

UNIVERSITE TOULOUSE III - PAUL SABATIER

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2017

Thèse N° 2017-TOU3-3010

THESE

Pour le

DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement

Par

TRAN Nathalie

Le 13 Janvier 2017

LES INSTRUMENTS ENDODONTIQUES NICKEL-TITANE : STERILISATION VS USAGE UNIQUE

Directeur de thèse : Docteur DIEMER Franck

JURY

Président	Professeur DIEMER Franck
Assesseur	Docteur GURGEL-GEORGELIN Marie
Assesseur	Docteur VERGNES Jean-Noël
Assesseur	Docteur RAPP Lucie



UNIVERSITE TOULOUSE III - PAUL SABATIER

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2017

Thèse N° 2017-TOU3-3010

THESE

Pour le

DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement

Par

TRAN Nathalie

Le 13 Janvier 2017

LES INSTRUMENTS ENDODONTIQUES NICKEL-TITANE : STERILISATION VS USAGE UNIQUE

Directeur de thèse : Docteur DIEMER Franck

JURY

Président	Professeur DIEMER Franck
Assesseur	Docteur GURGEL-GEORGELIN Marie
Assesseur	Docteur VERGNES Jean-Noël
Assesseur	Docteur RAPP Lucie





➔ DIRECTION

DOYEN

Mr Philippe POMAR

ASSESEUR DU DOYEN

Mme Sabine JONOT

CHARGÉS DE MISSION

Mr Karim NASR

Mme Emmanuelle NOIRRI-ESCLASSAN

PRÉSIDENTE DU COMITÉ SCIENTIFIQUE

Mme Anne-Marie GRIMAUD

RESPONSABLE ADMINISTRATIF

Mme Marie-Christine MORICE

➔ HONORARIAT

DOYENS HONORAIRES

Mr Jean LAGARRIGUE +

Mr Jean-Philippe LODTER

Mr Gérard PALOUDIER

Mr Michel SIXOU

Mr Henri SOULET

➔ ÉMÉRITAT

Mr Damien DURAN

Mme Geneviève GRÉGOIRE

Mr Gérard PALOUDIER

➔ PERSONNEL ENSEIGNANT

56.01 PÉDODONTIE

Chef de la sous-section :

Professeurs d'Université :

Maîtres de Conférences :

Assistants :

Mme BAILLEUL-FORESTIER

Mme BAILLEUL-FORESTIER, Mr VAYSSE

Mme NOIRRI-ESCLASSAN, Mme VALERA

Mme DARIES, Mr MARTY

56.02 ORTHOPÉDIE DENTO-FACIALE

Chef de la sous-section :

Maîtres de Conférences :

Assistants :

Assistant Associé :

Mr BARON

Mr BARON, Mme LODTER, Mme MARCHAL-SIXOU, Mr ROTENBERG,

Mme GABAY-FARUCH, Mme YAN-VERGNES

Mr BOYADZHIEV

56.03 PRÉVENTION, ÉPIDÉMIOLOGIE, ÉCONOMIE DE LA SANTÉ, ODONTOLOGIE LÉGALE

Chef de la sous-section :

Professeurs d'Université :

Maîtres de Conférences :

Assistant:

Adjoints d'Enseignement :

Mr HAMEL

Mme NABET, Mr SIXOU

Mr HAMEL, Mr VERGNES

Mlle BARON,

Mr DURAND, Mr PARAYRE, Mr ROSENSWEIG

57.01 PARODONTOLOGIE

Chef de la sous-section : **Mr BARTHET**

Maîtres de Conférences : Mr BARTHET, Mme DALICIEUX-LAURENCIN

Assistants : Mr RIMBERT, Mr ANDUZE-ACHER

Adjoints d'Enseignement : Mr CALVO, Mr LAFFORGUE, Mr SANCIER, Mr BARRE

57.02 CHIRURGIE BUCCALE, PATHOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE, ANESTHÉSIOLOGIE ET RÉANIMATION

Chef de la sous-section : **Mr COURTOIS**

Maîtres de Conférences : Mr CAMPAN, Mr COURTOIS, Mme COUSTY

Assistants : Mme CROS,

Adjoints d'Enseignement : Mr FAUXPOINT, Mr L'HOMME, Mme LABADIE

57.03 SCIENCES BIOLOGIQUES (BIOCHIMIE, IMMUNOLOGIE, HISTOLOGIE, EMBRYOLOGIE, GÉNÉTIQUE, ANATOMIE PATHOLOGIQUE, BACTÉRIOLOGIE, PHARMACOLOGIE

Chef de la sous-section : **Mr POULET**

Professeur d'Université : Mr KEMOUN

Maîtres de Conférences : Mme GRIMOUD, Mr POULET, Mr BLASCO-BAQUE

Assistants : Mr BARRAGUÉ, Mme DUBOSC, Mr LEMAITRE,

Assistant Associé : Mme FURIGA-CHUSSEAU

Adjoints d'Enseignement : Mr SIGNAT,

58.01 ODONTOLOGIE CONSERVATRICE, ENDODONTIE

Chef de la sous-section : **Mr DIEMER**

Professeur d'Université : Mr DIEMER

Maîtres de Conférences : Mr GUIGNES, Mme GURGEL-GEORGELIN, Mme MARET-COMTESSE

Assistants : Mr BONIN, Mr BUORO, Mme DUEYMES, Mme. RAPP, Mr. MOURLAN, Mme PECQUEUR

Adjoints d'Enseignement : Mr BALGUERIE, Mr ELBEZE, Mr MALLET

58.02 PROTHÈSES (PROTHÈSE CONJOINTE, PROTHÈSE ADJOINTE PARTIELLE, PROTHÈSE COMPLÈTE, PROTHÈSE MAXILLO-FACIALE)

Chef de la sous-section : **Mr CHAMPION**

Professeurs d'Université : Mr ARMAND, Mr POMAR

Maîtres de Conférences : Mr BLANDIN, Mr CHAMPION, Mr ESCLASSAN, Mme VIGARIOS, Mr. DESTRUHAUT

Assistants : Mr. CHABRERON, Mr. EMONET-DENAND, Mr. KNAFO, Mme. SELVA, Mme. ROSCA

Adjoints d'Enseignement : Mr. BOGHANIM, Mr. FLORENTIN, Mr. FOLCH, Mr. GHRENASSIA,

Mme. LACOSTE-FERRE, Mr. POGÉANT, Mr. RAYNALDY, Mr. GINESTE

58.03 SCIENCES ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES, OCCLUSODONTIQUES, BIOMATÉRIAUX, BIOPHYSIQUE, RADIOLOGIE

Chef de la sous-section : **Mme JONIOT**

Maîtres de Conférences : Mme JONIOT, Mr NASR

Assistants : Mr. CANCEILL, Mme. GARNIER, Mr. OSTROWSKI

Adjoints d'Enseignement : Mr AHMED, Mme BAYLE-DELANNÉE, Mme MAGNE, Mr VERGÉ

*L'université Paul Sabatier déclare n'être pas responsable des opinions émises par les candidats.
(Délibération en date du 12 Mai 1891).*

Mise à jour au 22 novembre 2016

A ma famille,

A mes amis,

A Guillaume.

