ACADÉMIE D'AIX-MARSEILLE

Évaluation comparée des fractures instrumentales en rotation continue et en réciprocité

THÈSE

Présentée et publiquement soutenue devant la

Faculté d'Odontologie de Marseille
(Doyen : Monsieur le Professeur Jacques DEJOU)

Aix Marseille Université
(Président : Monsieur le Professeur Yvon BERLAND)

Le 22 mars 2018

par

PENSO Laura
née le 23 octobre 1992
à MARSEILLE

Pour obtenir le Diplôme d'État de Docteur en Chirurgie Dentaire

EXAMINATEURS DE LA THÈSE :

Président	:	Monsieur le Professeur	F. BUKIET
Assesseurs	:	Monsieur le Docteur	G. ABOUDHARAM
		Madame le Docteur	E. TERRER
		Madame le Docteur	M. GUIVARC'H

ACADÉMIE D'AIX-MARSEILLE

Évaluation comparée des fractures instrumentales en rotation continue et en réciprocité

THÈSE

Présentée et publiquement soutenue devant la

Faculté d'Odontologie de Marseille
(Doyen : Monsieur le Professeur Jacques DEJOU)

Aix Marseille Université
(Président : Monsieur le Professeur Yvon BERLAND)

Le 22 mars 2018

par

PENSO Laura
née le 23 octobre 1992
à MARSEILLE

Pour obtenir le Diplôme d'État de Docteur en Chirurgie Dentaire

EXAMINATEURS DE LA THÈSE :

Président	:	Monsieur le Professeur	F. BUKIET
Assesseurs	:	Monsieur le Docteur	G. ABOUDHARAM
		Madame le Docteur	E. TERRER
		Madame le Docteur	M. GUIVARC'H

Faculté d'Odontologie
Aix+Marseille Université

ADMINISTRATION

(mise à jour décembre 2017)

DOYENS HONORAIRES	Professeur	R. SANGIUOLO
	Professeur	H. ZATTARA
	Professeur	A. SALVADORI
DOYEN	Professeur	J. DEJOU
VICE – DOYEN CHARGÉ DES ENSEIGNEMENTS DIRECTEUR DU DÉPARTEMENT DE FORMATION INITIALE	Professeur	J.D. ORTHLIEB
VICE – DOYEN CHARGÉ DE LA RECHERCHE DIRECTEUR DU DÉPARTEMENT DE LA RECHERCHE	Professeur	C. TARDIEU
DIRECTEUR DU DÉPARTEMENT DE FORMATION CONTINUE	Professeur	V. MONNET-CORTI
CHARGÉS DE MISSION	Professeur	F. BUKIET
	Professeur	A. RASKIN
RESPONSABLE DES SERVICES ADMINISTRATIFS	Madame	C. BONNARD
PROFESSEUR ÉMÉRITE	Professeur	O. HUE

LISTE DES ENSEIGNANTS

56ème SECTION : DEVELOPPEMENT, CROISSANCE ET PREVENTION

56.01 ODONTOLOGIE PÉDIATRIQUE ET ORTHOPÉDIE DENTO-FACIALE

ODONTOLOGIE PÉDIATRIQUE

Professeur	C. TARDIEU *	Assistant	I. BLANCHET
Maître de Conférences	D. BANDON	Assistant	V. MAGNAN
Maître de Conférences	A. CHAFAIE		
Maître de Conférences associé	A. CAMOIN		

ORTHOPÉDIE DENTO-FACIALE

Maître de Conférences	J. BOHAR	Assistant	M. BARBERO
Maître de Conférences	E. ERARD	Assistant	I. CAMBON
Maître de Conférences	J. GAUBERT	Assistant	L. LEVY
Maître de Conférences	M. LE GALL *	Assistant	R. MATTERA
Maître de Conférences	C. PHILIP-ALLIEZ	Assistant	C. MITTLER
		Assistant	A. PATRIS-CHARRUET

56.02 PRÉVENTION - ÉPIDÉMIOLOGIE - ÉCONOMIE DE LA SANTÉ - ODONTOLOGIE LÉGALE

Professeur	B. FOTI *	Assistant	J. SCIBILIA
Maître de Conférences	D. TARDIVO		

* Responsable de la discipline

57ème SECTION :
CHIRURGIE ORALE ; PARODONTOLOGIE ; BIOLOGIE ORALE

57.01 CHIRURGIE ORALE ; PARODONTOLOGIE ; BIOLOGIE ORALE

PARODONTOLOGIE

Professeur	V. MONNET-CORTI *	Assistant	A. BOYER
		Assistant	C. DUMAS
		Assistant	V. MOLL
		Assistant	A. MOREAU

CHIRURGIE BUCCALE – PATHOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE - ANESTHÉSIOLOGIE – RÉANIMATION

Maître de Conférences	D. BELLONI	Assistant	E. QUINQUE
Maître de Conférences	J. H. CATHERINE *		
Maître de Conférences	P. ROCHE-POGGI		
Maître de Conférences associé	F. CAMPANA		

BIOLOGIE ORALE

Maître de Conférences	P. LAURENT	Assistant	C. LE FOURNIS

65EME SECTION : BIOLOGIE CELLULAIRE

Professeur	I. ABOUT *	(Responsable de la Biologie orale)

58ème SECTION :
REHABILITATION ORALE

58.01 RESTAURATRICE, ENDODONTIE, PROTHESES, FONCTION-DYSFONTION, IMAGERIE, BIOMATÉRIAUX

ODONTOLOGIE CONSERVATRICE, ENDODONTIE

Professeur	F. BUKIET *	Assistant	B. BALLESTER
Professeur	H. TASSERY	Assistant	H. DE BELENET
Maître de Conférences	G. ABOUDHARAM	Assistant	A. FONTES
Maître de Conférences	C. PIGNOLY	Assistant	M. GLIKPO
Maître de Conférences	L. POMMEL	Assistant	S. MANSOUR
Maître de Conférences	E. TERRER	Assistant	L. ROLLET
Maître de Conférences associé	M. GUIVARC'H		

PROTHÈSE

Professeur	M. RUQUET *	Assistant	M. DODDS
Maître de Conférences	G. LABORDE	Assistant	N. CHAUDESAYGUES
Maître de Conférences	M. LAURENT	Assistant	A. FERDANI
Maître de Conférences	B.E. PRECKEL	Assistant	C. MENSE
Maître de Conférences	G. STEPHAN	Assistant	C. NIBOYET
Maître de Conférences	P. TAVITIAN	Assistant	A. REPETTO
Maître de Conférences	A. TOSELLO	Assistant	A. SETTE
Maître de Conférences associé	R. LAN		
Maître de Conférences associé	G. MAILLE		

SCIENCES ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES OCCLUSODONTOLOGIE, BIOMATÉRIAUX, BIOPHYSIQUE, RADIOLOGIE

Professeur	J. DEJOU	Assistant	M. JEANY
Professeur	J. D. ORTHLIEB *		
Professeur	A. RASKIN		
Maître de Conférences	A. GIRAUDEAU		
Maître de Conférences	B. JACQUOT		
Maître de Conférences	J. P. RÉ		
Maître de Conférences associé	T. GIRAUD		

***** Responsable de la discipline

Remerciements …

A Monsieur le Professeur BUKIET Fréderic,
Président de Jury, Professeur Universitaire - Praticien Hospitalier.

Je vous remercie pour m'avoir fait l'honneur de présider cette thèse et pour l'enseignement que vous nous avez apporté.
Veuillez recevoir le témoignage de ma gratitude, de mon estime et de mon plus profond respect.

A Madame le Docteur TERRER Elodie,
Maître de Conférences des Universités.

Je vous remercie pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de faire partie de mon jury.
Pour votre gentillesse et la qualité de vos enseignements.
Soyez assurée de l'expression de mes remerciements sincères et de mon plus profond respect.

A Monsieur le Docteur ABOUDHARAM Gérard,
Maître de Conférences des Universités.

Je vous remercie pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de faire partie de mon jury.
Pour votre pédagogie et vos enseignements.
Veuillez trouver ici le témoignage de mes remerciements sincères et de mon plus profond respect.

A Madame le Docteur GUIVARC'H Maud,

Directrice de thèse,

Maître de Conférences associée des Universités.

Je vous remercie pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la direction de cette thèse, pour votre disponibilité tout au long de sa réalisation et vos précieux conseils qui m'ont permis de mener à bien ce travail.

Veuillez trouver ici l'expression de mon entière gratitude et de mon plus profond respect.

Tables des matières

INTRODUCTION 1

CHAPITRE 1. GÉNÉRALITÉS 3

I. RAPPELS SUR LES FRACTURES INSTRUMENTALES 3

1. Les différents types de fractures instrumentales 3

1.1. Fractures par torsion 3

1.2. Fractures par fatigue cyclique 4

1.3. Fractures combinées associant phénomène de torsion et fatigue cyclique 5

2. Conséquences des fractures instrumentales 5

3. Conduite à tenir en cas de fractures instrumentales 7

3.1. Thérapeutique 7

3.2. Informative 7

4. Moyens de prévention des fractures instrumentales 8

II. MISE AU POINT SUR LES DIFFÉRENTS TYPES DE DYNAMIQUES INSTRUMENTALES EN ENDODONTIE 9

1. Le mouvement de rotation continue 9

1.1. Définition 9

1.2. Exemple de systèmes utilisés en rotation continue 9

1.2.1. Tableau 1 : Exemple de systèmes pluri-instrumentaux utilisés en rotation continue 10

1.2.2. Tableau 2 : Exemple de systèmes mono-instrumentaux utilisés en rotation continue 11

2. Le mouvement de réciprocité 12

2.1. Le mouvement de réciprocité oscillant complet 12

2.2. Le mouvement de réciprocité partiel ou asymétrique 12

2.2.1. Définition 12

2.2.2. Description des systèmes utilisant la réciprocité 13

a. Wave One® 13

b. Reciproc® 15

c. Unicone® 17

2.3. Le mouvement de réciprocité hybride 18

2.3.1. Twisted File Adaptive® 18

CHAPITRE 2. REVUE DE LA LITTERATURE DES ÉTUDES PORTANT SUR LES FRACTURES INSTRUMENTALES EN RÉCIPROCITÉ ASYMÉTRIQUE 20

I. MATÉRIEL ET MÉTHODE 20

1. Définition de mots-clés 20

2. Exposé de la méthode d'inclusion des articles 20

II. RÉSULTATS 21

1. Présentation des protocoles des tests de résistance retrouvés dans les publications 21

1.1. Test de résistance à la fatigue cyclique (RFC) 21

1.2. Test de résistance à la flexion 23

1.3. Test de résistance à la torsion (RTor) 23

2. Analyse de la recherche bibliographique 25

2.1. Tableau 3 : Synthèse des résultats des études in vitro présentant une comparaison de la résistance mécanique d'instruments animés par un mouvement de réciprocité avec des instruments dédiés à la rotation continue 26

2.2. Tableau 4 : Synthèse des résultats des études in vitro présentant une comparaison de la résistance mécanique d'instruments dédiés à la réciprocité 30

2.3. Tableau 5 : Synthèse des résultats des études in vivo et ex vivo étudiant les propriétés mécaniques des instruments dédiés à la réciprocité 35

III. DISCUSSION 37

CONCLUSION 41

TABLE DES ILLUSTRATIONS 42

TABLE DES TABLEAUX 43

BIBLIOGRAPHIE I

INTRODUCTION

Le traitement endodontique a pour objectif de traiter les pathologies de la pulpe et du periapex. C'est l'étape de mise en forme canalaire qui permettra de réaliser les procédures de désinfection et d'obturation dans de bonnes conditions. Dès 1974, Shilder énonçait les objectifs de cette mise en forme : une conicité régulière, le respect de la trajectoire canalaire, le maintien d'un foramen étroit en position initiale (1). Ces objectifs, bien que clairement définis ne sont pourtant pas obtenus systématiquement et les études montrent qu'une faible proportion des traitements endodontiques effectués en France et plus généralement au travers le monde, sont considérés comme satisfaisants (2–4). Ces traitements endodontiques non conformes aux données acquises de la science posent un véritable problème de santé publique ; ils sont responsables de phénomènes infectieux aigus et chroniques et peuvent aboutir à l'extraction de la dent concernée.

Si les objectifs de l'endodontie sont restés strictement identiques au fil des années, les moyens techniques d'y arriver ont connu eux des avancées majeures. Les échecs de soin et leurs conséquences ont conduit à des évolutions techniques constantes ayant pour but de simplifier les manœuvres endodontiques et ainsi favoriser l'obtention de résultats reproductibles de qualité tout en respectant les recommandations de bonne pratique (HAS 2008) (5). Parmi ces évolutions, on peut citer l'apparition de l'endodontie mécanisée succédant à une instrumentation strictement manuelle, l'amélioration des alliages utilisés, l'amélioration des designs instrumentaux, et enfin ce qui nous intéressera plus particulièrement dans ce travail : l'introduction d'une nouvelle dynamique instrumentale.

L'avènement de la rotation continue à l'aide des instruments rotatifs nickel-titane (Ni-Ti) dans les années 90 a permis des avancées considérables en matière de facilité et reproductibilité des préparations canalaires. Ces derniers offrent de nombreux avantages par rapport aux instruments classiques en acier inoxydable, se révélant plus flexibles, super-élastiques et possédant une efficacité de coupe accrue. Il a cependant été reproché à ces instruments de présenter un risque élevé de fracture par rapport aux instruments manuels, ces fractures pouvant avoir des répercussions directes sur le taux de succès des traitements endodontiques (6). Le mouvement de rotation continue était directement incriminé dans ces taux de fracture (7). À la fin des années 2000, Yared propose un nouveau concept de mise en forme faisant appel à des instruments à usage unique animés d'un mouvement de réciprocité dite « partielle » ou « asymétrique » (8). Cette dynamique instrumentale permettrait aux

instruments de mieux résister à la fatigue cyclique ainsi qu'aux efforts en torsion, avec pour conséquence une diminution du taux de fractures instrumentales (6,9).

Depuis l'apparition de la réciprocité asymétrique (RA), de nombreuses études ont été conduites sur la résistance à la fracture instrumentale des systèmes utilisant ce mouvement ; l'objectif de ce travail était de conduire une revue de la littérature de ces études.

Dans une première partie, nous effectuerons des rappels mécaniques et biologiques relatifs aux fractures instrumentales ainsi qu'une présentation du concept de RA et des instruments qui lui sont associés.

La seconde partie de ce travail concernera la compilation et l'analyse critique des études disponibles sur la résistance à la fracture instrumentale des systèmes de mise en forme canalaire utilisés en RA.

CHAPITRE 1. GÉNÉRALITÉS

I. RAPPELS SUR LES FRACTURES INSTRUMENTALES

Évènements indésirables des procédures endodontiques, les fractures instrumentales sont redoutées des praticiens. Les études établissent qu'entre 0,7 % et 7,4 % des traitements endodontiques sont concernés par une fracture instrumentale, pour une moyenne de 1,6 % (10).

Beaucoup de facteurs peuvent influer sur le comportement des instruments et favoriser leur fracture :

- des facteurs propres à l'instrumentation (type de système utilisé, nombre d'utilisation des instruments, vitesse de rotation et torque, méthodes de stérilisation),
- des facteurs liés à l'anatomie canalaire (diamètre canalaire, angle et rayon de courbure du canal),
- l'expérience du praticien et sa capacité à suivre le protocole d'utilisation (11).

