-dentaire.fr/clinique/endodontie/960-choisir-la-chirurgie-endodontique>. (consulté le 1/03/2015)
72. Panitvisai P, Parunnit P, Sathorn C, Messer HH. Impact of a retained instrument on treatment outcome: a systematic review and meta-analysis. *J Endod.* 2010;36(5):775- 780.
73. Spili P, Parashos P, Messer HH. The impact of instrument fracture on outcome of endodontic treatment. *J Endod.* 2005;31(12):845- 850.
74. Shen Y, Coil JM, McLean AGR, Hemerling DL, Haapasalo M. Defects in nickel-titanium instruments after clinical use. Part 5: single use from endodontic specialty practices. *J Endod.* 2009;35(10):1363- 1367.

75. Cunha RS, Junaid A, Ensinas P, Nudera W, Bueno CE da S. Assessment of the separation incidence of reciprocating WaveOne files: a prospective clinical study. *J Endod.* 2014;40(7):922- 924.
76. Hülsmann M, Schinkel I. Influence of several factors on the success or failure of removal of fractured instruments from the root canal. *Endod Dent Traumatol.* 1999;15(6):252 - 258.
77. Suter B, Lussi A, Sequeira P. Probability of removing fractured instruments from root canals. *Int Endod J.* 2005;38(2):112- 123.
78. McGuigan MB, Louca C, Duncan HF. Clinical decision-making after endodontic instrument fracture. *Br Dent J.* 2013;214(8):395- 400.
79. Cujé J, Bargholz C, Hülsmann M. The outcome of retained instrument removal in a specialist practice. *Int Endod J.* 2010;43(7):545- 554.
80. Simon S, Machtou P, Tomson P, Adams N, Lumley P. Influence of fractured instruments on the success rate of endodontic treatment. *Dent Update.* 2008;35(3):172 - 179.
81. Choksi D, Idnani B, Kalaria D, Patel RN. Management of an intracanal separated instrument: a case report. *Iran Endod J.* 2013;8(4):205- 207.
82. Rosen E, Azizi H, Friedlander C, Taschieri S, Tsesis I. Radiographic Identification of Separated Instruments Retained in the Apical Third of Root Canal–filled Teeth. *J Endod.* 2014;40(10):1549- 1552.
83. Souter N, Messer H. Complications Associated with Fractured File Removal Using an Ultrasonic Technique. *J Endod.* 2005;31(6):450- 452.
84. Shen Y, Peng B, Cheung GS-P. Factors associated with the removal of fractured NiTi instruments from root canal systems. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2004;98(5):605- 610.
85. Roché M. JSOP / n°5 / mai2011. Layout 1 - CR_Journee_televisée_en_endodontie-_janvier_2011-SOP.pdf
http://www.sop.asso.fr/admin/documents/mediadoc/MDD0000004/CR_Journee_televisée_en_endodontie-_janvier_2011-SOP.pdf (consulté le 01/04/2015).

TABLE DES MATIERES :

FIGURES :

Figure 29 : de haut en bas : tire-nerf, lime H, lime K et broche (1)

Figure 30 : lentulo (1)

Figure 31 : structure de l'austénite et de la martensite d'un alliage NiTi (6)

Figure 32 : diagramme d'état pour la transition austénite/martensite (8)

Figure 33 : section des limes RaCe®, ProFile® et PorTaper Next® (22, 23, 24)

Figure 34 : vues en microscopie électronique à balayage des surfaces des limes ProFile® électropolies (PF), ProFile Vortex® (PV), Vortex Blue® (VB), K3® (K3) et KA-XF® (XF) (20)

Figure 35 : Face décalée d'une lime Revo-S® (40)

Figure 36 : profils des limes ProTaper Next® (A) lime classique (B) et RaCe® (C) (22, 24)

Figure 9 : Vue en microscopie électronique montrant les marques typiques d'une fracture par torsion : fossettes proche du centre et des stries d'abrasions circulaires. (A-C) PTN, (D-F) TF, (G-I) RC (25)