À notre président de jury de thèse,

Monsieur le professeur DIEMER Franck

- Professeur des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Responsable de la sous-section d'Odontologie Conservatrice, Endodontie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- D.E.A. de Pédagogie (Education, Formation et Insertion) Toulouse Le Mirail,
- Docteur de l'Université Paul Sabatier,
- Responsable du Diplôme Inter Universitaire d'Endodontie à Toulouse,
- Habilitation à diriger des recherches (H.D.R.),
- Vice-Président de la Société Française d'Endodontie,
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier,

Nous vous sommes reconnaissants d'avoir accepté la présidence de notre jury de thèse ainsi que de nous avoir guidés avec compétence, bienveillance et efficacité lors de la réalisation de ce projet. Ce fut pour nous un grand honneur et un grand plaisir de travailler à vos côtés. Ce même plaisir fut présent tout au long de nos études à travers votre enseignement théorique et pratique.

Que ce travail soit le témoignage de notre plus grand respect.

À notre jury de thèse,

Madame le docteur GURGEL-GEORGELIN Marie

- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Maîtrise des Sciences Biologiques et Médicales,
- D.E.A MASS Lyon III,
- Ancienne Interne des Hôpitaux,
- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Doctorat d'Université – Université d'Auvergne-Clermont I,

Nous vous sommes reconnaissants d'avoir accepté de faire partie de ce jury. Nous tenons à vous remercier pour votre précieux enseignement, votre pédagogie, votre accessibilité et votre gentillesse tout au long de nos études.

Veillez trouver ici l'expression de nos sentiments les plus respectueux.

À notre jury de thèse,

Monsieur le docteur VERGNES Jean-Noël

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Docteur en Epidémiologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Professeur associé, Oral Health and Society Division, Université McGill –
Montréal, Québec – Canada,
- Maîtrise des Sciences Biologiques et Médicales,
- Master 2 Recherche – Epidémiologie clinique,
- Diplôme d'Université de Recherche Clinique Odontologique,
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier,

Nous souhaitons vous remercier d'avoir si gentiment accepté de siéger dans ce jury. Nous vous sommes très reconnaissants de nous avoir transmis vos connaissances au cours de vos enseignements théorique et clinique. Nous avons apprécié vos qualités humaines et professionnelles tout au long de notre cursus.

Veillez trouver ici l'expression de notre sincère reconnaissance.

À notre jury de thèse,

Madame le docteur RAPP Lucie

- Assistant hospitalo-universitaire d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Master 1 Santé Publique,

Nous sommes honorés et vous remercions pour la spontanéité avec laquelle vous avez accepté de siéger à ce jury. Nous gardons un excellent souvenir de votre encadrement lors de nos vacations cliniques tant par votre gentillesse que par votre disponibilité.

Soyez assurée de notre gratitude et de notre plus grande estime.

TABLE DES MATIÈRES

Introduction	11
I. Analyse comparative entre instruments endodontiques nickel-titane réutilisables et instruments endodontiques nickel-titane à usage unique	12
I.1. Concernant l'asepsie	12
I.1.1. Les préoccupations actuelles	12
I.1.1.1. La maladie de Creutzfeldt-Jakob	12
I.1.1.2. Particularité des instruments endodontiques	15
I.1.2. Les recommandations	18
I.1.2.1. L'usage unique	18
I.1.2.2. La procédure de décontamination	20
I.1.2.3. Mentions obligatoires du fabricant	23
I.2. Propriétés mécaniques des instruments	25
I.2.1. Les différents instruments endodontiques à usage unique	25
I.2.1.1. Le One Shape® (Micro-Mega®)	25
I.2.1.2. Le Reciproc® (Dentsply-VDW®)	26
I.2.1.3. Le Wave One® (Dentsply Maillefer®)	28
I.2.1.4. Les F360® (Komet®)	30
I.2.1.5. Le F6 Skytaper® (Komet®)	32
I.2.2. Amélioration des performances mécaniques par rapport aux instruments endodontiques nickel-titane réutilisables	34
I.3. Temps d'utilisation	42
I.4. Prix des instruments	44
I.5. Tableau récapitulatif des avantages	46
II. Considérations médico-économiques de l'utilisation d'instruments endodontiques à usage unique	47
II.1. Objectif de l'étude	47
II.2. Matériel et méthode	47
II.2.1. Le temps de mise en forme endodontique : Reciproc® VS Protaper Gold®	49
II.2.2. Le temps de stérilisation des limes Protaper Gold®	50
II.2.3. Le coût d'utilisation : Reciproc® VS Protaper Gold®	51
II.3. Résultats	52
II.3.1. Le temps de mise en forme endodontique : Reciproc® VS Protaper Gold®	52
II.3.2. Le temps de stérilisation des limes Protaper Gold®	53
II.3.3. Le coût d'utilisation : Reciproc® VS Protaper Gold®	55
II.4. Discussion	56
II.5. Conclusion	60
Conclusion	61
Table des illustrations	62
Bibliographie.....	65

Introduction

Le traitement endodontique a pour objectif de traiter et prévenir les pathologies de la pulpe dentaire contenue dans l'endodonte et du périapex.

Le cahier des charges de la mise en forme canalaire reste inchangé depuis des décennies. Toutefois, les moyens pour y parvenir ont considérablement évolué. Autrefois, les seuls instruments que nous avons à disposition étaient les limes manuelles en acier. La pratique endodontique a ensuite été révolutionnée par l'avènement de l'instrumentation en nickel-titane avec des séquences plus ou moins courtes et allant même jusqu'au mono-instrument à usage unique. En effet, depuis quelques années, les industriels dans le secteur de la conception d'instruments en endodontie tendent à simplifier les séquences de limes en nickel-titane et ce, pour une question de facilité d'utilisation (simplification du soin endodontique qui peut être long et complexe), de praticité et de gain de temps. Il est évident que cette nouvelle approche ne peut séduire qu'à la seule condition que la qualité et l'efficacité des traitements n'en soient pas affectées. Il est donc intéressant d'appréhender les avantages de l'instrumentation à usage unique, ainsi que ses inconvénients.

Ce nouveau concept de matériel endodontique a également des conséquences sur le plan économique. En effet, le coût de revient instrumental peut être un critère rédhibitoire quant à l'utilisation de ce type d'instruments. Il paraît ainsi judicieux d'étudier ces considérations médico-économiques en pratique.

Ce travail se décompose en deux parties. Dans un premier temps, nous nous appliquerons à étayer les avantages et inconvénients des instruments endodontiques à usage unique, comparé aux instruments endodontiques réutilisables. Enfin, nous étudierons les considérations médico-économiques de l'utilisation de ces instruments à usage unique.

I. Analyse comparative entre instruments endodontiques nickel-titane réutilisables et instruments endodontiques nickel-titane à usage unique

I.1. Concernant l'asepsie

Les instruments endodontiques en nickel-titane à usage unique proposent une solution aux problèmes qui se posent actuellement concernant l'asepsie des instruments endodontiques dans la pratique dentaire.

I.1.1. Les préoccupations actuelles

I.1.1.1. La maladie de Creutzfeldt-Jakob

La maladie de Creutzfeldt-Jakob est une encéphalopathie spongiforme subaiguë transmissible (ESST) caractérisée par une dégénérescence du système nerveux central due à l'accumulation dans le cerveau d'agrégats d'agents transmissibles non conventionnels (ATNC), encore appelés prions (protéines normalement présentes chez l'hôte mais dont la conformation est anormale).

Cette maladie débute souvent par des troubles non spécifiques tels que l'anxiété et l'insomnie, puis évolue progressivement vers la démence. Les symptômes fréquemment rapportés sont des altérations de la mémoire, de la pensée abstraite, du jugement et de la personnalité, des troubles de l'équilibre, des troubles visuels ou encore de l'ataxie. Au stade terminal de la maladie, la personne est atteinte de mutisme akinétique (ne peut ni bouger, ni communiquer) et finit par mourir.