C'est généralement le cumul de plusieurs facteurs de risque qui conduira à la fracture instrumentale.

1. Les différents types de fractures instrumentales

On distingue deux types de fractures : les fractures de torsion et de fatigue cyclique. En pratique, bien que les fractures résultent le plus souvent d'une combinaison des deux types, l'effet de torsion est généralement prédominant dans la survenue des fractures (12).

1.1. Fractures par torsion

Ce type de fracture est aussi appelé « fracture ductile » (13). Lors de l'application d'une torsion sur un instrument, celui-ci subit une déformation élastique. Si l'effet de torsion s'arrête l'instrument peut reprendre sa forme initiale à condition que sa limite élastique n'ait pas été atteinte. Si la limite élastique est atteinte, la déformation devient permanente et peut aboutir à terme à la fracture.

À alliage égal, sont susceptibles d'augmenter la résistance des instruments à la torsion :

- l'augmentation de sa masse centrale ou surface de section,
- l'augmentation de son diamètre,
- l'augmentation de sa conicité (13).

Cliniquement, les fractures en torsion sont les plus fréquentes (12). Elles surviennent lorsque l'instrument est forcé dans un canal entraînant un blocage de la pointe ou un gainage du corps de l'instrument alors que le moteur continue de tourner. Ces déformations sont parfois visibles à l'œil nu et elles peuvent alors être anticipées en examinant l'instrument avant et après chaque utilisation. Ce contrôle visuel peut être amélioré par l'utilisation d'aides visuelles (loupes, microscope opératoire) permettant un grossissement. Cependant, il peut parfois être compliqué par le design propre de l'instrument. Les instruments présentant des défauts doivent être immédiatement jetés (12).

1.2. Fractures par fatigue cyclique

La fracture en fatigue cyclique survient lors d'une utilisation prolongée de l'instrument dans une courbure ou d'utilisations successives aboutissant à une usure de l'alliage. Ce type de fracture survient sans déformation permanente préalable visible à l'œil nu, elles sont donc plus difficiles à prévoir que les fractures en torsion (12,13).

Plus la courbure canalaire est marquée et la vitesse de rotation élevée, plus le risque de fracture en fatigue cyclique est important. La réalisation d'un pré-élargissement canalaire (manuel ou mécanisé) permettra de limiter les contraintes exercées sur l'instrument (13,14). La diminution du diamètre et de la conicité de l'instrument augmente la résistance à la fatigue cyclique (13,15).

L'utilisation prolongée d'un instrument entraîne la perte progressive de ses capacités de travail dans le canal. C'est pourquoi il est préférable de respecter une durée d'utilisation limitée pour chaque instrument et de les jeter après plusieurs utilisations (12). Il est cependant impossible de déterminer de manière précise le nombre maximal d'utilisation d'un instrument qui dépendra des contraintes subies par celui-ci au cours de la mise en forme qui ne sont pas objectivables. Pour pallier ce problème, mais également pour des questions d'hygiène, c'est aujourd'hui de plus en plus l'usage unique qui est préconisé (16,17). C'est le cas pour les instruments utilisés en réciprocité (gamme Wave One® et Reciproc®) pour lesquels l'usage unique est la règle : la stérilisation de ces instruments entraîne une dilatation de la bague autour du mandrin rendant impossible leur réinsertion dans la tête du contre-angle en vue d'une seconde utilisation.

1.3. Fractures combinées associant phénomène de torsion et fatigue cyclique

D'un point de vue clinique, même si cela reste difficilement objectivable, il est acquis que les fractures instrumentales peuvent résulter d'une addition des phénomènes décrits ci-dessus. Une faible charge de torsion peut réduire considérablement la résistance à la fatigue cyclique des instruments. De la même manière, l'accumulation de fatigue cyclique après chaque utilisation réduit la résistance à la torsion de l'instrument, notamment pour les instruments de diamètre et de conicité importants (13,18).

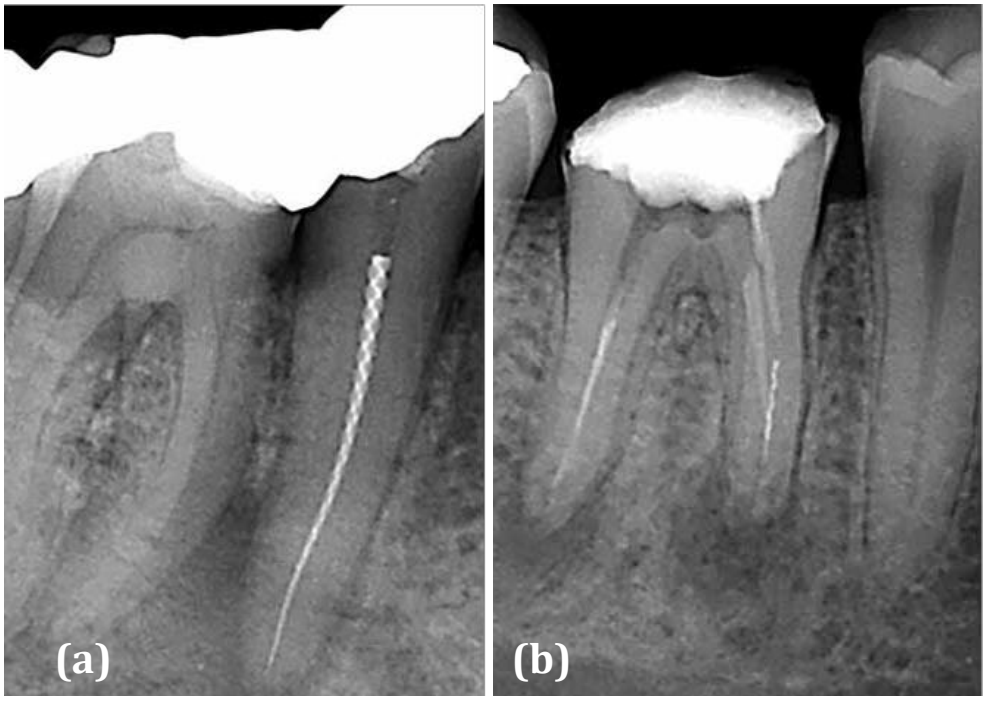
2. Conséquences des fractures instrumentales

Toute fracture instrumentale dans un canal constitue un obstacle physique empêchant d'atteindre les objectifs du traitement canalaire (Figure 1) :

- Des objectifs mécaniques : la mise en forme canalaire doit permettre l'obtention d'une conicité tout en assurant le maintien de la trajectoire canalaire initiale, ainsi que de la position et de l'étroitesse du foramen. Ce sont les prérequis nécessaires à une désinfection efficace et à la réalisation d'une obturation tridimensionnelle étanche (19,20).
- Des objectifs biologiques : la mise en forme doit assurer la possibilité d'un nettoyage canalaire tridimensionnel en favorisant la pénétration et la circulation des solutions d'irrigation antiseptiques. Celles-ci doivent permettre au sein du réseau endodontique l'élimination des tissus pulpaires, de la prédentine et de la dentine infectée, ainsi que des bactéries et de leurs toxines (13,19).

Les conséquences d'une fracture instrumentale au cours de la phase de mise en forme peuvent être envisagées à court, moyen et long terme :

- À court terme, la présence d'un fragment instrumental est susceptible d'empêcher ou de compliquer la mise en forme canalaire. Par conséquent, la bonne circulation des solutions d'irrigations peut être empêchée et l'obturation canalaire rendue difficile ;
- À moyen terme et en fonction de la localisation du fragment, la fracture pourra avoir une incidence sur les thérapeutiques de restauration coronaire futures si celles-ci impliquent la réalisation d'un ancrage canalaire ;
- À long terme, une fracture instrumentale peut contribuer à l'échec du traitement endodontique et parfois conduire à l'extraction de la dent.



<u>Figure 1</u> : Exemples de fractures instrumentales.
(a) Fracture instrumentale sur toute la longueur canalaire au cours d'un traitement initial avec présence de LIPOE ;
(b) Fracture instrumentale ancienne au niveau du tiers médian de la racine mésiale avec présence de LIPOE et susceptible de compliquer une ré intervention. (21)

En matière d'influence de la fracture instrumentale sur le pronostic, plusieurs facteurs vont rentrer en jeu :

- La situation clinique initiale (absence ou présence de bactéries au sein du réseau canalaire) : s'il n'y a eu aucune contamination de l'endodonte préalablement ou au cours du traitement, la présence du fragment pourra ne pas avoir d'influence sur le pronostic (21) ;
- Le moment où survient la fracture lors de la préparation canalaire : plus elle intervient tard dans la mise en forme plus les solutions d'irrigations auront eu le temps d'agir. Une fracture instrumentale précoce peut favoriser la persistance de bactéries inaccessibles à la solution d'irrigation (21) ;
- La possibilité d'assurer tout de même une désinfection canalaire efficace par contournement ou dépose de l'instrument.

3. Conduite à tenir en cas de fractures instrumentales

3.1. Thérapeutique

La conduite à tenir se fait au cas par cas prenant en compte des facteurs d'ordre clinique (contexte endodontique, temporalité), des facteurs liés aux caractéristiques de la fracture (type/localisation/longueur du fragment) et enfin des facteurs liés au praticien (expérience clinique et équipement disponible). En ce qui concerne ce dernier paramètre, il ne doit pas être perdu de vue qu'il peut être bénéfique pour le patient d'être orienté vers un praticien plus compétent en la matière.

Après évaluation de ces différents aspects, il pourra être choisi soit de s'abstenir et d'obturer par-dessus l'instrument laissé in situ soit de tenter le contournement de l'instrument (bypass) ou l'élimination du fragment à l'aide d'aides visuelles (loupes, microscope) associées à des techniques de dépose. En dernier recours, l'élimination de l'instrument par abord chirurgical peut-être envisagé (21,22). Quoiqu'il en soit, la prise de décision doit être la plus rapide possible afin de ne pas risquer une contamination de l'endodonte par absence prolongée d'étanchéité coronaire.

3.2. Informative

Le chirurgien-dentiste est soumis à des règles professionnelles et déontologiques. Il a un devoir d'information et de conseil du patient. D'après le code de santé publique : *« toute personne a le droit d'être informée sur son état de santé »* (Article L1111-2) (23).

Le dentiste a donc une obligation légale d'informer le patient en cas de fracture instrumentale et de lui préciser le suivi engagé ainsi que les conséquences possibles : l'influence sur le taux de réussite et les complications qui pourraient survenir. Ne pas respecter le devoir d'information engagerait davantage la responsabilité médicale du praticien. Dans le cas où le praticien est mis en cause par son patient, il est tenu d'avertir sa compagnie d'assurance dès la survenue du sinistre, même s'il estime que sa responsabilité n'est pas engagée.

Le vocabulaire doit être adapté et le message clair afin de rendre l'information compréhensible par le patient novice. Il s'agit cependant tout en donnant une information loyale au patient d'éviter au maximum de l'inquiéter à tort, surtout en cas de pronostic plutôt favorable pour la dent (21,22). Avant de commencer le traitement endodontique il est aussi recommandé d'informer le patient sur les risques de fractures d'instruments et d'obtenir un consentement libre et éclairé de ce dernier. Cette information préalable est à la base de l'établissement d'une bonne relation de confiance praticien/patient (22).

4. Moyens de prévention des fractures instrumentales

La fracture instrumentale est un phénomène multifactoriel et complexe, toujours à l'origine d'une situation délicate, que ce soit sur le plan clinique ou relationnel avec le patient. Tout doit donc être mis en œuvre afin de minimiser au maximum leur occurrence.

Les facteurs sur lesquels il est possible d'agir sont multiples (24,25) :

- des facteurs relatifs au praticien (expérience et fatigue de l'opérateur)
- des facteurs relatifs au mode d'instrumentation (manipulation des instruments, respect des séquences, vitesses et torque, utilisation sous irrigation permanente)
- des facteurs relatifs à l'analyse de la situation endodontique (accès endodontique adéquat, détection des zones de danger et des courbures, choix d'une instrumentation adaptée)
- des facteurs relatifs à l'instrumentation (design, alliage, dynamique, nombre d'utilisations).

II. MISE AU POINT SUR LES DIFFÉRENTS TYPES DE DYNAMIQUES INSTRUMENTALES EN ENDODONTIE

Les systèmes de mise en forme mécanisée à ce jour disponibles reposent sur deux types de dynamique instrumentale : la rotation continue et le mouvement de réciprocité.

1. Le mouvement de rotation continue

1.1. Définition

Dans les systèmes instrumentaux utilisant la rotation continue, l'instrument tourne dans le sens horaire en permanence à vitesse lente et constante entre 250 à 600 tours par minute (26). La préparation canalaire se base sur la technique du «Crown-down» ou « Préparation corono-apicale » introduite par Marshall et Papin (27).

La procédure consiste dans un premier temps à préparer la zone coronaire du canal en supprimant les interférences afin de pouvoir accéder progressivement au tiers moyen puis au tiers apical à l'aide d'instruments de plus faible conicité (20,28).

Parmi les dispositifs aujourd'hui disponibles en rotation continue, on distingue des systèmes faisant appel à l'utilisation de séquences d'instruments complémentaires et des systèmes utilisant un instrument unique.

1.2. Exemple de systèmes utilisés en rotation continue

Une présentation non exhaustive de certains de ces systèmes est détaillée ci-après. Ne seront abordés ici que les instruments travaillant à l'aide d'arrêtes coupantes.

1.2.1. Tableau 1 : Exemple de systèmes pluri-instrumentaux utilisés en rotation continue

PROTAPER (Dentsply-Maillefer)
. Séquence : SX (conicité de 3,5 à 19%) pour la relocalisation des entrées canalaires, S1 (diamètre de pointe 17/100 ; conicité de 2 à 11%), S2 (diamètre de pointe 20/100 ; conicité de 4 à 11,5%) et F1 (diamètre de pointe 20/100 conicité 7%) pour la préparation canalaire complète. F2 à F5 pourront être utilisés pour majorer le diamètre apical (13,20). . Alliage Ni-Ti conventionnel et section transversale en forme de triangle convexe.
PROTAPER GOLD (Dentsply-Maillefer)
. Même séquence que ProTaper . Alliage modifié : traitement thermique Gold et section convexe triangulaire.
PROTAPER NEXT (Dentsply-Maillefer)
. Séquence : X1(diamètre 17/100 ; conicité 4%) et X2 (diamètre 25/100 ; conicité 6%) pour une séquence basique. X3 (diamètre 30/100 ; conicité 7 %), X4 (diamètre 40/100 ; conicité 6%) et X5 (diamètre 50 et conicité 6%) en cas de diamètre apical plus large. . Alliage Ni-Ti M-Wire et section rectangulaire excentrée avec deux angles de coupe.
MTWO (Dentsply-Maillefer)
. Séquence : 4 instruments [10/100, conicité 4% ; 15/100, conicité 6% ; 20/100, conicité 6% ; 25/100, conicité 6%] (13,29). . Alliage Ni-Ti conventionnel et section transversale en forme de S avec deux arêtes de coupe efficaces
TWISTED FILE (SybronEndo)
. Séquence : 5 instruments : conicité 4% (diamètre 25, 40 ou 50); 6% (diamètre 25, 30 ou 35) ; 8% (diamètre 25) ; 10% (diamètre 25) et 12% (diamètre 25) ; longueurs de 23 ou 27mm. . Alliage Ni-Ti modifié et une section transversale triangulaire.