Figure 10 : vue en microscopie électronique de détorsion (A) et initiation de fracture (C) (16)

Figure 37 : Limes rongée par la corrosion d'une solution de NaCl à 5% pendant 2h à 60°C (10)

Figure 38 : loupes simples (52)

Figure 39 : un microscope opératoire (52)

Figure 40 : vision sous microscope d'un instrument fracturé dans le canal disto vestibulaire d'une molaire maxillaire (52)

Figure 41 : Kit Endo Success™ : Inserts ET18D, ET20, ET25, ET25S, ETBD, ETPR (55)

Figure 42: Elimination d'un fragment d'instrument fracturé profondément, avec un insert SATELEC ET25 (54)

Figure 43 : microkit de Masserann (56)

Figure 44 : Accès au fragment à l'aide d'une fraise ronde et d'un foret de Gates (57)

Figure 45 : Dégagement et préhension du fragment (57)

Figure 46 : schéma des extracteurs et du trépan du système Endo Extractor (60)

Figure 47 : Kit n°2 du système Endo Safety (61)

Figure 48 : kit Cancellier (63)

Figure 49 : Le S.I.R. (64)

Figure 50 : kit Endo Rescue®, Komet™ (65)

Figure 51 : Illustration de la technique tube + lime avec un fragment déposé (49)

Figure 52 : radiographie avant extraction et réimplantation (A), et contrôle à 1 an post-opératoire (B) (70)

Figure 53 : radiographie montrant le bris d'instrument dans la racine distale d'une 46 (49)

Figure 54 : Le bris d'instrument retiré avec le cône de gutta-percha (49)

Figure 55 : schéma d'une 46 et une 45 fragilisées après la dépose d'un instrument fracturé (84)

Figure 56 : arbre décisionnel de la gestion de la fracture instrumentale en endodontie

TABLEAUX :

Tableau 5 : Pourcentage de fracture instrumentale suivant de degré de courbure canalaire (14)

Tableau 6 : Pourcentage de fracture suivant le type d'instrument utilisé (14)

Tableau 7 : taux de succès à la dépose suivant le type de dent (76)

Tableau 8: taux de succès du traitement canalaire d'après la méta-analyse de Panitvisai et coll. (72)

2015 LYO 1D 038	
FRANCOIS Tibère – Gestion des fractures instrumentales en endodontie (Thèse : Chir. Dent. : Lyon : 2015.000) 2015 LYO 1D 038	
Les fractures instrumentales en endodonties sont multifactorielles. Une mauvaise utilisation de la part du praticien et une anatomie pulpo-radulaire compliquée sont les principales causes de fracture. Les risques de fractures sont faibles mais représentent un des incidents les plus embarrassants dans la pratique quotidienne. La dépose d'un fragment fracturé représente donc un véritable enjeu pour la pérennité du traitement canalaire. De nombreuses techniques ont été inventées, mais l'arrivée du microscope et des inserts ultrasonores en endodontie ces dernières années ont bouleversé les méthodes employées. Bien que mal perçue, la fracture d'un instrument n'est pas forcément vecteur de mauvais pronostic. Ce dernier dépend en grande partie de la situation clinique lors de la fracture. Lorsqu'une dépose instrumentale s'avère compliquée et dangereuse pour la dent, s'abstenir peut être la meilleure des solutions.	
<u>Rubrique de classement :</u>	Odontologie Conservatrice et Endodontie
<u>Mots clés :</u>	-endodontie -fracture instrumentale -techniques de dépose
<u>Mots clés en anglais :</u>	-endodontics -instrumental fracture -instrument removal techniques
<u>Jury :</u> Président : Assesseurs :	<u>Monsieur le Professeur Jean-Christophe Maurin</u> Monsieur le Docteur François Virard Monsieur le Docteur Christophe Jeannin Madame le Docteur Anne Barbier
<u>Adresse de l'auteur :</u>	Tibère François 57, clos de l'angrenaz 74700 Sallanches