Elle est connue sous trois formes : la forme sporadique d'origine inconnue (forme majoritaire à 80-85%), la forme familiale due à une mutation génétique (10-15%) et enfin, la forme acquise ou iatrogène (moins de 1%) résultant de la transmission accidentelle de l'agent pathogène de personne à personne lors d'une chirurgie touchant le système nerveux central (1).

En 1996 en Grande-Bretagne, est décrit une variante de la maladie de Creutzfeldt-Jakob (vMJC) (2), touchant les jeunes adultes, avec une moyenne d'âge de décès de 28 ans

(contre 55 ans pour la forme sporadique) et évoluant plus lentement, avec une durée moyenne de la maladie de 13-14 mois (contre 4-5 mois pour la forme sporadique). Elle est caractérisée par un tableau clinique plus particulier (association de signes psychiatriques comme des hallucinations ou un état délirant et des douleurs ou dysesthésies) (1)(3). Cette forme acquise serait associée à l'exposition, par l'alimentation, à l'encéphalopathie spongiforme transmissible du bétail appelée encéphalopathie spongiforme bovine (ESB) ou plus communément « maladie de la vache folle ». En effet, une étude cas-témoin impliquant 132 patients atteints de la vMCJ en Grande-Bretagne a prouvé que la consommation fréquente de produits bovins augmentait le risque d'être atteint de cette vMCJ (4).

Seulement 168 morts, causées par la variante de la maladie de Creutzfeldt-Jakob, ont été dénombrées en 2009 en Grande-Bretagne (5). Cependant, ceci ne semble pas représentatif du nombre de personnes atteintes car la période d'incubation, c'est-à-dire la période entre le début de l'infection et le développement de symptômes, peut être longue (jusqu'à 40 ans) (6). Ainsi, le nombre de personnes porteuses de la maladie pourrait être important. Une étude rétrospective datant de 2004 à partir d'échantillons d'appendice et d'amygdale a permis d'estimer la prévalence de la vMCJ à 1 sur 4 200 (IC 95%, 69-692) (7). Au vu de ce nombre, des précautions ont été entreprises afin de réduire le risque de transmission de la maladie. Les voies supposées de contamination sont le don de sang, de tissus, d'organes ou encore la réutilisation d'instruments chirurgicaux. En effet, les prions ont la particularité d'être plus résistants aux procédures de nettoyage et de stérilisation conventionnelles utilisées pour la décontamination des instruments (8). Il a été mentionné dans une étude que les prions humains responsables de la forme sporadique de la maladie de Creutzfeldt-Jakob étaient au moins 100 000 fois plus résistants à l'inactivation que les prions des hamsters que l'on utilise pour tester l'efficacité des procédures d'inactivation des prions (9).

PrP^c, la forme cellulaire normale de la protéine prion est sensible à la dégradation par les protéases. Mais la forme infectieuse PrP^{res} (ou PrP^{sc}) est, elle, résistante aux enzymes protéolytiques (10). Bien que leur composition chimique soit identique, leur structure est totalement différente. En effet, PrP^{sc} a un plus grand nombre de feuillets β et moins d'hélices α que PrP^c (11). Cette conformation lui offre cette capacité de résistance à l'inactivation.

Toutefois, on peut se poser la question de la réelle probabilité que des actes dentaires constituent une voie de transmission de la maladie. Peu d'informations existent sur la présence ou non de protéines prions dans les tissus oraux humains chez des personnes atteintes de la vMCJ. Mais les études les plus récentes ne font que confirmer la distribution tissulaire plus large de cette variante par rapport à la forme sporadique (12)(13).

Une étude portant sur des modèles animaux (hamsters) et consistant en l'inoculation intrapéritonéale d'un ATNC « scrapie » 263K (responsable d'une ESST animale connue sous le nom de tremblante du mouton) a montré l'existence de cet agent pathogène dans le ganglion trigéminal, le tissu pulpaire et le tissu gingival (14). Toutefois, il est difficile d'extrapoler ces résultats aux humains du fait des différences entre le prion responsable de vMCJ (PrP^{res}) et la souche de prions « scrapie » utilisée dans cette étude, et également du fait des différences existantes entre les espèces.

Des études post-mortem portant sur les humains ont conclu à la présence de PrP^{res} dans le système nerveux central, le système nerveux périphérique, le ganglion trigéminal et les tissus lymphoïdes, notamment les amygdales (15)(16). En pratique, il est peu probable que les amygdales soient atteintes lors d'actes dentaires (sauf dans le cas d'une chirurgie maxillo-faciale). Les nerfs périphériques, eux, seront plus fréquemment concernés par certaines pratiques, notamment lors des traitements endodontiques (la pulpe provenant du tissu richement innervé de la crête neurale) (16)(17). Ainsi, en théorie, il est raisonnable de supposer que la pulpe dentaire des individus atteints par la vMCJ soit infectieuse.

Considérant cela, Bourvis et al. (18) ont évalué théoriquement le risque de transmission de la vMCJ via un traitement endodontique. Sans procédure d'inactivation du prion, ce risque se situe entre 3,4 et 13 par million de traitements. La probabilité que plus d'un cas ait été infecté secondairement à un traitement d'un patient infecté varie entre 47 et 77%, selon la quantité de matériel infectieux nécessaire pour transmettre la maladie. Ces résultats montrent que le risque de transmission de la vMCJ via la réutilisation d'instruments endodontique ne peut être ignoré en l'absence de protocole de décontamination efficace.

Cependant, il faut noter que le peu de données disponibles ne permet pas de conclure avec conviction à la présence de ces prions dans la pulpe dentaire des patients atteints de la vMCJ (15)(19), d'autant plus qu'aucun cas de transmission de la maladie par acte dentaire n'a été rapporté en 2007 et 2008 (1)(20). Mais sans preuve du contraire, il est justifié d'entreprendre des mesures de précaution lors d'actes endodontiques dans la pratique dentaire. En effet, bien que le risque de transmission de maladies lors d'un traitement canalaire soit considéré comme minime, la fréquence importante de cet acte pourrait considérablement augmenter ce risque (14)(21).

I.1.1.2. Particularité des instruments endodontiques

Les instruments endodontiques sont utilisés dans la pratique dentaire lors de traitements endodontiques. Ces derniers peuvent se retrouver en contact avec la salive, bien que cela ne devrait pas être le cas avec la pose d'une digue étanche. Ces instruments sont conçus pour l'élimination du tissu pulpaire de la dent. Il est composé de tissu conjonctif lâche richement innervé et vascularisé. Ils vont donc se retrouver en contact avec des éléments nerveux, des bactéries et des champignons. Tous ces éléments sont sources d'agents pathogènes (22). En effet, une étude évaluant la contamination bactérienne et fongique de trois types de fraises utilisés pour la préparation de la cavité endodontique (et donc soumis aux mêmes agents pathogènes que les instruments endodontiques) ont montré la présence de *Streptococcus* spp., de *Lactobacillus* spp., de *Staphylococcus* spp., de bactéries anaérobies à pigmentation noire, ainsi que des champignons comme *Candida* (Figure 1).