1.2.1. Tableau 2 : Exemple de systèmes mono-instrumentaux utilisés en rotation continue

ONE SHAPE (Micromega)
. Conicité constante de 6% et diamètre de 25/100 à la pointe. . Alliage Ni-Ti conventionnel et une section variable tout au long de la lame. 3 zones principales le long de la partie travaillante de l'instrument : une zone apicale avec 3 arêtes de coupes (section triangulaire) ; une zone « de transition » où on passe progressivement de 3 à 2 arêtes de coupe et une zone coronaire avec 2 arêtes de coupe (section en S) (30).
F6 SKYTAPER (Komet)
. Conicité constante de 6%, il peut être disponible en cinq tailles différentes (20, 25, 30, 35, 40) et trois longueurs (21, 25 ou 31mm) . Alliage Ni-Ti conventionnel et section transversale en forme de double S avec deux arêtes de coupe tranchantes (31).
HYFLEX EDM (Coltene)
. Conicité constance de 8% pour les 4mm apicaux. . Alliage : technologie d'usinage par électro décharge et 3 sections transversales différentes : une section quadratique en apical ; trapézoïdale pour la partie médiane et presque triangulaire pour la partie coronaire (32).

2. Le mouvement de réciprocité

Le mouvement de réciprocité est défini comme un mouvement répété dans le sens horaire puis antihoraire des aiguilles d'une montre. Il existe de nombreuses variantes de ce mouvement ; une classification des différents mouvements de réciprocité utilisés en endodontie est présentée ci-après permettant ainsi une meilleure compréhension de ces systèmes.

2.1. Le mouvement de réciprocité oscillant complet

Le mouvement de réciprocité oscillant complet est basé sur un mouvement horaire/antihoraire des instruments avec des angles de réciprocité d'égale amplitude. De nombreux systèmes en endodontie utilisant ce mouvement ont été mis au point, les instruments utilisés étant principalement des instruments en acier inoxydable. On peut citer à titre d'exemple la pièce à main Giromatic (Micromega, Besançon, France) introduite dans les années 60 et qui utilisait des angles de réciprocité d'une égale amplitude de 90°. Plusieurs systèmes ont ainsi été introduits avec des oscillations verticales, horizontales ou combinées. Les résultats n'ont cependant pas conduit à en faire des systèmes de mise en forme de référence, une incidence élevée d'erreurs iatrogènes au cours de la mise en forme canalaire étant observée (33).

2.2. Le mouvement de réciprocité partiel ou asymétrique

2.2.1. Définition

En 2008, Yared a proposé une nouvelle technique de préparation canalaire utilisant un seul instrument rotatif Ni-Ti (initialement le ProTaper F2) animé d'un mouvement de **réciprocité dite « partielle » ou « asymétrique »**. Ce concept repose sur deux grands principes :

- L'aspect novateur de la dynamique proposée par Yared réside dans le fait que l'instrument est animé d'un mouvement alternatif transversal asymétrique. Il effectue une alternance de mouvements horaires et antihoraires qui présentent une amplitude variable ce qui limite le risque de vissage de l'instrument dans le canal tout en lui permettant d'avancer (Figure 2).
- Celui de l'instrument unique permettant de réduire la fatigue instrumentale et le risque de contamination croisée.

Actuellement, deux principaux types d'instruments Ni-Ti utilisant le mouvement de réciprocité existent : le système Reciproc® (VDW, Munich, Allemagne) et le système Wave

One® (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suisse). Ces instruments présentent une hélice inversée ; ils coupent dans le sens antihoraire et se dévissent dans le sens horaire. C'est l'amplitude plus importante du mouvement anti horaire par rapport à celle du mouvement horaire qui permet à l'instrument d'avancer dans le canal (8,34).

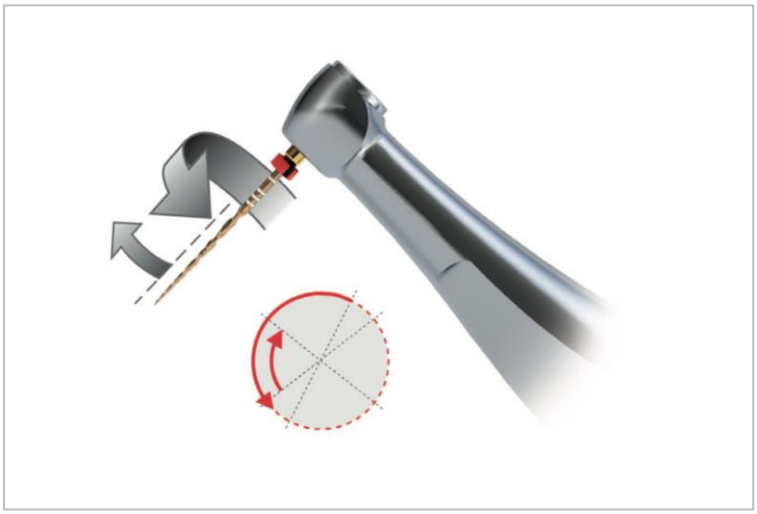


Figure 2 : Mouvement de réciprocité (35)

2.2.2. Description des systèmes utilisant la réciprocité

a. Wave One®

C'est un système introduit par la société Dentsply-Maillefer commercialisé depuis 2011, reposant sur un instrument unique à usage unique. Les limes sont fabriquées en alliage Ni-Ti M-Wire. Dans sa version initiale, la section de l'instrument est triangulaire concave au niveau de la pointe et triangulaire convexe au niveau coronaire (Figure 3) (13,34).

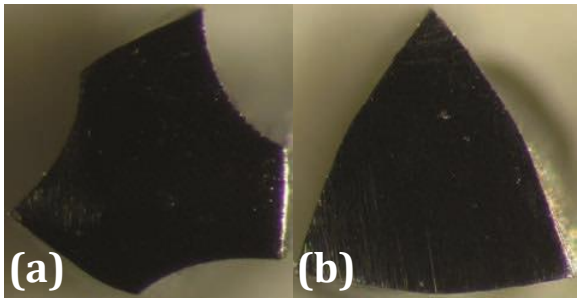


Figure 3 : Variabilité des sections du Wave One le long de la partie travaillante de l'instrument :

(a) section triangulaire concave (pointe) ;

(b) section triangulaire convexe (tiers supérieur) (34).

Le système Wave One® (WO) offre le choix entre 3 instruments : WO fin (conicité constante 6%, diamètre 21/100) ; WO primaire (conicité 8% sur les 3mm apicaux puis régressive, diamètre 25/100) instrument de choix pour la majorité des canaux ; WO large (conicité 8% sur les 3mm apicaux puis régressive, diamètre 40/100). Le choix de l'instrument à utiliser se fera en fonction de l'anatomie canalaire en présence (13,34).



Figure 4 : Système Wave One® : noire (large), rouge (primaire), jaune (fin)

Le Wave One Gold® (Dentsply Sirona) est une évolution de l'instrument Wave One® initial introduite en 2015. L'alliage mais également le design de l'instrument ont bénéficié d'améliorations censées leur garantir de meilleures propriétés. Leur couleur dorée provient d'une procédure de cycle thermique qui permet d'améliorer la flexibilité de l'instrument (33). L'instrument Wave One Gold® présente une coupe transversale en forme de parallélogramme avec deux arêtes de coupe de 85 ° (Figures 5 et 6), ce qui permet d'améliorer la capacité de coupe et l'élimination des débris (36).

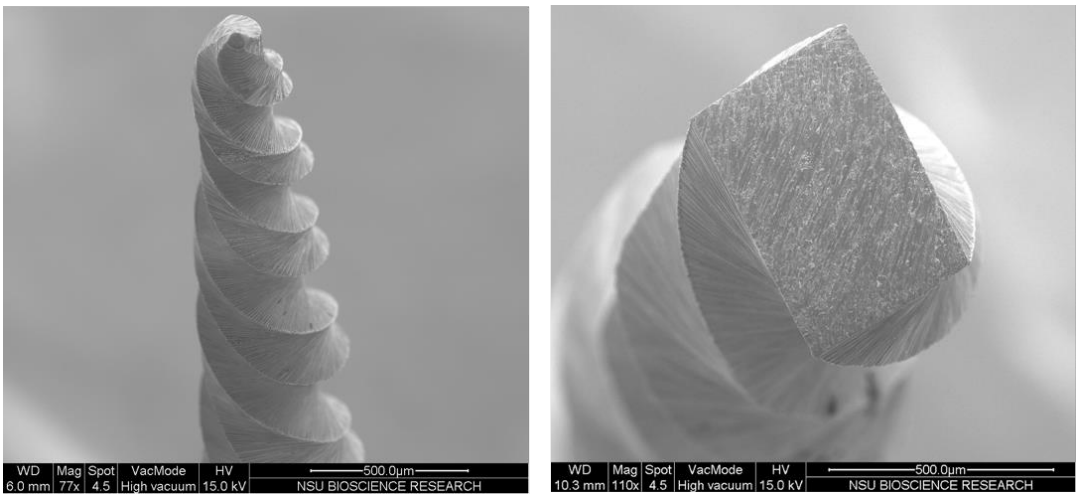


Figure 5 : Visualisation de l'instrument Wave One Gold® en microscope à balayage électronique (Documents Dentsply Sirona)

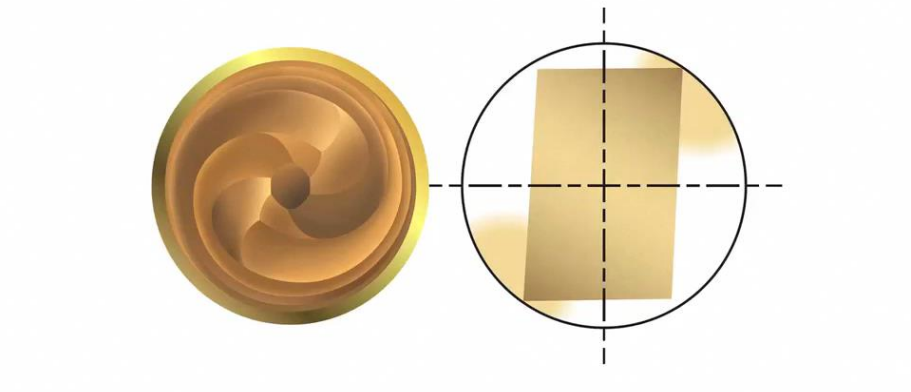


Figure 6 : Pointe et section transversale du Wave One Gold® (Documents Dentsply Sirona)

Le système Wave One Gold® offre le choix entre 4 instruments : WOG fin (conicité 7 % sur les 3 mm apicaux, diamètre 20/100) ; WOG primaire (conicité 7% sur les 3 mm apicaux, diamètre 25/100) ; WOG medium (conicité 6% sur les 3 mm apicaux, diamètre 35/100) et WOG large (conicité 5% sur les 3 mm apicaux, diamètre 45/100) (Figure 7).

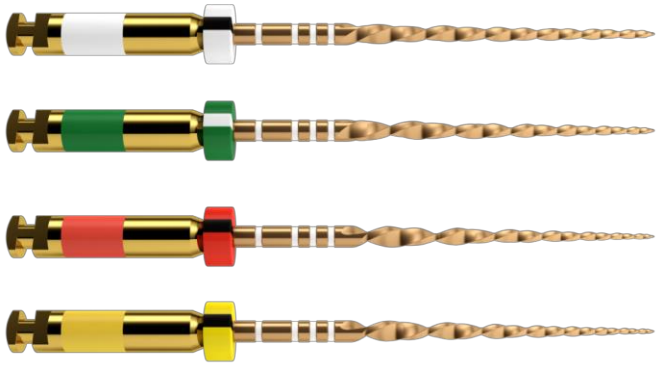


Figure 7 : Système WO Gold® : jaune (fin), rouge (primaire), vert (medium), blanc (large)

b. Reciproc®

Le système Reciproc® est introduit par la société Dentsply-VDW et commercialisé depuis 2011. C'est également un système à instrument unique et usage unique, composé de l'alliage Ni-Ti M-Wire. La section de l'instrument est asymétrique (forme de S) et présente deux arêtes coupantes (Figure 8) (13,34).



Figure 8 : Section transversale du Reciproc (34)

Le Reciproc® est disponible en trois tailles : R25 (conicité 8% sur les 3 mm apicaux puis régressive, diamètre 25/100) le plus utilisé ; R40 (conicité 6% sur les 3 mm apicaux puis régressive, diamètre 40/100) ; R50 (conicité 5% sur les 3 mm apicaux puis régressive, diamètre 50/100). Le choix entre les différents instruments répond à la même règle que pour le WO.



Figure 9 : Système Reciproc® : jaune (R50), noir (R40), rouge (R25)

Reciproc Blue® est la nouvelle génération de l'instrument Reciproc, un traitement thermique innovant transforme la structure moléculaire de l'alliage et donne une couleur bleue à l'instrument. Ce traitement confèrerait une résistance accrue à la fatigue cyclique et une flexibilité supplémentaire à l'instrument. Le Reciproc Blue possède une coupe transversale en forme de S. Comme le Reciproc®, il est disponible en trois tailles : R25, R40 et R50 (37,38).

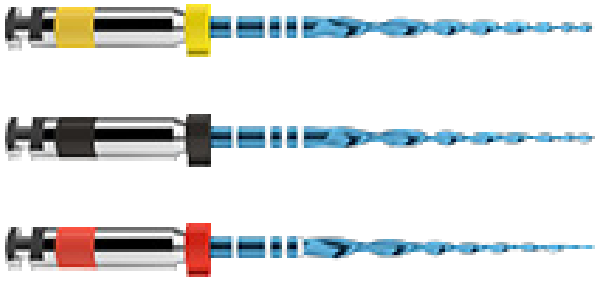


Figure 10 : Système Reciproc Blue® : jaune (R50), noir (R40), rouge (R25)

c. Unicone®

Ce système a été récemment introduit par la société Medin (Nove Mesto na Morave, République Tchèque), c'est un instrument à séquence mono-instrumentale. Son alliage Ni-Ti est traité thermiquement ce qui permettrait d'augmenter sa flexibilité et il a une section transversale triangulaire convexe. Cet instrument possède une conicité de 6% et un diamètre de 25. Il est aussi disponible en diamètre 20 pour les canaux plus fins et en 40 pour les canaux larges (39).



Figure 11 : Système Unicone

2.3. Le mouvement de réciprocité hybride

2.3.1. Twisted File Adaptive®

Ce système introduit par la société SybronEndo utilise un tout nouveau concept, une technologie de mouvement qui s'adapte à la contrainte d'instrumentation et que l'on peut nommer mouvement de réciprocité hybride. L'instrument est animé d'un mouvement de rotation continue ou d'un mouvement de réciprocité selon la situation clinique et le mouvement s'ajuste automatiquement de manière appropriée. Les angles de rotation ne sont pas constants mais varient en fonction des complexités anatomiques et des contraintes subies par l'instrument. En effet lorsque l'instrument n'est pas (ou très légèrement) sollicité dans le canal, le mouvement peut être décrit comme une rotation continue. Plus précisément, il s'agit d'un mouvement interrompu avec les angles dans le sens horaire et antihoraire suivants : 600-0 °. Au contraire lorsque l'instrument subit des contraintes fortes, le mouvement de l'instrument TF Adaptive change et devient un mouvement de réciprocité, avec des angles dans le sens horaire de 370° et antihoraire de 50° (40).

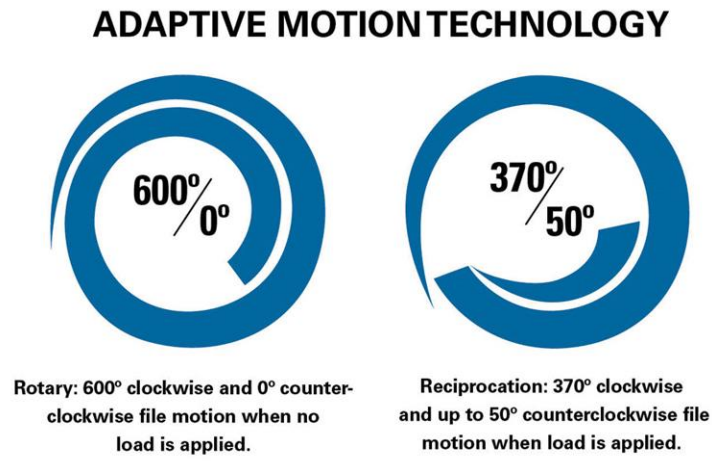


Figure 12 : Mouvement adaptatif (40)

Ce système se distingue par un alliage Ni-Ti amélioré par traitement thermique, une conception en torsion de métal et un conditionnement de surface spécial qui lui confèrerait une flexibilité importante et une bonne résistance à la fatigue cyclique (41). Sa section transversale est triangulaire équilatérale. Il existe deux systèmes constitués chacun de trois instruments : un pour les canaux étroits, calcifiés et courbes : SM1, SM2 et SM3 et un pour les canaux moyens ou larges, plus « standards » : ML1, ML2 et ML3.

SMALL (SM)	SM1: **#20/ .04** 	SM2: **#25/ .06** 	SM3: **#35/ .04** 
MEDIUM/ LARGE (ML)	ML1: **#25/ .08** 	ML2: **#35/ .06** 	ML3: **#50/ .04** 

Figure 13 : Système TF adaptive (40)

CHAPITRE 2. REVUE DE LA LITTERATURE DES ÉTUDES PORTANT SUR LES FRACTURES INSTRUMENTALES EN RÉCIPROCITÉ ASYMÉTRIQUE

Depuis la mise sur le marché des systèmes instrumentaux utilisant le mouvement de RA, de nombreuses études portant sur ces derniers ont été publiées. Ce travail avait pour objectif de se focaliser sur leurs propriétés mécaniques en référençant les études disponibles sur la résistance en fatigue cyclique et sur la résistance en torsion des instruments animés d'un mouvement de RA.

I. MATÉRIEL ET MÉTHODE

1. Définition de mots-clés

La recherche bibliographique a été effectuée sur la base de données PubMed en octobre 2017. Les mots clés retenus étaient les suivants : [reciprocating motion], [Wave One], [Reciproc], [cyclic fatigue resistance], [torsional resistance].
Une recherche ascendante complémentaire a également été conduite dans la bibliographie des articles sélectionnés.

2. Exposé de la méthode d'inclusion des articles

Les critères d'inclusion des articles étaient les suivants :
- Articles en langue anglaise,
- Articles disponibles en texte intégral,
- Articles expérimentaux.

Aucune limite de temps n'a été donnée à la recherche.

II. RÉSULTATS

La recherche bibliographique a conduit à l'inclusion de 32 articles dont :

- 27 concernaient des études menées *in vitro*,
- 1 concernait des études menées *ex vivo*,
- 4 concernaient des études menées *in vivo*.

1. Présentation des protocoles des tests de résistance retrouvés dans les publications

L'étude des propriétés mécaniques des instruments de mise en forme canalaire peut ainsi considérer la résistance à la fatigue cyclique, la résistance à la flexion et la résistance à la torsion. Le paragraphe suivant a pour objectif de présenter une vision globale des différents tests utilisés dans les études considérées.

1.1. Test de résistance à la fatigue cyclique (RFC)

Les tests de RFC évaluent la durée de vie (c.à.d. le temps avant fracture) d'un instrument lorsque celui-ci est mis en mouvement dans un simulateur canalaire courbe. Pour évaluer la RFC, le test est réalisé en général à l'aide d'un dispositif sur mesure constitué d'un cadre principal auquel est connecté un support pour la pièce à main électrique et un bloc en acier inoxydable simulant les canaux artificiels.

La pièce à main électrique est montée sur un dispositif mobile pour permettre un placement précis et reproductible de chaque instrument à l'intérieur du canal artificiel. Cela permet un alignement tridimensionnel et un positionnement des instruments à la même profondeur. Le canal artificiel en acier trempé est fabriqué en tenant compte de la taille et la conicité des instruments testés, fournissant ainsi à l'instrument une trajectoire adaptée aux paramètres de la courbure choisie. Ce canal radiculaire simulé possède en général un rayon de 3 à 5 mm et un angle de courbure de 60° (42,43).

Le type de mouvement et la vitesse de rotation sont choisis en fonction des objectifs de l'étude. Les instruments sont mis en mouvement jusqu'à la rupture, le délai avant la fracture étant généralement enregistré en secondes à l'aide d'un chronomètre numérique et enregistré au nombre entier le plus proche. La longueur des fragments fracturés peut également être enregistrée pour chaque instrument.

Le test peut se faire de manière statique ou dynamique :

- Statique : dans ce cas, les instruments sont en mouvement libre dans le tube en acier inoxydable qui peut être rempli de glycérine pour réduire la friction et la production de chaleur. Chaque instrument est positionné dans un contre-angle et introduit dans le canal jusqu'à ce que l'extrémité touche une protection placée à l'autre extrémité avant d'être mis en mouvement (47).
- Dynamique : dans ce cas, un dispositif mécanique reproduit des mouvements axiaux de va-et-vient pendant que les instruments tournent dans le canal. En général, l'amplitude des mouvements axiaux est de quelques mm, avec environ 2 à 3 secondes entre les oscillations (46).

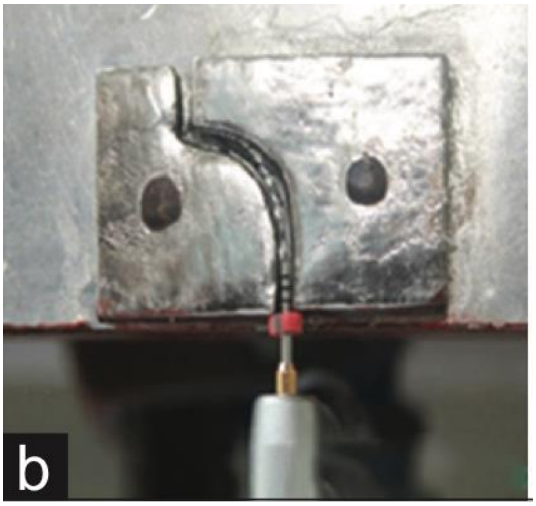


Figure 14 : Exemple de dispositif expérimental simulant un canal artificiel (45)

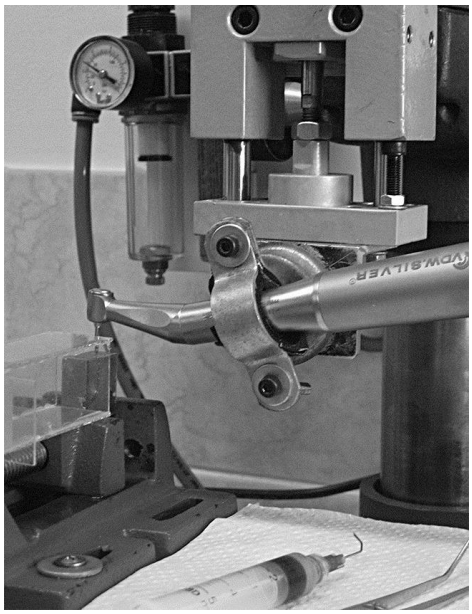


Figure 15 : Exemple de dispositif expérimental permettant de tester la résistance à la fatigue cyclique des instruments (46)

1.2. Test de résistance à la flexion

Ce test se fait à l'aide d'une machine d'essai universelle. Une charge est appliquée à vitesse constante (ex : 20N à 15 mm/min) au moyen d'un fil flexible en acier inoxydable avec une extrémité fixée à la tête de la machine d'essai et l'autre extrémité fixée à 3 mm de la pointe de l'instrument. La charge maximale nécessaire pour plier chaque instrument jusqu'à 45 degrés de déviation est enregistrée et analysée statistiquement (39,44). Plus cette charge est élevée moins l'instrument est flexible.

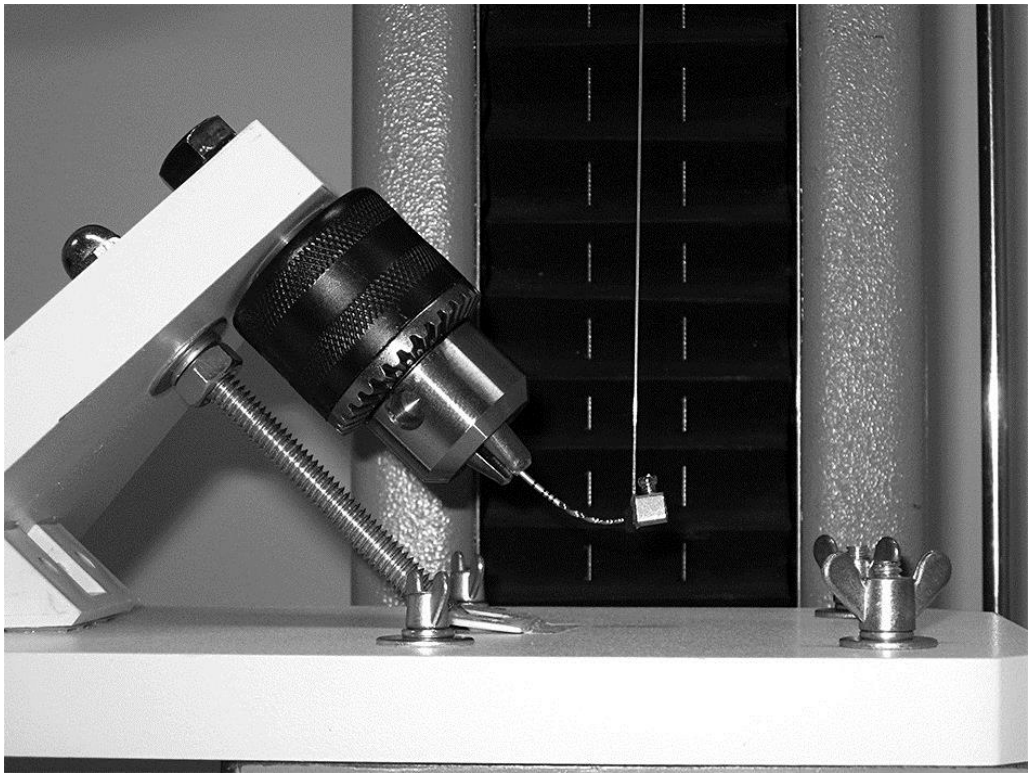


Figure 16 : Exemple de dispositif expérimental permettant de tester la résistance à la flexion (46)

1.3. Test de résistance à la torsion (RTor)

Les tests de RTor évaluent la résistance des instruments de mise en forme canalaire lorsque leur extrémité se retrouve bloquée. Ce test est donc réalisé à l'aide d'un bloc permettant de bloquer la pointe des instruments. Ce bloc possède un trou cubique (quelques mm^3) dans lequel un nombre défini de mm de l'extrémité de chaque lime sont rigidement maintenus en place, en général par photopolymérisation de résine composite (6).

Brièvement, une contrainte de torsion répétitive et uniforme est appliquée à la lime maintenue dans un état rectiligne afin d'évaluer la résistance à la torsion pure et d'éliminer l'influence de la flexion. Le couple est appliqué dans le sens horaire ou antihoraire des aiguilles d'une

montre selon la propriété de l'instrument à une vitesse de rotation constante (par exemple : 2tr/min) (47). La charge de torsion maximale (N.cm) est enregistrée pendant le chargement jusqu'à ce que l'instrument fracture. Un microscope électronique à balayage peut être utilisé ensuite pour réaliser une caractérisation topographique des surfaces de fracture des instruments brisés et y rechercher les caractéristiques du type de fracture simulé.

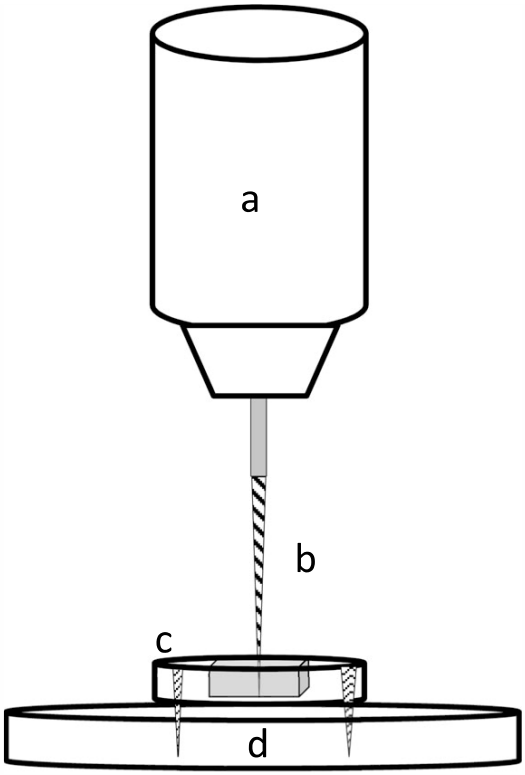


Figure 17 : Exemple de dispositif expérimental permettant de tester la résistance à la torsion (41) : a : capteur de couple ; b : instrument testé fixé dans la résine composite ; c : bloc métallique avec un trou cubique rempli de résine composite ; d : plaque de couple

2. Analyse de la recherche bibliographique

Les résultats des études considérées sont présentés ci-dessous sous forme de tableaux. Pour plus de lisibilité les abréviations, légendes et code couleur suivants ont été retenus :

Abréviations :

- ProTaper : PT
- Wave One : WO
- Wave One Gold : WOG
- Reciproc : R
- Twisted File : TF
- One Shape : OS
- Résistance à la fatigue cyclique : RFC
- Résistance à la torsion : RTor
- Résistance à la flexion : RFlex
- Rotation continue : RC
- Réciprocité : REC

Légendes :

[*] différence significative ($p < 0,05$)
[NS] différence non significative ($p > 0,05$)

Code couleur :

- Instruments utilisant la rotation continue : **rouge**
- Instruments utilisant le mouvement de réciprocité : **bleu**

2.1. Tableau 3 : Synthèse des résultats des études in vitro présentant une comparaison de la résistance mécanique d'instruments animés par un mouvement de réciprocité avec des instruments dédiés à la rotation continue