Micro-organism
<i>Streptococcus</i>
<i>S. mutans</i>
<i>S. sanguis</i>
<i>S. milleri</i>
Anaerobic streptococci
<i>Lactobacillus</i> spp.
<i>Gemella</i>
<i>G. morbillorum</i>
<i>Staphylococcus</i> spp.
Coagulase negative staphylococci
<i>Corynebacteria</i> spp.
<i>Actinomyces</i> spp.
<i>Aerococcus viridans</i>
<i>Enterococcus avium</i>
<i>Stomatococcus mucilaginosus</i>
Black pigmented anaerobes
<i>Prevotella</i> spp.
<i>Porphyromonas</i> spp.
<i>Veillonella</i> spp.
<i>Candida</i>
<i>C. albicans</i>

Figure 1 : Bactéries et champignons retrouvés sur les fraises utilisées pour la préparation de la cavité endodontique (23)

Afin d'être réutilisés, ces instruments doivent donc être décontaminés. Pourtant, une étude a démontré que 76% d'instruments endodontiques censés être décontaminés (nettoyage à la main puis stérilisation par autoclave) provenant de praticiens libéraux, et 14% de ceux provenant d'hôpitaux dentaires présentaient un niveau significatif de contamination visible après examen par deux personnes (indépendamment) et sous un microscope à dissection à grossissement x16 puis confirmation à grossissement x40 (Figure 2) (21).

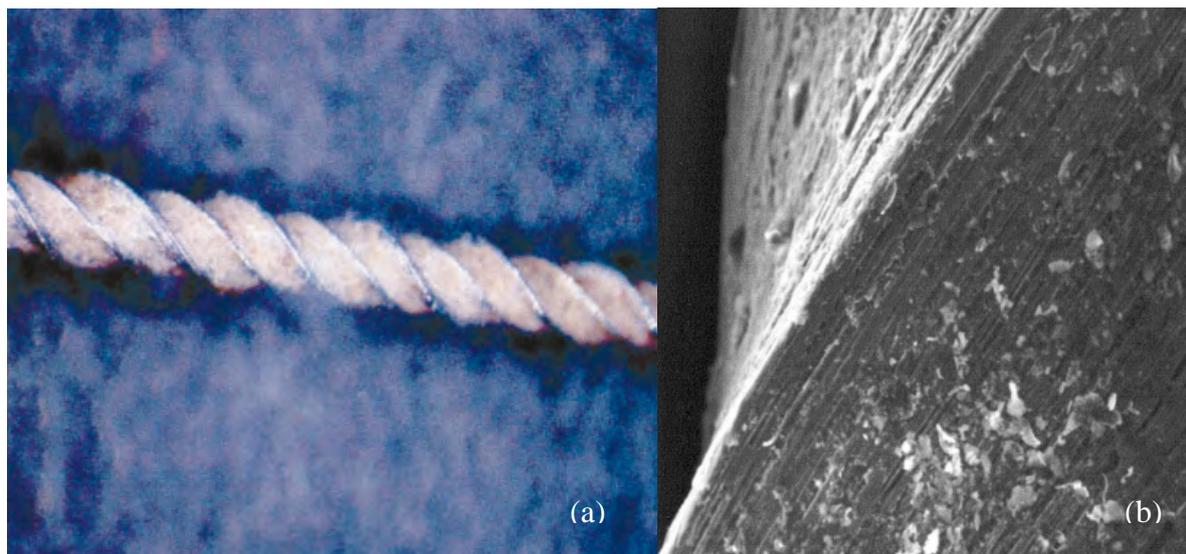


Figure 2 :

- (a) microphotographie d'une lime endodontique 35 contaminée à grossissement x16
- (b) vue au microscope électronique à balayage d'une lime endodontique 35 contaminée à grossissement x500 (21)

Cela suggère non seulement que les méthodes actuelles de décontamination utilisées en dentisterie semblent insuffisantes pour garantir l'élimination complète des débris, mais également que les instruments endodontiques ont la particularité d'être difficiles à nettoyer à cause de leur géométrie complexe (Figure 3), leur petite taille et leurs bords dentés (21). En effet, rappelons qu'un instrument endodontique est obtenu par torsion ou usinage pour créer des arêtes de coupes. Ces arêtes sont des saillies présentes tout le long de la partie active de l'instrument, permettant la découpe de copeaux de tissus mous et de dentine créés par frottement aux parois canalaires. Entre chacune de ces arêtes est présente une goujure, et l'angle formé par l'axe des arêtes et l'axe longitudinal de l'instrument constitue l'angle d'hélice. On comprend ainsi aisément que les bactéries et champignons piégés dans ces anfractuosités soient difficilement éliminés. Cela entraîne donc un risque éventuel de transmission d'agents infectieux de personne à personne lors de la réutilisation d'instruments endodontiques.

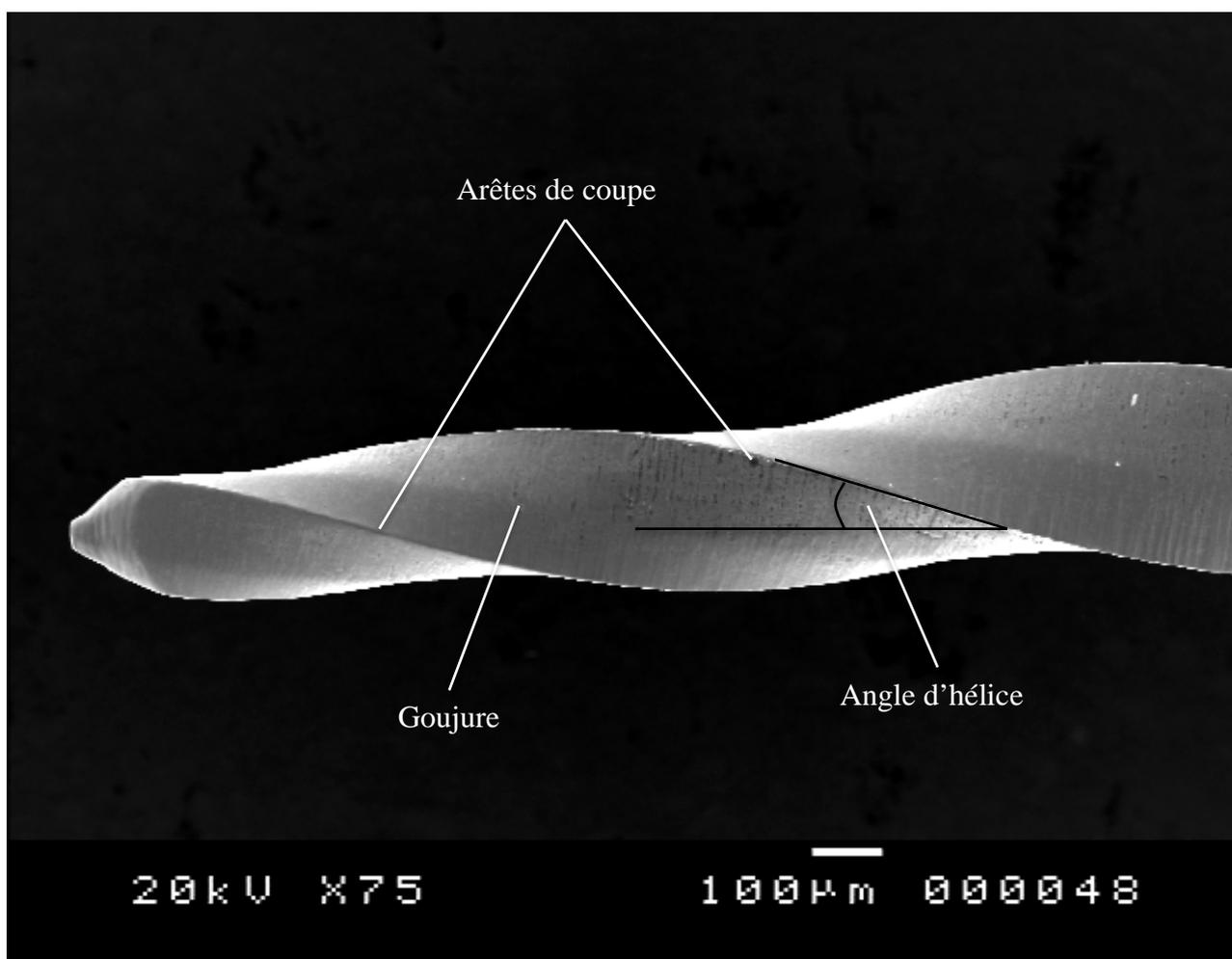


Figure 3 : Topographie de surface d'un instrument endodontique en nickel-titane (Protaper®, Dentsply®) (photo MEB, Pr. DIEMER)