Auteurs, Année	Objectifs de l'étude	Type d'instrument testé	Protocole expérimental	Résultats	Conclusions
De-Deus et al. 2010 (9)	Évaluer la RFC d'un même instrument soumis à deux types de mouvement : RC et REC	**PT F2**	RFC : Canal artificiel à partir d'un tube en acier inoxydable 3 groupes expérimentaux : - G1 : RC 250 tr/min - G2 : RC 400tr/min - G3 : REC 400tr/min	Nombre moyen de cycles avant fracture : - G1 : 160 cycles - G2 : 120 cycles - G3 : 630 cycles RFC : REC > RC (*)	- Le mouvement de réciprocité améliore la RFC par rapport à la rotation continue (*) - La cinématique du mouvement est un facteur déterminant dans la RFC
Kim H-C et al. 2012 (6)	Comparer la RFC et la RTor de plusieurs instruments utilisés selon la dynamique instrumentale recommandée (REC ou RC)	**WO Primaire** **R25** **PT F2**	- RFC dynamique : bloc avec simulateur canal courbe en acier trempé, mouvement de va-et-vient - RTor : bloc de métal permettant de bloquer la pointe des instruments dans de la résine	- RFC: R>WO>PT (*) - RTor: WO>R>PT (*) - Résultats [NS] dans la longueur moyenne du fragment fracturé pour les 3 instruments.	- RFC et RTor sont plus élevées pour les instruments utilisés avec le mouvement de réciprocité que pour ceux utilisés avec un mouvement de rotation continue (*) - R a une meilleure RFC que les autres instruments alors que WO a une meilleure RTor (*)
Gavini G. et al. 2012(11)	Evaluer la RFC d'un même instrument soumis à deux types de mouvement : RC et REC	**R25**	RFC dynamique : bloc avec simulateur canal courbe en acier trempé, mouvement de va-et-vient. - G1 : RC - G2 : REC	Nombre moyen de cycles avant fracture : - G1 : 816,39 C - G2 : 1787,78 C	- Le mouvement de réciprocité améliore la RFC du R25 par rapport au mouvement de rotation continue. (*) - La cinématique des mouvements des instruments rotatifs Ni-Ti influe de manière significative sur la RFC.
Castelló-Escrivá R. et al. 2012(48)	Comparer la RFC de plusieurs instruments utilisés selon la dynamique instrumentale recommandée (REC ou RC)	**WO 25.08** **PT F2** **TF 25.08**	RFC : Canaux artificiels courbes en acier inoxydable : 4 angles et rayons de courbure différents	RFC : WO > TF > PT (*)	- La cinématique du mouvement, la vitesse ainsi que le rayon et l'angle de courbure influencent la RFC. Plus la courbure était prononcée moins le nombre de cycle moyen avant fracture était élevé quel que soit le système utilisé (*) - L'instrument WO utilisé en réciprocité a montré une RFC supérieure aux instruments utilisés en RC (*)

Lopes HP. et al. 2013 (49)	Évaluer l'influence de la flexibilité et du mouvement de réciprocité sur la RFC de deux types d'instruments utilisés selon la dynamique instrumentale recommandée (REC ou RT)	**R25** **MTwo**	RFlex : Test de flexion RFC : Test de fatigue cyclique dans modèles statique et dynamique à l'aide d'un canal artificiel en acier inoxydable	- RFlex : MTwo> R25 (*) - RFC statique : R > MTwo (*) - RFC dynamique : R > MTwo (*) RFC modèle dynamique > RFC modèle statique (*)	Les tests ont montré une durée de vie plus longue pour les instruments ayant une plus grande flexibilité, animés d'un mouvement de réciprocité et testés dans un modèle dynamique (*)
Pedullà E. et al. 2013(50)	Comparer la RFC de plusieurs instruments soumis à deux types de mouvement : RC et REC. Comparer la longueur des fragments d'instruments fracturés.	**R25** **WO Primaire** **MTwo** **TF**	RFC : Canal artificiel courbé, Modèle statique	RFC 1/ Pour chaque instrument fonction de la dynamique instrumentale : REC > RC (*) 2/ Entre les 2 types de dynamique en réciprocité [NS] 3/ Avec utilisation du mouvement recommandé pour chaque lime : [TF, MTwo, R25] > WO (*) [NS] entre : TF, MTwo et R25 Longueur des fragments fonction de l'instrument [NS]	- Le mouvement de réciprocité a entrainé une RFC supérieure par rapport à la rotation continue quel que soit le type d'instrument utilisé (*) - Il n'a pas été mis en évidence de différence significative de RFC en fonction de la dynamique de réciprocité utilisée (mode « Reciproc All » ou « Wave One All »). - Utilisé avec le mouvement recommandé, la RFC est apparue plus faible pour le WO qu'avec les autres instruments (*) - Il n'a pas été mis en évidence de différence significative de longueur des fragments fracturés fonction de l'instrument.
F. da Frota, M. et al. 2014 (51)	Comparer la RFC et la RTor de plusieurs instruments utilisés selon la dynamique instrumentale recommandée (REC ou RT) Comparer la longueur des fragments d'instruments fracturés.	**WO Primaire** **R25** **PT universel** **F2** **MTwo 25.06**	RFC : Canaux artificiels courbes en acier inoxydable Modèle dynamique	RFC: R/WO > PT/ MTwo (*) Entre les 2 systèmes en rotation continue: [NS] - En cas de déplacement axial : R25> WO (*) - Lorsque le déplacement axial ne se produit pas : NS entre R25 et WO RTor: R/WO > PT/ MTwo (*) WO > R25	- Les RFC et RTor sont plus grandes pour les systèmes utilisés en réciprocité que pour ceux utilisés en rotation continue (*) - La longueur moyenne des fragments fracturés est plus courte pour les systèmes en rotation continue qu'avec le mouvement de réciprocité (*)

Poggio C. et al. 2014(52)	Évaluer et comparer la RFC d'instruments à usage unique VS instruments prévus pour de l'usage multiple et utilisés selon la dynamique instrumentale recommandée (REC ou RT)	**R25** **WO Primaire** **OS** **PT F2**	RFC : Canaux artificiels courbes en acier inoxydable : 4 angles et rayons de courbure différents	RFC: R25 > OS/ WO > PT F2 (*) Canal le moins courbe > Canal le plus courbe (*)	- Les instruments à usage unique ont une RFC supérieures aux instruments rotatifs prévus pour l'usage multiple (*) - L'instrument R25 était celui qui montrait la meilleur RFC. OS montrait des valeurs de RFC équivalentes à WO
Higuera O. et al. 2015 (53)	Évaluer et comparer la RFC de 3 instruments utilisés en réciprocité	**WO Primaire** **R25** **TF Adaptive M-L1 (RC ou REC, mouvement adaptatif)**	RFC : Bloc métallique avec un canal courbe simulé en acier inoxydable Modèle statique	RFC: R25 > WO [NS] [R25/TFa]>WO (*) Pas de différence significative R25/TFAdaptive	WO a montré la plus basse RFC par rapport à R25 et TF Adaptive L'étude n'a pas trouvé de corrélation entre la vitesse de rotation des instruments et la RFC
Elnaghy A.M. et al. 2015(47)	Comparer RTor et RFlex de deux systèmes mono instrumentaux	**WO Primaire** **OS**	RTor : Bloc métallique avec blocage de la pointe sur 5mm dans de la résine RFlex : Test de flexion Cantilever	RTor: WO > OS (*) RFlex: OS > WO (*)	- WO s'est révélé plus résistant à la torsion que OS mais également plus flexible. (*) - La section des instruments et l'alliage utilisé pourraient avoir une influence significative sur ces deux paramètres
Varghese N. et al. 2016(45)	Évaluer et comparer la RFC et la RTor d'un même instrument soumis à deux types de mouvement : RC et REC	**WO Primaire** **PTN X2** **MTwo**	RFC : Simulateur canalaire courbe acier trempé Modèle statique RTor : bloc de métal et bois permettant de bloquer la pointe des instruments dans de la résine sur 5mm.	RFC: WO > [PTN/ MTwo] Mvt REC > Mvt RC RTor: WO > PTN > MTwo	- Le mouvement de réciprocité améliore la RFC par rapport au mode de rotation continue pour tous les systèmes étudiés - WO a montré une RFC et RTor plus élevées que les autres instruments que ce soit en mouvement de rotation continue ou de réciprocité. Les auteurs concluent au rôle de la section et de l'alliage
Sekar V. et al. 2016(54)	Évaluer le rôle de la section transversale sur la RFC de systèmes utilisés en mouvement de rotation continue et de réciprocité.	**OS** **Revo-S SU** **MTwo**	RFC : Simulateur canalaire courbe acier trempé Modèle dynamique	RFC : MTwo > OS > Revo-S SU dans les 2 mouvements (*) La longueur moyenne des fragments après fracture était de 3,5 à 4,5mm et on ne notait pas de différence significative entre les systèmes et le type de mouvement employé.	- Le mouvement de réciprocité améliore la RFC pour tous ces systèmes qui sont normalement conçus pour être utilisés en RC (*) - MTwo a une RFC supérieure aux autres instruments en mouvement de réciprocité et de rotation continue (*) - Il n'a pas été mis en évidence de différence significative de longueur des fragments fracturés fonction de l'instrument ou de la dynamique utilisée

Elsaka S.E. et al. 2017(41)	Comparer la RTor et la RFlex de 3 instruments utilisés en réciprocité.	**- WOG** **- R25** **- TF Adaptive M-L1 (RC ou REC, mouvement adaptatif)**	- RTor : Bloc métallique permettant de bloquer les 3mm apicaux de chaque instrument dans de la résine et application d'une rotation constante à 2 tours par minute. - RFlex : machine d'essai universelle	- RTor: WOG > R> TF Adaptive (*) - RFlex: (R/TF Adaptive)> WOG (*) R > TF Adaptive (*)	WOG a une RTor plus élevée que R et TF Adaptive et R a une RTor plus élevée que TF Adaptive. * WOG est plus flexible que les instruments R et TF Adaptive et TF Adaptive a une flexibilité supérieure au R (*) RTor et RFlex peuvent être affectés par l'alliage et la conception transversale des instruments
Gündogar M. et al. 2017(32)	Évaluer et comparer la RFC d'instruments utilisés selon la dynamique instrumentale recommandée (REC ou RT)	**R25 Blue** **WO Gold** **Primaire** **OS** **HyFlex EDM**	RFC : Simulateur canalaire courbe acier trempé. Modèle statique.	RFC: HyFlex EDM > R Blue > WOGold > OS (*)	- La RFC des instruments HyFlex EDM est plus élevée que celle des OS, R Blue et WO Gold (*) - Le nouvel instrument rotatif R Blue a montré une meilleure RFC que WO Gold et OS (*) - Il n'a pas été mis en évidence de différence significative de longueur des fragments fracturés fonction de l'instrument

Conclusions du tableau 3 :

- Les systèmes instrumentaux dédiés à la réciprocité présentent des propriétés mécaniques supérieures aux systèmes instrumentaux utilisés en rotation continue que ce soit en RFC (6,48,49,51,52) ou en RTor (45,47,51). Quelques études ont montré ponctuellement une supériorité en RFC d'instruments utilisés en rotation continue par rapport à des instruments utilisés en réciprocité : Pedullà (50) (Twisted file et MTwo versus WO) et Gündogar (32) (Hy Flex EDM versus R Blue et WO Gold). Il faut noter que dans ces études le modèle expérimental est statique, ce qui éloigne un peu plus des conditions cliniques attendues.
- Pour un même instrument le mouvement de réciprocité par rapport à la rotation continue permet une meilleure RFC et par conséquent un allongement de la durée de vie instrumentale (9,11,45,54), et ce y compris pour des instruments qui sont initialement exclusivement conçus pour de l'usage en rotation continue (45,54).
- Une seule étude conclue à une longueur de fracture instrumentale significativement supérieure pour les instruments utilisés en réciprocité (51) tandis que deux autres concluent à une absence de différence significative de longueur instrumentale fracturée que ce soit fonction du type d'instrument ou de la dynamique instrumentale considérée.

2.2. Tableau 4 : Synthèse des résultats des études in vitro présentant une comparaison de la résistance mécanique d'instruments dédiés à la réciprocité

NB : Certaines de ces études ne considéraient que des instruments voués à être utilisés en réciprocité. D'autres considéraient également des systèmes instrumentaux utilisés en rotation continue. Pour ces dernières, seuls les résultats permettant une comparaison entre différents instruments utilisés en réciprocité ont été extraits. Pour les résultats globaux, se rapporter au tableau 3 (cf. Tableau 3).

Auteurs, Année	Objectifs de l'étude	Type d'instrument testé	Protocole expérimental	Résultats	Conclusions
Arias A, et al. 2012(42)	Évaluer et comparer la RFC de 2 instruments utilisés en réciprocité, au niveau apical (5mm) et coronaire (13mm)	- WO Primaire - R25	RFC : Simulateur canalaire courbe acier trempé. Modèle statique	RFC : 1/ à 5 mm de la pointe : R>WO (NS) 2/ à 13mm de la pointe : R>WO (*) R5mm> R13mm (*) WO 5mm > WO 13mm (*)	- La RFC de R est plus élevée que celle de WO aux deux distances de la pointe (*) - La RFC est plus importante au niveau apical que coronaire pour les deux instruments (*)
Plotino,G. et al. 2012(43)	Évaluer et comparer la RFC de 2 instruments utilisés en réciprocité	- WO Primaire - R25	RFC : Simulateur canalaire courbe acier trempé	RFC : R25 > WO (*)	- La RFC de R est plus élevée que celle du WO primaire (*) Il n'a pas été mis en évidence de différence significative de longueur des fragments fracturés fonction de l'instrument
Pedulla, E. et al. 2013(55)	Évaluer et comparer la RFC de 2 instruments utilisés en réciprocité après l'immersion dans la solution NaOCl.	- WO Primaire - R25	RCF : Simulateur canalaire courbe acier trempé. Immersion dynamique dans NaOCl durant 1 ou 5 min	RFC : R 25 > WO (*)	- R à une RFC supérieure à celle du WO - L'immersion dynamique dans NaOCl pendant 1 ou 5 minutes n'a pas réduit la RFC des WO et R
Kim H-C et al. 2012 (6)	*cf. Tableau 3*	- WO Primaire - R25	*cf. Tableau 3*	- RFC: R>WO (*) - RTor: WO>R (*)	R a une meilleure RFC que les autres instruments alors que le WO a une meilleure RTor (*)
Pedullà E. et al. 2013 (50)	*cf. Tableau 3*	- R25 - WO Primaire	*cf. Tableau 3*	RFC : Avec utilisation du mouvement recommandé pour chaque lime : R25 > WO (*)	Utilisé avec le mouvement recommandé, la RFC est apparue plus faible pour le WO que pour le R (*)

De-Deus G, et al. 2014(44)	Évaluer la RFlex et la durée de vie cyclique en statique et dynamique des instruments grande taille	- WO large - R 40	RFlex : Machine d'essai universelle RFC : Dispositif sur mesure Canal artificiel mesurant 1,4mm de diamètre et 19mm de longueur totale. Modèle statique et dynamique	RFlex : WO Large > R40 (*) RFC statique et dynamique : R40 >WO Large (*)	- R ont une RFC supérieure à celle des WO que ce soit en dynamique ou en statique - Les WO large présentent moins de flexibilité que R40 (*) - Les résultats sont meilleurs en dynamique qu'en statique, les instruments ne doivent pas être statiques à l'intérieur du canal afin de réduire le risque de fracture.
Poggio C. et al. 2014(52)	*cf. Tableau 3*	- R25 - WO Primaire	*cf. Tableau 3*	RFC: R25 > WO Primaire (*)	L'instrument R montre une meilleure RFC que WO.
Kim J.W. et al. 2014(56)	Évaluer la RTor de deux instruments utilisés en réciprocité à l'angle de rotation maximum Évaluer de fait si les angles de rotation prédéfinis dans les moteurs dédiés (maximum 170°) sont pertinents et permettent une utilisation « sûre » des instruments	- R25 - WO	RTor : Blocs de polycarbonate permettant le blocage de la pointe dans de la résine Tests effectués à 3, 4 et 5mm de la pointe Application contrainte torsion sens antihoraire	Les angles de rotation engendrant une déformation permanente de l'alliage étaient pour les 2 systèmes plus importants lorsqu'on s'éloignait de la pointe de l'instrument (*) Ces angles étaient systématiquement >170° La résistance et la dureté étaient significativement plus importantes à distance de la pointe de l'instrument (*)	- Les angles de rotation prédéfinis sur les moteurs dédiés aux instruments WO et R sont appropriés et permettent une utilisation relativement « sûre » de ces instruments - La répétition du mouvement de réciprocité pourrait occasionner des déformations permanentes - Les sections situées près de la pointe de l'instrument présentent des valeurs de RTor inférieures à celle ayant des sections transversales plus importantes
F. da Frota, M. et al. 2014(51)	*Cf. Tableau 3*	- WO primaire - R25	*Cf. Tableau 3*	RFC : - En cas de déplacement axial : R25> WO (*) - Lorsque le déplacement axial ne se produit pas : NS entre R25 et WO RTor: WO > R25	- En cas de déplacement axial la RFC du R est supérieure à celle du WO - La RTor est plus importante pour le WO que le R25

Scelza P. et al 2015(46)	Évaluer et comparer la RFlex et la durée de vie cyclique statique et dynamique de 2 instruments utilisés en réciprocité	- WO - R25	RFlex : Machine d'essai universelle. Test de flexion de 45° RFC : Bloc métallique avec un canal artificiel de 1,77mm de diamètre et 20mm de longueur. Modèle statique et dynamique	RFlex: WO 25 > R25 (*) RFC statique : R>WO (*) En moyenne : durée de vie du R : 8,34min et du WO : 2,48min RFC dynamique : R> WO (*) En moyenne : durée de vie du R : 7,49min et du WO : 3,24min	- R est plus résistant à la fatigue cyclique statique et dynamique que l'instrument WO (*) - WO est moins flexible que R (*)
Higuera O. et al. 2015(53)	Évaluer et comparer la RFC de 3 instruments utilisés en réciprocité	- WO Primaire - R25 - TF Adaptive M-L1 (RC ou REC, mouvement adaptatif)	RFC : Bloc métallique avec un canal courbe simulé en acier inoxydable. Modèle statique	RFC: - R25 > WO (NS) - (R25/TF Adaptive) > WO (*) Pas de différence significative R25/TF Adaptive	- WO a montré la plus basse RFC par rapport à R et TF Adaptive. - L'étude n'a pas trouvé de corrélation entre la vitesse de rotation des instruments et la RFC.
Elnaghy A.M. et al. 2016(57)	Évaluer et comparer la RFC de 2 instruments utilisés en réciprocité pendant l'immersion dans NaOCl et les solutions salines	- WO Gold - R25	RFC : Dispositif sur mesure. Test d'immersion pendant une durée de 2 à 3 minutes. Immersion en 3 groupes expérimentaux : G1 : aucune (air, contrôle) G2 : solution saline à 37°C G3 : NaOCl à 5% à 37 °C	RFC: - Pour les 3 groupes : WO Gold > R (*) - RFC G1 > RFC G2/G3 pour les 2 instruments. (*) - RFC G2 et G3 [NS]	- L'immersion des instruments WO Gold et R a diminué leur RFC (*) - Aucune différence significative détectée dans la RFC entre les solutions salines ou NaOCl - RFC des WO Gold plus élevée que celle des R (*) - Il n'a pas été mis en évidence de différence significative de longueur des fragments fracturés pour les 2 systèmes utilisés dans différents environnements.
Ozyurek,T. et al. 2016(58)	Évaluer et comparer la RFC de 3 instruments utilisés en réciprocité	- WO Gold -WO Primaire - R25	RFC : Simulateur canalaire courbe acier trempé. Modèle statique	RFC: WO Gold > R25 > WO Primaire (*)	La RFC du WO Gold primaire est plus élevée que celle du WO primaire et R25 (*) Il n'a pas été mis en évidence de différence significative de longueur des fragments fracturés fonction de l'instrument.
Silva EJNL. et al. 2016(39)	Évaluer et comparer la RFlex et la RFC d'un nouvel instrument à usage unique utilisé en réciprocité.	- Unicone - R25 - WO Primaire	RFlex : machine d'essai universelle RFC : Simulateur canalaire courbe acier trempé	RFlex : (WO/ Unicone) > R (*) WO et Unicone : NS RFC: R > WO > Unicone (*) Unicone mode « Reciproc All » > Unicone mode « Wave One All » (*)	- Le nouvel instrument à mouvement de réciprocité a montré une RFC inférieure par rapport à R25 et WO primaire. - R est beaucoup plus flexible que les autres instruments.
Topcuoglu, HS. et al. 2016(59)	Évaluer et comparer la RFC de 3 instruments utilisés en réciprocité	- WOG Primaire - WO Primaire - R25	RFC: Canal artificiel en acier inoxydable avec une courbure double (forme de S)	RFC : - Dans les courbures apicales et coronaires : WOG > (R25/WO) (*) - Dans la courbure apicale : R25 > WO (*) - Dans la courbure coronaire : R25 et WO [NS]	- WOG présentent une RFC supérieure à R25 et WO dans un canal en forme de S (*) - Il n'a pas été mis en évidence de différence significative de longueur des fragments fracturés fonction de l'instrument.

Elsaka S.E.et al. 2017(60)	Comparer la RTor et la RFlex de 3 instruments utilisés en réciprocité	- WOG - R **- TF Adaptive (RC ou REC, mouvement adaptatif)**	- RTor : Bloc métallique permettant de bloquer les 3 mm apicaux de chaque instrument dans de la résine et application d'une rotation constante à 2 tours par minute. - RFlex : machine d'essai universelle	- RTor: WOG > R> TFa (*) - RFlex: (R/TF Adaptive)> WOG (*) R > TFa (*)	- WOG a une RTor plus élevée que R et TF Adaptive et R a une RTor plus élevée que TF Adaptive (*) - WOG est plus flexible que les instruments R et TF Adaptive et TF Adaptive a une flexibilité supérieure au R(*) - Les RTor et RFlex peuvent être affectés par l'alliage et la conception transversale des instruments.
De-Deus G. et al. 2017(38)	Évaluer l'influence du traitement thermique bleu sur la résistance à la flexion et la RFC du R	- R25 - R25 Blue	- RFlex : Machine d'essai universelle - RFC : Canal artificiel en acier inoxydable	- RFC: R25 Blue > R25(*) - RFlex: R25 Blue < R25 (*)	Le R25 Blue a montré une amélioration de la performance globale par rapport au R classique : meilleure flexibilité et RFC (*)
Keskin, C. et al. 2017(36)	Évaluer et comparer la RFC de 3 instruments utilisés avec le mouvement de réciprocité interrompue	- WO Gold Primaire - WO Primaire - R25	RFC : Simulateur canalaire courbe acier trempé. Modèle <u>dynamique</u> 3 groupes expérimentaux : G1 : Réciprocité sans arrêt G2 : Réciprocité interrompue pendant 1s toutes les 5s G3 : Réciprocité interrompue pendant 1s toutes les 10s.	RFC : Pour les 3 groupes : WO Gold > R25 > WO (*) G3 (R25 et WO) > G2 (R25 et WO) (*)	- La RFC du WO Gold n'a pas été affectée par les interruptions du mouvement de réciprocité (*) - WO Gold a une RFC supérieure à celle de WO et R25 (*) - Les interruptions ont réduit la RFC de WO et R25 (*) - La fréquence plus élevée des interruptions a été associée à une vie de fatigue plus courte (*)
Keskin C. et al. 2017(37)	Évaluer et comparer la RFC de 3 instruments utilisés avec le mouvement de réciprocité	- R25 - R25 Blue - WO Gold Primaire	RFC : Simulateur canalaire courbe acier trempé. Modèle <u>dynamique</u>	RFC: R25 Blue > WO Gold Primaire > R25 (*)	Les instruments R25 Blue ont une RFC plus élevée que WO Gold primaire et R25. (*) L'effet du traitement thermique de l'alliage R Blue jouerait un rôle sur sa RFC élevée.
Gündogar M. et al. 2017(32)	*cf. Tableau 3*	- R25 Blue - WO Gold Primaire	*cf. Tableau 3*	RFC: R25 Blue > WOGold (*)	- Le nouvel instrument R25 Blue a montré une meilleure RFC que WO Gold et OS (*)

Conclusions du tableau 4 :

- Les systèmes les plus étudiés sont les systèmes WO et R,
- Une étude concernait le système Unicone® (39) et montrait pour ce dernier une RFC inférieure par rapport à R25 et WO primaire,
- Lorsque les systèmes WO et R « première génération » sont comparés, toutes les études concluent à une supériorité de R sur WO en matière de RFC (6,42–44, 46,50–53,55),
- L'évolution « Gold » de l'instrument WO a permis l'obtention de valeurs de RFC supérieures par rapport aux instruments WO et R de première génération (32,36,57,59,60),
- L'évolution « Blue » de l'instrument R a permis l'obtention de valeurs de RFC supérieures par rapport aux instruments WO et R de première génération (37,38)
- Plusieurs études concluent à une supériorité de l'instrument Reciproc Blue sur le WO Gold en réciprocité (32,37).

2.3. Tableau 5 : Synthèse des résultats des études in vivo et ex vivo étudiant les propriétés mécaniques des instruments dédiés à la réciprocité

Auteurs, Année	Objectifs de l'étude	Type d'instrument testé	Protocole expérimental	Résultats	Conclusions
Varela-Patino P. et al. 2010 (61)	Déterminer l'influence du type de dynamique instrumentale sur la fréquence des fractures ou déformations	- PT S1, S2, F1, F2 et F3	- **Étude ex vivo** : molaires maxillaires et mandibulaires extraites, canaux présentant un apex fermé et une courbure > 30° - 120 canaux radiculaires traités divisés en 2 groupes animés respectivement d'un mouvement de réciprocité (GA) ou de RC (GB)	Nombre moyen d'utilisation : GA : 13,0 GB : 10,05	Les instruments utilisés avec un mouvement de réciprocité ont un nombre moyen d'utilisation plus élevé par rapport au mouvement de rotation continue (*)
Cunha RS et al. 2014(62)	Évaluer l'incidence des fractures avec le WO lorsqu'il est utilisé pour préparer les canaux radiculaires des dents postérieures	- WO	- **Étude in vivo**, - Étude prospective : période de 18 mois - 4 endodontistes spécialisés effectuent un traitement endodontique sur 711 dents postérieures (2215 canaux) - Réalisation systématique d'un pré-élargissement manuel ou mécanisé avant utilisation des limes WO	Incidence de fractures : - par rapport au nombre de canaux mis en forme : 0,13% - par rapport au nombre de dents traitées : 0,42% Sur 2215 canaux traités, 3 instruments se sont fracturés : - 2 WO Small - 1 WO Primaire La fracture se situe préférentiellement au niveau de la zone apicale	- L'incidence des fractures est faible pour le WO lorsqu'il est utilisé sur les canaux de dents postérieures - L'expérience du praticien pourrait influencer la faible incidence des fractures instrumentale observées
Plotino G. et al. 2014(63)	Examiner l'incidence des fractures et déformations des R après utilisation clinique	- R	**- Étude in vivo** - 3 opérateurs ont préparé 3780 canaux : 3023 traitements primaires, 757 retraitements. - Pas de pré-élargissement préalable	<u>Incidence de fractures</u> - par rapport au nombre de canaux mis en forme : 0,21% - par rapport au nombre d'instruments utilisés : 0,47% → 5 instruments fracturés en traitements primaires (0,29% du nombre d'instruments utilisés et 0,13% des canaux traités) → 3 instruments fracturés en retraitement (0,18% du nombre d'instruments utilisés et 0,08% des canaux traités) <u>Incidence des déformations sans fracture</u> - par rapport au nombre de canaux mis en forme : 0,15% - par rapport au nombre d'instruments utilisés : 0,35% → Au cours de traitements primaires (0,11% du nombre d'instruments utilisés et 0,05% des canaux traités) → Au cours de retraitements (0,23% du nombre d'instruments utilisés et 0,10% des canaux traités) Aucune déformation ou fracture n'a été enregistrée pour R40 et R50.	- Incidence très faible de fracture et déformation du R en suivant les instructions du fabricant - Pas de différence significative entre situations de traitement initial et de retraitement - Le mouvement de réciprocité peut jouer un rôle dans la prévention de la fracture de l'instrument

Zuolo ML et al. 2015(64)	Évaluer la fréquence avec laquelle R25 est capable d'atteindre la longueur totale (LT) de travail dans les 2nds canaux mésiaux des molaires maxillaires. Évaluer le taux de fracture des instruments	- R25 - Limes manuelles	**- Étude in vivo** - Prospective - 2 opérateurs expérimentés, spécialistes de l'endodontie avec plus de 15 ans de pratique - 341 molaires maxillaires traitées : G1 : limes manuelles G2 : R25 Pas de pré-élargissement	- G1 : atteinte de la LT dans 57,48% des cas / 3 instruments fracturés - G2 : atteinte de la LT dans 85,63% des cas / 3 instruments fracturés Fractures instrumentales : - Entre G1 et G2 [NS] - Global : 0,56%	- R25 est <u>plus efficace</u> comparé aux instruments manuels dans la préparation des MV2 des 1ère et 2ème molaires maxillaires - Taux de fracture faible : les instruments R25 sont <u>sûrs</u> pour préparer les MV2
Bueno CSP et al. 2017(65)	Évaluation de la résistance aux fractures (RFC et RTor) du R et du WO en fonction du nombre d'utilisations jusqu'à 3 dents postérieures	-WO primaire - R25	**- Étude pilote : ex vivo** **- Étude principale : in vivo** - Étude prospective - Étude pilote pour établir la méthodologie et protéger les patients contre les éventuels risques imprévus : 12 dents extraites → aucun cas de fracture - Étude principale : 3 spécialistes expérimentés, traitement de 358 dents postérieures (1130 canaux) : chacun des 60 instruments WO et 60 R a été utilisé pour traiter 3 dents Pas de pré-élargissement	<u>Incidence de fractures</u> - 0.26% du nombre de canaux - 0.84% du nombre de dents → 1 WO pendant la 3ème utilisation (tiers apical) → 2 R : 1ère (tiers médian) et 3ème utilisation (tiers apical). Fractures surtout au niveau des dents mandibulaires	- Aucun signe de déformation pour les instruments avant la fracture - Faible incidence de fractures lorsque les instruments sont utilisés <u>jusqu'à 3 traitements endodontiques</u> réalisés sur dents postérieures

<u>Conclusions du tableau 5 :</u>

- Les instruments utilisés en RA sont associés *in vivo* à de faibles taux de fracture instrumentale au cours de la mise en forme (62,64,66),
- Pour un même instrument le mouvement de réciprocité permet un nombre moyen d'utilisation plus élevé avant fracture ou déformation par rapport au mouvement de rotation continue (61),
- Les instruments utilisés en réciprocité pourraient être utilisés de manière sécurisée jusqu'à 3 traitements endodontiques de dents postérieures (65).