I.1.2. Les recommandations

I.1.2.1. L'usage unique

La difficulté de nettoyage des instruments endodontiques au design complexe et la présence possible de prions au sein du tissu pulpaire ont poussé le Département de la Santé de Grande-Bretagne à publier une lettre en 2007 préconisant aux chirurgiens-dentistes l'utilisation d'instruments canalaires à usage unique, afin de réduire tout risque de transmission de la maladie de Creutzfeldt-Jakob (24).

En effet, une utilisation unique des instruments endodontiques éviterait tout risque éventuel de transmission de maladies, mais permettrait également d'éviter toute stérilisation de ces derniers. La question de l'efficacité des méthodes de décontamination ne se poserait alors plus.

Les instruments endodontiques en nickel-titane à usage unique sont conditionnés sous emballage blister individuel stérile (Figure 4). Ils sont prêts à l'utilisation.



Figure 4 : Exemple d'un emballage blister d'instruments endodontiques (F360®, Komet®)

Toutefois, même en faisant le choix d'utiliser ces instruments à usage unique pour la mise en forme des canaux, il est important de rappeler qu'un traitement endodontique nécessite des étapes de réalisation de la voie d'accès avec des fraises dentaires (fraise boule diamantée, fraise boule à carbure de tungstène, fraise endo Z), une étape de pénétration

initiale et de détermination de la longueur de travail avec une lime K manuelle en acier (de diamètre 8, 10 ou 15), une étape de pré-élargissement canalaire avec des limes manuelles, K et H (ou Hélifile) de diamètre supérieur, permettant de faciliter le passage ultérieur des instruments mécanisés, ainsi que la vérification de la perméabilité apicale lors de cette mise en forme avec une lime manuelle K (de diamètre 10 ou 15). Ainsi, ces instruments supplémentaires doivent également respecter le principe de stérilité afin de réduire significativement le risque de transmission de maladies.

Morrison et Conrod (22) se sont appliqués dans leur étude à répondre à deux objectifs : tout d'abord, déterminer l'efficacité des techniques de stérilisation utilisées actuellement en dentisterie (type de détergent pour le bain à ultrasons, présence ou non d'un nettoyage manuel, type de conditionnement avant stérilisation, types d'autoclave, durée et température du cycle d'autoclave), et ensuite déterminer si les nouvelles fraises dentaires et limes endodontiques manuelles, fournies dans les emballages de fabricants et donc sans utilisation ni stérilisation préalables, étaient réellement stériles (soit exemptes de micro-organismes). Les résultats ont montré que les procédures de stérilisation n'étaient pas à 100% efficaces pour les fraises et limes stérilisées (déjà utilisées), allant de 15% de taux de contamination pour un des groupes de fraises usagées à 58% pour un des groupes de limes usagées ($p=0,01$). De plus, 42% des nouvelles fraises et 45% des nouvelles limes étaient contaminées. Cela indique que les instruments au moment de l'achat ne sont pas forcément stériles et qu'une étape de stérilisation avant utilisation s'avérerait nécessaire, d'autant que cette dernière est efficace à 100% lorsque les instruments n'ont pas encore été en contact avec des débris organiques.

De même, Roth et al. (25) ont évalué 150 nouveaux instruments endodontiques (15 types différents d'instruments manuels et mécanisés) fournis par 5 fabricants différents. 13% d'entre eux se sont avérés être positifs à la culture microbienne.

Ainsi, dans l'optique d'une réduction maximale du risque de transmission de maladies, les instruments supplémentaires (cités ci-dessus) nécessaires au traitement endodontique devraient faire l'objet d'une décontamination préalable avant toute première utilisation, et devraient également être à usage unique, tant que l'efficacité des techniques de stérilisation actuelles n'est pas améliorée.

I.1.2.2. La procédure de décontamination

Bien que l'utilisation d'instruments endodontiques mécanisés en nickel-titane à usage unique permette théoriquement de se passer de la stérilisation, cette dernière reste une étape essentielle et nécessaire de par les instruments supplémentaires indispensables à tout traitement endodontique. Il est donc important d'adopter en pratique la meilleure méthode de décontamination actuellement disponible.

La British Dental Association (BDA) (26) définit 3 stades dans la chaîne d'asepsie : la désinfection, la stérilisation et le stockage. L'objectif de la désinfection est d'éliminer la majorité des agents pathogènes sur les instruments, à l'exception des spores bactériennes. La stérilisation est un processus qui a pour but de détruire voire d'éliminer toute forme de vie microbienne (27). Cette dernière s'effectue par des cycles d'autoclave.

La désinfection est un prérequis indispensable afin d'assurer une stérilisation efficace. Plusieurs techniques différentes peuvent actuellement être utilisées : le nettoyage manuel, le nettoyage aux ultrasons ou encore le thermo-désinfecteur. Afin que l'asepsie soit maximale, il est important d'évaluer l'efficacité de ces différents moyens de désinfection.

La BDA (26) recommande le nettoyage aux ultrasons ou au thermo-désinfecteur plutôt que le nettoyage manuel et ce, pour une désinfection automatisée et reproductible, permettant un contrôle du processus. En effet, le **nettoyage manuel** est quelque peu subjectif et dépend d'une grande quantité de facteurs tels que le type de détergent utilisé, la température de l'eau, le type de brosse utilisée, ou encore le nombre de mouvements réalisés (28). De plus, rien ne permet d'évaluer objectivement la qualité du nettoyage et les résultats sont inconstants (23). Enfin, le nettoyage à la main s'avère être une tâche difficile à accomplir en vertu de la surface souvent complexe et de la petite taille des instruments dentaires. Par ailleurs, un inconvénient important est à noter : cette méthode de désinfection augmente le risque d'un accident d'exposition au sang du professionnel de santé ou du personnel, de par la manipulation minutieuse nécessaire pour le nettoyage de tels instruments. Pourtant, malgré tous ces désavantages, l'étude de Bagg et al. de 2007 (29) a montré que 96% des praticiens l'utilisent. Toutefois, la grande majorité d'entre eux l'associe avec une autre technique de désinfection, palliant ainsi au problème de non reproductibilité.

Le nettoyage aux **ultrasons**, quant à lui, consiste en l'immersion des instruments dans un détergent liquide pour les soumettre à des ultrasons, permettant un nettoyage en profondeur des instruments, notamment dans les anfractuosités peu accessibles au nettoyage traditionnel. Cette technique est largement répandue : pour exemple, en 2004 en Ecosse, 92% des praticiens possédaient des bains à ultrasons (29).