III. DISCUSSION

La fracture instrumentale au cours de la mise en forme est un évènement indésirable redouté par les praticiens qui peut favoriser un échec clinique du traitement endodontique. Le mouvement de réciprocité asymétrique (RA) décrit par Yared en 2008 visait à minimiser ce risque en permettant que l'angle de rotation en coupe n'atteigne pas la limite élastique de l'instrument et tout en assurant la progression intra-canalaire de ce dernier par une alternance de mouvements d'engagement et de désengagement. Depuis l'apparition de la RA, de nombreuses études ont été conduites sur la résistance à la fracture instrumentale des systèmes de mise en forme canalaire utilisés avec ce mouvement. Par ailleurs, les premiers systèmes utilisant ce mouvement (Reciproc® et Wave One®) ont connu depuis leurs premières versions des modifications de leur design instrumental et du type d'alliage utilisé dans l'objectif d'améliorer leurs propriétés mécaniques.

L'objectif de ce travail était de conduire une revue de la littérature des études disponibles sur les instruments utilisés en RA dans l'objectif de compiler les résultats obtenus et d'en réaliser une synthèse. Nous discuterons dans un premier temps des résultats des études réalisées *in vitro* et dans un second temps des données issues d'études conduites *ex vivo* et *in vivo*.

L'analyse de la littérature nous a permis de constater que les études s'intéressant *in vitro* à la résistance mécanique des instruments utilisés en RA étaient nombreuses, qu'elles considèrent exclusivement ce type d'instruments ou bien qu'elles comparent les instruments utilisés en réciprocité asymétrique (SystRA) avec ceux utilisés en rotation continue (SystRC). Les études disponibles concluent majoritairement à de meilleures performances mécaniques des SystRA par rapport aux SystRC.

Parmi les critères de résistance, la résistance en fatigue cyclique (RFC) était le paramètre le plus souvent testé. À l'exception des articles de Gündogar et al. (32) et Pedullà et al. (50) qui rapportent la supériorité de la RFC d'instruments utilisés en rotation continue par rapport aux instruments utilisés en réciprocité respectivement : [Hy Flex EDM versus R Blue et WO Gold] et [Twisted file et MTwo versus WO]; les études conduites *in vitro* concluaient toutes que les SystRA montraient une RFC significativement supérieure aux SystRC.

On sait que d'autres variables telles que l'alliage et le design instrumental sont susceptibles d'influer sur la RFC. C'est pourquoi il était également intéressant de considérer des travaux portant sur la résistance d'un même instrument soumis aux deux types de

mouvement. Les études de De Deus et al. en 2010 avec le ProTaper (9) ; Gavini et al. en 2012 avec le Reciproc 25 (11) ; Varghese et al. en 2016 avec les instruments ProTaper Next, Wave One, MTwo (45) et enfin les études de Sekar et al. en 2016 avec les instruments MTwo, One Shape ou Revo-S SU (54), ont toutes montré que pour un même instrument et indépendamment du mouvement préconisé par les fabricants le fait d'être animé d'un mouvement de RA comparativement à un mouvement de rotation continue augmentait la RFC de ce dernier. Le mouvement de RA peut donc être directement incriminé dans l'augmentation de l'espérance de vie des instruments endodontiques.

Concernant la résistance en torsion, les études considérées ont permis de conclure à deux choses :

- que les SystRec peuvent être utilisés en toute sécurité avec les programmes qui leur sont dédiés, l'angle de rotation maximal ne dépassant pas le seuil de déformation élastique permanente des instruments (56),
- que les SystRA montraient des propriétés supérieures aux SystRC en résistance en torsion. Lors des tests en torsion, le mouvement testé est une rotation pure en sens horaire ou antihoraire dépendant de l'instrument testé. L'alliage et le design instrumental des instruments semblent donc être directement responsables des meilleures valeurs de résistance en torsion présentées par les SystRec.

Concernant la comparaison des différents SystRec entre eux, d'un point de vue chronologique, les premières études permettent une comparaison entre les instruments Wave One et Reciproc de « première génération », instruments différant par leur design instrumental et l'amplitude des angles du mouvement de réciprocité qui les anime. Ces études concluent en majorité :

- à une supériorité significative du Reciproc en RFC et en flexibilité par rapport au Wave One,
- à une supériorité du Wave One en RTor par rapport au Reciproc.

Les études disponibles à partir de 2015 montrent que les évolutions concernant les alliages utilisés pour la fabrication des instruments mais également des modifications portant sur le design instrumental ont permis d'améliorer significativement les propriétés mécaniques des systèmes WO et R. Ainsi, les instruments Wave One Gold montrent des propriétés de RFC désormais supérieures à celles des instruments Wave One et Reciproc de première génération

(36,57–60). Il en est de même pour le Reciproc Blue, pour lequel les études rapportent une amélioration de ses performances mécaniques : une meilleure RFC et une meilleure flexibilité par rapport à l'instrument Reciproc initial (37,38). Bien que le type exact de traitement thermique subi par ces alliages reste méconnu, ces procédures semblent donc efficaces pour développer la RFC et améliorer les performances des instruments.

Contrairement aux études menées *in vitro*, les études disponibles *ex vivo* et *in vivo* sont apparues quant à elles en faible nombre. Elles tendent cependant à s'accorder avec les études réalisées *in vitro* quant à la supériorité des propriétés mécaniques des SystRec par rapport aux SystRCont. Deux études rapportent ainsi des taux de fracture de respectivement 0,13 % (Cunha) et 0,21 % (Plotino) des canaux traités avec des SystRec. Ces taux sont apparus inférieurs à ce qui peut être retrouvé dans la littérature pour des instruments utilisés en rotation continue qui rapporte des taux de fracture se situant entre 0,4% et 3,7% des canaux traités avec une moyenne de 1% (10). Par ailleurs, une étude portant spécifiquement sur la mise en forme de seconds canaux mésio-vestibulaires de molaires maxillaires a montré la capacité des SystRec à travailler dans des conditions difficiles (MV2) avec des résultats probants (64). Il semblerait donc que les études disponibles *in vivo* corroborent la plus grande résistance à la fracture des SystRec par rapport aux SystRCont. Il faut cependant noter que dans toutes les études de ce type que nous avons considérées, les opérateurs sont le plus souvent des endodontistes aguerris et cela pourrait constituer un biais expérimental tendant à majorer les bons résultats. Même si une étude menée *ex vivo* conclue au fait que l'expérience de l'opérateur n'a pas d'incidence sur le taux de fracture de l'instrument Wave One Gold (67), il serait intéressant de disposer d'études *in vivo* supplémentaires ne considérant pas uniquement les taux de fracture chez des opérateurs expérimentés mais également des étudiants ou des dentistes omnipraticiens.

Enfin, l'usage unique de l'instrumentation endodontique a aujourd'hui tendance à se généraliser pour éviter les problèmes liés à la désinfection de surface mais également pour éviter des fractures instrumentales qui seraient le fruit d'un nombre d'utilisation excessif des instruments (68). Pour les instruments conçus pour la réciprocité, cet usage unique est normalement la règle. Pourtant, une étude conduite *in vivo* portait sur la possibilité de réutiliser les instruments (R et WO) jusqu'à 3 traitements consécutifs sur dents postérieures après vérification de l'absence de déformation de l'instrument sous microscope et en éliminant à l'aide d'un scalpel la bague silicone empêchant la réinsertion de l'instrument sur

le contre-angle après stérilisation (65). Les auteurs ont rapporté dans cette étude un taux de fractures de 0,26% des canaux soit un taux légèrement supérieur à ce qui est décrit dans des études où les instruments sont utilisés en usage unique (65). Ils ont par conséquent conclu à la possibilité de réutiliser ces instruments jusqu'à 3 fois, invoquant principalement le coût de l'instrumentation. Même si les taux de fracture rapportés dans cette étude sont sensiblement équivalents à de l'usage unique, il ne paraît pas souhaitable de généraliser cette pratique pour plusieurs raisons :

- premièrement, au-delà de considérations mécaniques il est nécessaire aujourd'hui d'envisager le niveau de risque zéro en matière de contamination croisée (69,70),
- deuxièmement, ce risque zéro n'existant pas en matière de fracture instrumentale, il convient de tout mettre en œuvre pour le réduire au maximum. Or, il n'existe aucun moyen de savoir à quel moment la fracture liée à une sur utilisation de l'instrument arrivera. Dans l'étude de Bueno et al. les instruments qui se sont fracturés ne présentaient en effet aucun signe de déformation avant la nouvelle utilisation (65),
- Enfin, cet usage multiple va à l'encontre de ce qui est recommandé dans les notices des fabricants et pourrait poser un problème de responsabilité directe de l'opérateur en cas de fracture instrumentale.

CONCLUSION

Les évolutions rapides de l'instrumentation endodontique tant en matière de design instrumental et de composition que de dynamique des instruments ont permis ces dernières décennies de faciliter les procédures endodontiques. Alors que les instruments Nickel-Titane ont constitué une avancée majeure en endodontie dans les années 90, l'évolution récente la plus prometteuse est sans conteste l'avènement d'un mouvement de réciprocité asymétrique et des systèmes instrumentaux qui lui sont dédiés. Alors que la fracture instrumentale continue à constituer une problématique importante en endodontie, la minimisation du risque de fracture en torsion et la meilleure résistance en fatigue cyclique de ces instruments ont largement été démontrées *in vitro*. Cependant, ces résultats restent à confirmer de manière plus franche par la réalisation d'études *in vivo*, particulièrement auprès d'opérateurs non spécialisés en endodontie. En effet, malgré tous les avantages présentés par ces systèmes, l'expérience du praticien ainsi que le respect des conditions d'utilisation pourraient rester des facteurs non négligeables dans la réduction du taux de fracture instrumentale opératoire.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Exemples de fractures instrumentales. 6

Figure 2 : Mouvement de réciprocité (35) 13

Figure 3 : Variabilité des sections du Wave One le long de la partie travaillante de l'instrument : 13

Figure 4 : Système Wave One® : noire (large), rouge (primaire), jaune (fin) 14

Figure 5 : Visualisation de l'instrument Wave One Gold® en microscope à balayage électronique (Documents Dentsply Sirona) 14

Figure 6 : Pointe et section transversale du Wave One Gold® (Documents Dentsply Sirona) 15

Figure 7 : Système WO Gold® : jaune (fin), rouge (primaire), vert (medium), blanc (large) 15

Figure 8 : Section transversale du Reciproc (34) 16

Figure 9 : Système Reciproc® : jaune (R50), noir (R40), rouge (R25) 16

Figure 10 : Système Reciproc Blue® : jaune (R50), noir (R40), rouge (R25) 16

Figure 11 : Système Unicone 17

Figure 12 : Mouvement adaptatif (40) 18

Figure 13 : Système TF adaptive (40) 19

Figure 14 : Exemple de dispositif expérimental simulant un canal artificiel (45) 22

Figure 15 : Exemple de dispositif expérimental permettant de tester la résistance à la fatigue cyclique des instruments (46) 22

Figure 16 : Exemple de dispositif expérimental permettant de tester la résistance à la flexion (46) 23

Figure 17 : Exemple de dispositif expérimental permettant de tester la résistance à la torsion (41) : 24

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Exemple de systèmes pluri-instrumentaux utilisés en rotation continue 10

Tableau 2 : Exemple de systèmes mono-instrumentaux utilisés en rotation continue 11

Tableau 3 : Synthèse des résultats des études in vitro présentant une comparaison de la résistance mécanique d'instruments animés par un mouvement de réciprocité avec des instruments dédiés à la rotation continue 26

Tableau 4 : Synthèse des résultats des études in vitro présentant une comparaison de la résistance mécanique d'instruments dédiés à la réciprocité 30

Tableau 5 : Synthèse des résultats des études in vivo et ex vivo étudiant les propriétés mécaniques des instruments dédiés à la réciprocité 35

BIBLIOGRAPHIE

1. Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. Dent Clin North Am. avr 1974;18(2):269‑96.
2. Lupi-Pegurier L, Bertrand M-F, Muller-Bolla M, Rocca JP, Bolla M. Periapical status, prevalence and quality of endodontic treatment in an adult French population. Int Endod J. août 2002;35(8):690‑7.
3. Boucher Y, Matossian L, Rilliard F, Machtou P. Radiographic evaluation of the prevalence and technical quality of root canal treatment in a French subpopulation. Int Endod J. mars 2002;35(3):229‑38.
4. Tavares PBL, Bonte E, Boukpessi T, Siqueira JF, Lasfargues J-J. Prevalence of Apical Periodontitis in Root Canal–Treated Teeth From an Urban French Population: Influence of the Quality of Root Canal Fillings and Coronal Restorations. J Endod. juin 2009;35(6):810‑3.
5. HAS. Traitement endodontique. Rapport d'évaluation technologique. [Internet]. 2008. Disponible sur: http://www.has-sante.fr
6. Kim H-C, Kwak S-W, Cheung GS-P, Ko D-H, Chung S-M, Lee W. Cyclic Fatigue and Torsional Resistance of Two New Nickel-Titanium Instruments Used in Reciprocation Motion: Reciproc Versus WaveOne. J Endod. avr 2012;38(4):541‑4.
7. Walia HM, Brantley WA, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. J Endod. juill 1988;14(7):346‑51.
8. Yared G. Canal preparation using only one Ni-Ti rotary instrument: preliminary observations. Int Endod J. avr 2008;41(4):339‑44.
9. De-Deus G, Moreira EJL, Lopes HP, Elias CN. Extended cyclic fatigue life of F2 ProTaper instruments used in reciprocating movement: Cyclic fatigue life of F2 ProTaper instrument. Int Endod J. déc 2010;43(12):1063‑8.
10. Parashos P, Messer HH. Rotary NiTi instrument fracture and its consequences. J Endod. nov 2006;32(11):1031‑43.
11. Gavini G, Caldeira CL, Akisue E, Candeiro GT de M, Kawakami DAS. Resistance to Flexural Fatigue of Reciproc R25 Files under Continuous Rotation and Reciprocating Movement. J Endod. mai 2012;38(5):684‑7.
12. Sattapan B, Nervo GJ, Palamara JE, Messer HH. Defects in rotary nickel-titanium files after clinical use. J Endod. 2000;26(3):161–165.