L'étude de Smith et al. laisse croire que ce type de désinfection ne permet qu'un nettoyage partiel étant donné que 14% des instruments endodontiques de l'étude, immergés dans un bain ultrason avec détergent pendant 6 minutes avant de passer à l'autoclave, restent contaminés.

Une autre étude a montré une efficacité plus importante des bains aux ultrasons et du nettoyage manuel avec une gaze et de l'alcool par rapport au nettoyage manuel avec une éponge et de l'alcool. Cependant, malgré le fait qu'il n'y ait pas de différence significative entre les deux premières méthodes, Ferreira Murgel et al. recommandent fortement le nettoyage aux ultrasons, car cette méthode pallie à de nombreux inconvénients, notamment la perte de temps, le risque de contamination lors de la manipulation des instruments et sa faible dépendance à l'opérateur (30).

Enfin, d'autres études se sont appliquées à montrer qu'une élimination complète des débris organiques présents sur les instruments endodontiques pouvait être accomplie par la combinaison de techniques mécanique et chimique, soit un nettoyage manuel, une immersion dans du NaOCl à 1%, et enfin un passage au bain aux ultrasons contenant un désinfectant (27)(31).

Ainsi, bien que l'utilisation seule des ultrasons ne permette pas l'élimination complète des débris organiques, son association avec d'autres techniques optimise incontestablement l'efficacité du nettoyage.

La troisième méthode de désinfection actuellement utilisée est celle du **thermo-désinfecteur**. Cet appareil a l'avantage de permettre des résultats de traitement fiables et reproductibles. Il est considéré comme étant la méthode la plus sûre pour le retraitement des dispositifs médicaux car non opérateur-dépendant et se compose de plusieurs étapes automatisées : le pré-rinçage, le nettoyage, le rinçage intermédiaire, la désinfection thermique, le rinçage final et enfin, le séchage (17). Son principal avantage est lié à son action vigoureuse sur les instruments par des jets d'eau chaude permettant de déloger des débris adhérents à la surface d'instruments au design complexe.

Withworth et al. (23) ont conclu dans leur étude que le thermo-désinfecteur constituait une méthode plus efficace que le nettoyage manuel pour les fraises dentaires. En effet, les 2 types de thermo-désinfecteur évalués dans l'étude se sont montrés significativement plus efficaces ($p < 0,001$) en terme de décontamination que le nettoyage manuel, pour tous les types de fraises et pour toutes les sortes de contaminants.

Cependant, il ne semble pas en être de même pour les instruments endodontiques. En effet, une autre étude a démontré la supériorité d'efficacité des ultrasons par rapport au thermo-désinfecteur en terme d'élimination de débris sur des instruments endodontiques, mais lorsque ces derniers sont placés dans un porte-lime au sein du thermo-désinfecteur (Figure 5).

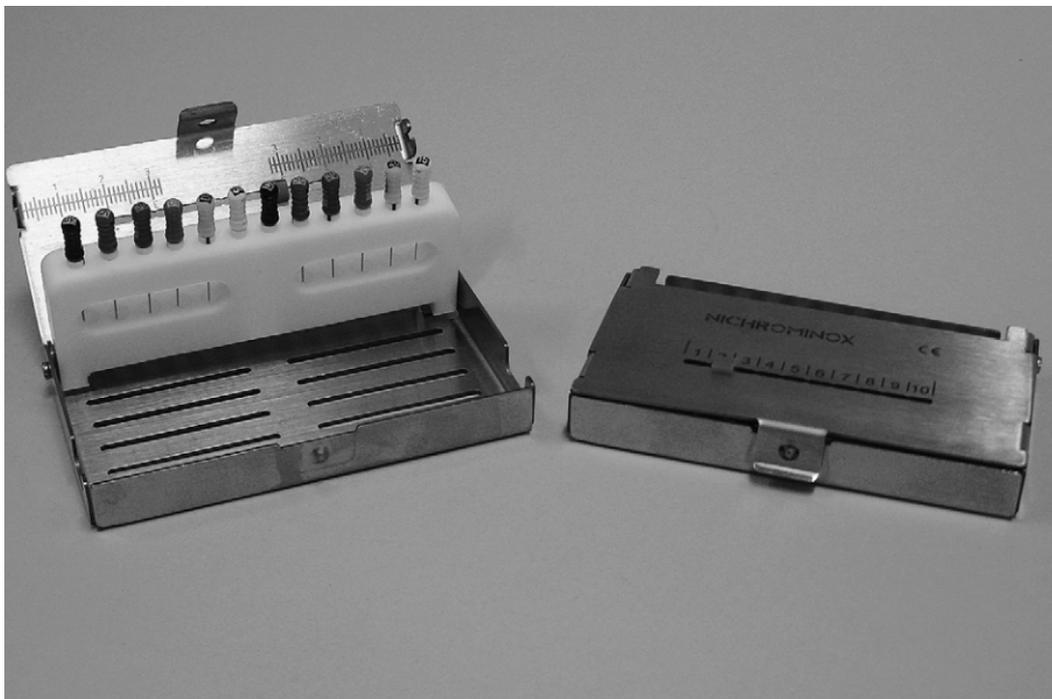


Figure 5 : Exemple d'un porte-lime endodontique (Nichrominox Endo Pro 12®) (32)

Les instruments endodontiques analysés montrent un nombre moins important de débris lorsqu'ils sont uniquement placés dans un panier métallique, sans support spécifique (33). Cela s'explique par le fait que la mise en place d'un porte-lime au thermo-désinfecteur empêche l'action des jets d'eau sur les instruments, diminuant alors la performance de l'appareil comparé aux ultrasons (32).

Ainsi, le choix de la méthode à utiliser pour le nettoyage d'instruments dentaires doit également prendre en compte le type de matériel à désinfecter.

Dans tous les cas, l'usage du thermo-désinfecteur est légitime car, bien que celui-ci ne soit pas efficace à 100% (tout comme les deux méthodes précédentes), elle permet néanmoins une réduction significativement importante du nombre de débris sur les instruments dentaires, comparée au cas où aucun nettoyage ne serait effectué (33)(34).

En réponse au problème de résistance des prions aux procédures de décontamination conventionnelles, un certain nombre de nouvelles méthodes de nettoyage prometteuses sont en cours de développement, tels que le nettoyage par plasma, à l'ozone, ou encore par différents produits chimiques (17).

En résumé, il est évident que le nettoyage manuel utilisé seul est à bannir car non contrôlable, non reproductible et peu efficace sur des instruments de petite taille. Utilisé en association avec les ultrasons et un détergent, la désinfection s'avère grandement améliorée. Enfin, le thermo-désinfecteur utilisé à bon escient constitue un mécanisme idéal pour le nettoyage des instruments dentaires car il est automatisé, reproductible, contrôlable, non-opérateur dépendant et efficace. En attendant l'arrivée de nouvelles techniques permettant une décontamination totale des instruments dans les cabinets dentaires, il est important d'adopter un intérêt particulier à l'application minutieuse des procédures de désinfection et de stérilisation actuellement recommandées, afin de protéger au mieux les patients d'un risque de contamination croisée. Dans le cas où le risque serait trop important, il convient de s'assurer de l'utilisation unique de tous les instruments utilisés pour le traitement endodontique.

I.1.2.3. Mentions obligatoires du fabricant

Au vu de l'importance des procédures de décontamination pour la sécurité des patients, les fabricants sont tenus de fournir les informations relatives à la décontamination de leurs instruments, depuis la mise en place en 2004 de la norme ISO 17664. Cette exigence

permet aux professionnels de santé d'obtenir des indications claires directement du fabricant concernant le protocole à appliquer pour la réutilisation des instruments, et évite non seulement une détérioration anormalement rapide des instruments, mais également un accroissement du risque de transmission de maladies par mauvaise pratique.

Dans le cas d'instruments à usage unique, les fabricants sont tenus de faire apparaître sur l'emballage un symbole particulier (Figure 6), permettant d'informer à l'utilisateur que le dispositif médical concerné est destiné à être utilisé sur un patient au cours d'une procédure unique, puis jeté. Cela sous-entend alors que le fabricant estime que le dispositif ne convient pas pour une utilisation répétée et a des preuves selon laquelle sa réutilisation serait dangereuse.

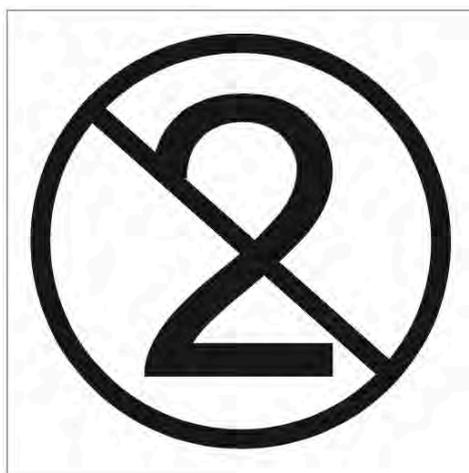


Figure 6 : Symbole utilisé sur l'emballage des instruments destinés à un usage unique

Ce symbole permet également au fabricant de se libérer de toute responsabilité en cas de réutilisation de l'instrument à usage unique. En effet, dans ce cas, le praticien devient seul responsable et risque une action en justice pour faute professionnelle en cas de plainte du patient.

Pourtant, il a été démontré récemment que 74% des assistantes dentaires et 57% des praticiens ne reconnaissent pas le symbole utilisé pour désigner un instrument à usage unique (35). Cela montre que des progrès sont à réaliser concernant l'étiquetage et la formation du personnel dentaire par rapport à ces informations.

I.2. Propriétés mécaniques des instruments

I.2.1. Les différents instruments endodontiques à usage unique

Il existe quatre instruments uniques de mise en forme canalaire à usage unique en nickel-titane commercialisés à ce jour : le One Shape® (Micro-Mega®), le Reciproc® (Dentsply-VDW®), le Wave One® (Dentsply Maillefer®) (36)(37) et récemment, le F6 Skytaper® (Komet®).

Un autre type de système de mise en forme canalaire à usage unique existe également mais ne permet pas la préparation canalaire à l'aide d'un seul instrument (hors le cas de canaux fins) : ce sont les F360® (Komet®) (36).

I.2.1.1. Le One Shape® (Micro-Mega®)



Figure 7 : Le mono-instrument à usage unique One Shape®

Le One Shape® (Figure 7) utilise le mouvement de rotation continue, permettant une adaptation de l'instrument sur un contre-angle endodontique traditionnel (à 400 tours/min).

Il existe en trois longueurs différentes : 21, 25 et 29 mm. Son diamètre apical est de $25/100^{\text{ème}}$ et sa conicité est de 6% (38).

Il présente une section variable dissymétrique tout au long de sa lame (Figure 8) avec un allongement du pas progressif afin de faciliter l'évacuation des débris et l'effet de vissage (38). La pointe est inactive.



Figure 8 : Evolution de la section du One Shape® de la zone apicale à la zone coronaire en coupe transversale (de gauche à droite) (37)

I.2.1.2. Le Reciproc® (Dentsply-VDW®)

Le Reciproc® utilise le mouvement de réciprocité (36)(37), soit un mouvement alternatif transversal asymétrique consistant en une rotation horaire (désengagement) suivie d'une rotation antihoraire (engagement) d'amplitude différente (39). C'est en 2008 que cette nouvelle dynamique a été décrite pour la première fois, dans le but de pallier à plusieurs problèmes, et permettant notamment de réduire le risque de fracture, diminuer l'effet de vissage et obtenir un meilleur centrage de l'instrument. Cette technique permet une mise en forme complète à l'aide d'un seul instrument. Son utilisation nécessite un moteur spécifique. Il est fabriqué avec du nickel-titane et soumis à un processus de traitement thermique lui conférant plus de flexibilité et plus de résistance à la fatigue cyclique que le nickel-titane traditionnel (40). Cet alliage est alors appelé MWire®.

Cet instrument existe également en trois longueurs différentes : 21, 25 et 31 mm. Trois diamètres apicaux sont disponibles (Figure 9) :

- Le R25 (bague rouge) avec un diamètre apical de 25/100^{ème} et une conicité de 8% sur les 3 mm apicaux, utilisé pour un canal partiellement ou totalement invisible à la radiographie pré-opératoire, ou encore un canal visible mais sans la possibilité d'explorer de façon passive ce dernier avec une lime manuelle 20.
- Le R40 (bague noire) avec un diamètre apical de 40/100^{ème} et une conicité de 6% sur les 3 mm apicaux, utilisé pour un canal visible à la radiographie pré-opératoire mais avec impossibilité d'explorer passivement ce dernier avec une lime 25.
- Le R50 (bague jaune) avec un diamètre apical de 50/100^{ème} et une conicité de 5% sur les 3 mm apicaux, indiqué dans le cas d'un canal visible à la radiographie pré-opératoire et explorable de manière passive avec une lime 30 (40).

Après ces 3 mm apicaux, la conicité décroît jusqu'au manche. Cela évite une élimination trop importante de dentine en coronaire (37).



Figure 9 : Le mono-instrument à usage unique Reciproc® et ses trois diamètres apicaux

Ces instruments présentent une section symétrique en forme de double « S » (Figure 10), un pas et un angle d'hélice variables pour l'élimination des débris, une hélice à gauche (inversée par rapport aux instruments en nickel-titane traditionnels) et une pointe inactive (37).

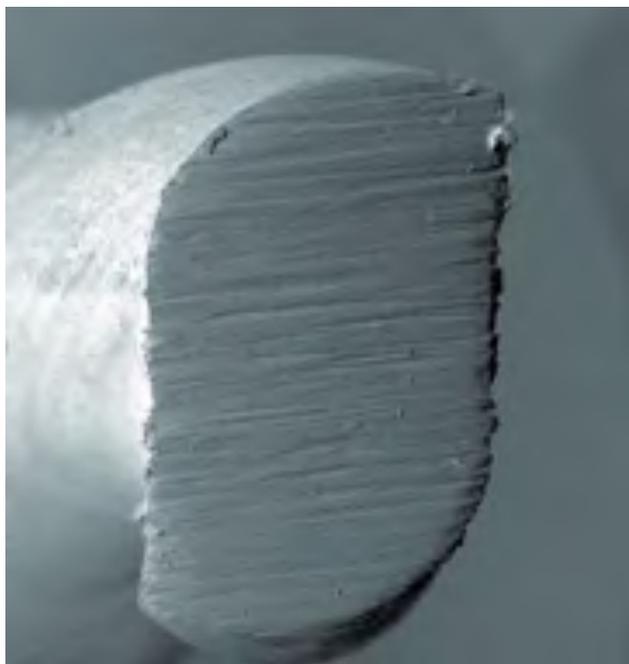


Figure 10 : Section en forme de double « S » du Reciproc® en coupe transversale (41)

I.2.1.3. Le Wave One® (Dentsply Maillefer®)

Le Wave One® utilise le mouvement de réciprocité, tout comme le Reciproc® mais avec des valeurs angulaires différentes. De même, il est lui aussi usiné dans un alliage nickel-titane MWire®.