13. Pertot W, Pommel L. Mise en forme et nettoyage du système canalaire.Chapitre10. In: Simon S, Machtou P, Pertot WJ Endodontie. CDP; 2012. p. 187‑217. (JPIO).
14. Martín B, Zelada G, Varela P, Bahillo JG, Magán F, Ahn S, et al. Factors influencing the fracture of nickel-titanium rotary instruments. Int Endod J. avr 2003;36(4):262‑6.
15. Bahia MGA, Buono VTL. Decrease in the fatigue resistance of nickel-titanium rotary instruments after clinical use in curved root canals. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology. août 2005;100(2):249‑55.
16. Smith A, Dickson M, Aitken J, Bagg J. Contaminated dental instruments. J Hosp Infect. juill 2002;51(3):233‑5.
17. Sonntag D, Peters OA. Effect of Prion Decontamination Protocols on Nickel-Titanium Rotary Surfaces. J Endod. avr 2007;33(4):442‑6.
18. 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. avr 2015;41(4):526‑30.
19. Benkiran I, Lahlou K, Jabri M, El Ouazzani A, Hireche H. Introduction du Nickel-Titane en endodontie | Dossiers du mois. Courr Dent Portail Form Dent Contin Francoph [Internet]. 1999; Disponible sur: https://www.lecourrier dudentiste.com/dossiers-du-mois/introduction-du-nickel-titane-en-endodontie.html
20. Martin D, Amor J, Machtou P. Mechanized endodontics: the protaper® system. Principes and clinical protocol. Rev Odontostomatol-PARIS-. 2002;31(1):33–44.
21. Simon S, Machtou P, Tomson P, Adams N, Lumley P. Influence of fractured instruments on the success rate of endodontic treatment. Dent UPDATE-Lond-. 2008;35(3):172.
22. McGuigan MB, Louca C, Duncan HF. Clinical decision-making after endodontic instrument fracture. BDJ. 26 avr 2013;214(8):395‑400.
23. Code de la santé publique - Article L1111-2. Code de la santé publique.
24. Di Fiore PM. A dozen ways to prevent nickel-titanium rotary instrument fracture. J Am Dent Assoc 1939. févr 2007;138(2):196‑201; quiz 249.
25. Eble A. Prévenir et traiter la fracture des instruments endodontiques en NiTi (Nickel-Titane). Actual Odonto-Stomatol. juin 2012;(258):151‑60.
26. Peli J. Bases fondamentales de la préparation en Rotation Continue [Internet]. Dentisfuturis. 1999. Disponible sur: https://www.dentisfuturis.com/bases-fondamentales-de-la-prparation-en-rotation-continue/

27. Marshall FJ, Pappin J. A crown-down pressureless preparation root canal enlargement technique. Tech Man Portland. 1980;
28. Ruddle C. Endodontic canal preparation: breakthrough cleaning and shaping strategies. Dent Today. févr 1994;13(2):44, 46, 48‑9.
29. Mtwo. The efficient NiTi system. [Internet]. Disponible sur: http://www.vdw-dental.com/fileadmin/redaktion/downloads/produkte/en/en-mtwo_anwender_rev11.pdf
30. Viteaux A. L'instrumentation unique en rotation continue | Dental Tribune International [Internet]. 2014. Disponible sur: http://www.dental-tribune.com/articles/specialities/endodontics/17276_linstrumentation_unique_en_rotation_continue.html
31. Dagna A, Gastaldo G, Beltrami R, Chiesa M, Poggio C. F360 and F6 Skytaper: SEM evaluation of cleaning efficiency. Ann Stomatol (Roma). 2015;6(3‑4):69.
32. Gundogar M, Ozyurek T. Cyclic Fatigue Resistance of OneShape, HyFlex EDM, WaveOne Gold, and Reciproc Blue Nickel-titanium Instruments. J Endod. juill 2017;43(7):1192‑6.
33. Grande NM, Ahmed HMA, Cohen S, Bukiet F, Plotino G. Current Assessment of Reciprocation in Endodontic Preparation: A Comprehensive Review—Part I: Historic Perspectives and Current Applications. J Endod. nov 2015;41(11):1778‑83.
34. Wilhelm-J. Pertot. Mise en forme canalaire monoinstrumentale en mouvement réciproque. Dent Trib DT STUDY CLUB Mag 1. 2013;44‑7.
35. Brochure Dentsply Wave One Gold [Internet]. Disponible sur: https:/www.dentsply.com
36. Keskin C, Inan U, Demiral M. Effect of interrupted motion on the cyclic fatigue resistance of reciprocating nickel-titanium instruments. Int Endod J. 28 mai 2017;
37. Keskin C, Inan U, Demiral M, Keles A. Cyclic Fatigue Resistance of Reciproc Blue, Reciproc, and WaveOne Gold Reciprocating Instruments. J Endod. juin 2017;
38. De-Deus G, Silva EJNL, Vieira VTL, Belladonna FG, Elias CN, Plotino G, et al. Blue Thermomechanical Treatment Optimizes Fatigue Resistance and Flexibility of the Reciproc Files. J Endod. mars 2017;43(3):462‑6.
39. Silva EJNL, Villarino LS, Vieira VTL, Accorsi-Mendonça T, Antunes H dos S, De-Deus G, et al. Bending Resistance and Cyclic Fatigue Life of Reciproc, Unicone, and WaveOne Reciprocating Instruments. J Endod. déc 2016;42(12):1789‑93.

40. Gary Glassman, Gambarini G, Rosler S. Twisted Files and Adaptive Motion Technology: A Winning Combination for Safe and Predictable Root Canal Shaping - Oral Health Group. 2016.
41. Elsaka SE, Elnaghy AM, Badr AE. Torsional and bending resistance of WaveOne Gold, Reciproc and Twisted File Adaptive instruments. Int Endod J. nov 2017;50(11):1077‑83.
42. Arias A, Perez-Higueras JJ, de la Macorra JC. Differences in Cyclic Fatigue Resistance at Apical and Coronal Levels of Reciproc and WaveOne New Files. J Endod. sept 2012;38(9):1244‑8.
43. Plotino G, Grande NM, Testarelli L, Gambarini G. Cyclic fatigue of Reciproc and WaveOne reciprocating instruments: Cyclic fatigue of reciprocating instruments. Int Endod J. juill 2012;45(7):614‑8.
44. De-Deus G, Leal Vieira VT, Nogueira da Silva EJ, Lopes H, Elias CN, Moreira EJ. Bending Resistance and Dynamic and Static Cyclic Fatigue Life of Reciproc and WaveOne Large Instruments. J Endod. avr 2014;40(4):575‑9.
45. Varghese N, Pillai R, Sujathen U-N, Sainudeen S, Antony A, Paul S. Resistance to torsional failure and cyclic fatigue resistance of ProTaper Next, WaveOne, and Mtwo files in continuous and reciprocating motion: An in vitro study. J Conserv Dent. 2016;19(3):225.
46. Scelza P, Harry D, Silva LE da, Barbosa IB, Scelza MZ. A comparison of two reciprocating instruments using bending stress and cyclic fatigue tests. Braz Oral Res. 2015;29(1):1‑7.
47. Elnaghy AM, Elsaka SE. Torsion and Bending Properties of OneShape and WaveOne Instruments. J Endod. avr 2015;41(4):544‑7.
48. Castelló-Escrivá R, Alegre-Domingo T, Faus-Matoses V, Román-Richon S, Faus-Llácer VJ. In Vitro Comparison of Cyclic Fatigue Resistance of ProTaper, WaveOne, and Twisted Files. J Endod. nov 2012;38(11):1521‑4.
49. Lopes HP, Elias CN, Vieira MVB, Siqueira JF, Mangelli M, Lopes WSP, et al. Fatigue Life of Reciproc and Mtwo Instruments Subjected to Static and Dynamic Tests. J Endod. mai 2013;39(5):693‑6.
50. 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. févr 2013;39(2):258‑61.

51. F. da Frota M, G. Espir C, L. C. V. Berbert F, A. F. Marques A, C. Sponchiado-Junior E, Tanomaru-Filho M, et al. Comparison of cyclic fatigue and torsional resistance in reciprocating single-file systems and continuous rotary instrumentation systems. J Oral Sci. 2014;56(4):269‑75.

52. Poggio C, Beltrami R, Colombo M, Chiesa M, Bianchi S, Dagna A. Cyclic fatigue resistance of OneShape, Reciproc, and WaveOne: An in vitro comparative study. J Conserv Dent. 2014;17(3):250.

53. Higuera O, Plotino G, Tocci L, Carrillo G, Gambarini G, Jaramillo DE. Cyclic Fatigue Resistance of 3 Different Nickel-Titanium Reciprocating Instruments in Artificial Canals. J Endod. juin 2015;41(6):913‑5.

54. Sekar V, Kumar R, Nandini S, Ballal S, Velmurugan N. Assessment of the role of cross section on fatigue resistance of rotary files when used in reciprocation. Eur J Dent. 2016;10(4):541.

55. Pedullà E, Grande NM, Plotino G, Palermo F, Gambarini G, Rapisarda E. Cyclic fatigue resistance of two reciprocating nickel-titanium instruments after immersion in sodium hypochlorite. Int Endod J. févr 2013;46(2):155‑9.

56. 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. oct 2014;40(10):1671‑5.

57. Elnaghy AM, Elsaka SE. Effect of sodium hypochlorite and saline on cyclic fatigue resistance of WaveOne Gold and Reciproc reciprocating instruments. Int Endod J. nov 2016;

58. Özyürek T. Cyclic Fatigue Resistance of Reciproc, WaveOne, and WaveOne Gold Nickel-Titanium Instruments. J Endod. oct 2016;42(10):1536‑9.

59. Topçuoğlu HS, Düzgün S, Aktı A, Topçuoğlu G. Laboratory comparison of cyclic fatigue resistance of WaveOne Gold, Reciproc and WaveOne files in canals with a double curvature. Int Endod J. juill 2017;50(7):713‑7.

60. Elsaka SE, Elnaghy AM, Badr AE. Torsional and bending resistance of WaveOne Gold, Reciproc and Twisted File Adaptive instruments. Int Endod J. nov 2017;50(11):1077‑83.

61. Varela-Patiño P, Ibañez-Párraga A, Rivas-Mundiña B, Cantatore G, Otero XL, Martin-Biedma B. Alternating versus Continuous Rotation: A Comparative Study of the Effect on Instrument Life. J Endod. janv 2010;36(1):157‑9.

62. Cunha RS, Junaid A, Ensinas P, Nudera W, da Silveira Bueno CE. Assessment of the Separation Incidence of Reciprocating WaveOne Files: A Prospective Clinical Study. J Endod. juill 2014;40(7):922‑4.

63. Plotino G, Grande NM, Porciani PF. Deformation and fracture incidence of Reciproc instruments: a clinical evaluation. Int Endod J. févr 2015;48(2):199‑205.

64. Zuolo ML, Carvalho MC, De-Deus G. Negotiability of Second Mesiobuccal Canals in Maxillary Molars Using a Reciprocating System. J Endod. nov 2015;41(11):1913‑7.

65. Bueno CSP, Oliveira DP de, Pelegrine RA, Fontana CE, Rocha DGP, Bueno CE da S. Fracture Incidence of WaveOne and Reciproc Files during Root Canal Preparation of up to 3 Posterior Teeth: A Prospective Clinical Study. J Endod. mai 2017;43(5):705‑8.

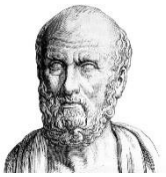
66. Plotino G, Giansiracusa Rubini A, Grande NM, Testarelli L, Gambarini G. Cutting Efficiency of Reciproc and WaveOne Reciprocating Instruments. J Endod. août 2014;40(8):1228‑30.

67. Generali L, Righi E, Todesca MV, Consolo U. Canal shaping with WaveOne reciprocating files: influence of operator experience on instrument breakage and canal preparation time. Odontology. juill 2014;102(2):217‑22.

68. Berutti E, Chiandussi G, Paolino DS, Scotti N, Cantatore G, Castellucci A, et al. Canal Shaping with WaveOne Primary Reciprocating Files and ProTaper System: A Comparative Study. J Endod. avr 2012;38(4):505‑9.

69. Walker JT, Dickinson J, Sutton JM, Raven NDH, Marsh PD. Cleanability of dental instruments – implications of residual protein and risks from Creutzfeldt-Jakob disease. BDJ. 13 oct 2007;203(7):395‑401.

70. Popovic J, Gasic J, Zivkovic S, Petrovic A, Radicevic G. Evaluation of biological debris on endodontic instruments after cleaning and sterilization procedures. Int Endod J. avr 2010;43(4):336‑41.



SERMENT MEDICAL

En présence des Maîtres de cette Faculté, de mes chers condisciples, devant l'effigie d'HIPPOCRATE.

Je promets et je jure, d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine Dentaire.

Je donnerai mes soins à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail, je ne participerai à aucun partage clandestin d'honoraires.

Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

Je ne permettrai pas que des considérations de religion, de nation, de race, de parti ou de classe sociale viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.

Même sous la menace, je n'admettrai pas de faire usage de mes connaissances médicales contre les lois de l'humanité.

J'informerai mes patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des connaissances pour forcer les consciences.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leur père.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois déshonoré et méprisé de mes confrères si j'y manque.

PENSO Laura – Évaluation comparée des fractures instrumentales en rotation continue et en réciprocité

Th. : Chir. dent. : Marseille : Aix-Marseille Université : 2018

Rubrique de classement **:** Odontologie-Endodontie

Résumé :
Malgré de nombreux avantages, les instruments Ni-Ti utilisés en rotation continue présentent au cours de la mise en forme canalaire un risque de fracture instrumentale pouvant avoir des répercussions directes sur le taux de succès des traitements endodontiques. À la fin des années 2000, Yared propose un nouveau concept d'instruments animés d'un mouvement de réciprocité dite « asymétrique » et à usage unique. Comparativement à la rotation continue, cette dynamique instrumentale permettrait à l'instrument de mieux résister à la fatigue cyclique ainsi qu'aux efforts en torsion, avec pour conséquence une diminution du taux de fractures instrumentales.
L'objectif de ce travail est de mener une revue de la littérature portant sur la résistance à la fracture instrumentale des systèmes utilisés en réciprocité asymétrique, en considérant les études menées *in vitro*, *ex vivo* et *in vivo*. La première partie expose des rappels mécaniques et biologiques relatifs aux fractures instrumentales ainsi qu'une présentation du concept de réciprocité asymétrique et des instruments qui lui sont associé. La seconde partie de ce travail concerne la compilation des études disponibles sur la résistance à la fracture instrumentale des systèmes de mise en forme canalaire utilisés en réciprocité asymétrique et dont les résultats sont ensuite discutés.

Mots clés : Mouvement de réciprocité ; Wave One® ; Reciproc® ; Résistance à la fatigue cyclique ; Résistance à la torsion

PENSO Laura - Comparative evaluation of instrumental fractures in continuous rotation and in reciprocity

Abstract:
Despite many advantages, Ni-Ti instruments used with a continuous rotation motion are at risk of fracture during root canal shaping and this many have a direct impact on the success rate of endodontic treatments. At the end of the 2000s, Yared proposed a new concept of single-use instruments using an asymmetric movement of reciprocity. Compared to continuous rotation, this dynamic would allow the instrument to better resist cyclic fatigue and torsional forces, resulting in a decrease in the rate of instrumental fractures.
The work aims to present a review of the literature on *in vitro*, *ex vivo* and *in vivo* studies addressing the resistance to fracture of endodontic systems using asymmetric reciprocity. The first part addresses the mechanical and biological aspects of instrumental fractures and gives a view on of the concept of asymmetric reciprocity and the endodontic instruments associated. The second part of this work compiles and discuss the results of available studies on the mechanical resistance of endodontic systems used with asymmetric reciprocity.

Mots Mesh: Reciprocating motion; Wave One®; Reciproc®; Cyclic fatigue resistance; Torsional resistance

Adresse de l'auteur :
77, rue Jean Mermoz
13008 MARSEILLE