Trois longueurs sont possibles : 21, 25 et 31 mm. Trois tailles sont disponibles (Figure 11) (42) :

- Le Wave One® primaire (bague rouge) avec un diamètre apical de 25/100^{ème} et une conicité de 8% sur les 3 mm apicaux, utilisé dans la plupart des cas
- Le Wave One® fin (bague jaune) avec un diamètre apical de 21/100^{ème} et une conicité constante de 6%, indiqué lorsqu'une lime manuelle 10 ne peut pénétrer passivement dans le canal
- Le Wave One® large (bague noire) avec un diamètre apical de 40/100^{ème} et une conicité de 8% sur les 3 mm apicaux, indiqué dans le cas où une lime manuelle 20 pénètre facilement dans le canal.

Après les 3 mm apicaux, la conicité décroît jusqu'au manche (sauf pour le Wave One® fin qui a une conicité constante tout le long de l'instrument).



Figure 11 : Le mono-instrument à usage unique Wave One® et ses trois tailles

Ces instruments présentent une section triangulaire concave à la pointe et une section triangulaire convexe dans la partie coronaire (Figure 12). Ce design particulier permet d'augmenter la flexibilité de l'instrument (42).

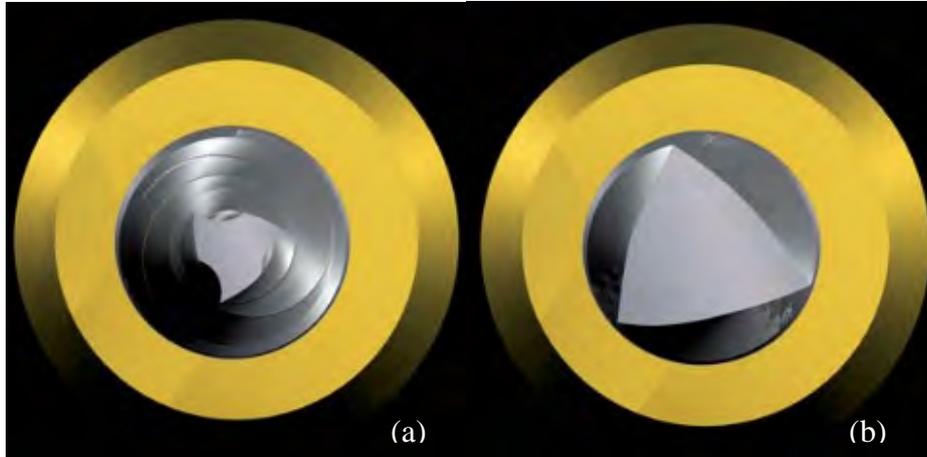


Figure 12 : Coupe transversale du Wave One®

(a) Section triangulaire concave dans la partie apicale

(b) Section triangulaire convexe dans la partie coronaire (42)

On leur décrit des particularités semblables au Reciproc®, notamment un pas et un angle d'hélice variables, une hélice à gauche (sens de coupe anti-horaire) et une pointe inactive (37).

I.2.1.4. Les F360® (Komet®)

Contrairement aux autres instruments endodontiques à usage unique, ce système nécessite au minimum le passage de deux instruments pour la mise en forme canalaire (hors cas de canaux fins qui peuvent se réaliser avec un seul instrument). Ces derniers à usage unique utilisent le mouvement de rotation continue et ne nécessitent donc pas de moteur spécifique (250 – 350 tours/min) (43).

Ils existent en trois longueurs différentes : 21, 25 et 31 mm. Ces instruments présentent une section en forme de double « S » (Figure 13), de façon similaire au Reciproc®, leur conférant une bonne efficacité de coupe. Ils présentent également une pointe inactive et un pas progressif variable dont l'angle de coupe varie de la pointe vers le mandrin, augmentant ainsi l'efficacité de coupe, l'évacuation des débris et diminuant l'effet de vissage (43)(44).

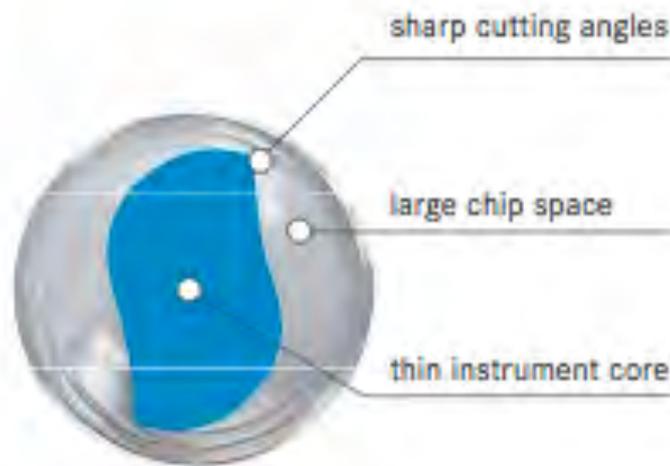


Figure 13 : Section en forme de double « S » des F360® en coupe transversale (43)

Les instruments à utiliser ont un diamètre apical différent (Figure 14) (43) :

- Le F360® bague rouge, dont le diamètre apical est de 25/100^{ème} avec une conicité constante de 4% (seul cet instrument est nécessaire dans le cas de canaux fins)
- Le F360® bague verte, dont le diamètre apical est de 35/100^{ème} avec une conicité constante de 4%
- Dans le cas de canaux larges, l'utilisation d'instruments supplémentaires peut s'avérer nécessaire :
 - o F360® bague blanche, dont le diamètre apical est de 45/100^{ème} avec une conicité constante de 4%
 - o F360® bague rouge, dont le diamètre apical est de 55/100^{ème} avec une conicité constante de 4%



Figure 14 : Les instruments à usage unique F360® (43)

I.2.1.5. Le F6 Skytaper® (Komet®)

En 2015, Komet® commercialise un nouvel instrument à usage unique, le F6 Skytaper®, permettant la mise en forme canalaire à l'aide d'un seul instrument.

Tout comme son prédécesseur, le système F360®, ce dernier utilise le mouvement de rotation continue et ne nécessite pas de moteur spécifique (contre-angle endodontique habituel à 300 tours/min)(45).

Trois longueurs sont disponibles : 21, 25 et 31 mm. Cinq diamètres apicaux existent (Figure 15) (45) :

- F6 Skytaper® bague jaune, au diamètre apical de 20/100^{ème} et une conicité constante de 6%
- F6 Skytaper® bague rouge, au diamètre apical de 25/100^{ème} et une conicité constante de 6%
- F6 Skytaper® bague bleue, au diamètre apical de 30/100^{ème} et une conicité constante de 6%
- F6 Skytaper® bague verte (35/100^{ème}) et bague noire (40/100^{ème}) avec une conicité constante de 6%, indiqués le plus souvent pour des canaux larges.

Le choix de l'instrument adéquat se fait en ajoutant 2 tailles ISO à la taille de la lime manuelle qui a permis de jauger l'apex (tough back) (44)(45).



Figure 15 : Le mono-instrument à usage unique F6 Skytaper® et ses cinq diamètres

Cet instrument présente les mêmes caractéristiques que les F360®, à savoir une section en forme de double « S » (Figure 16), un pas variable progressif et une pointe inactive (44)(45).

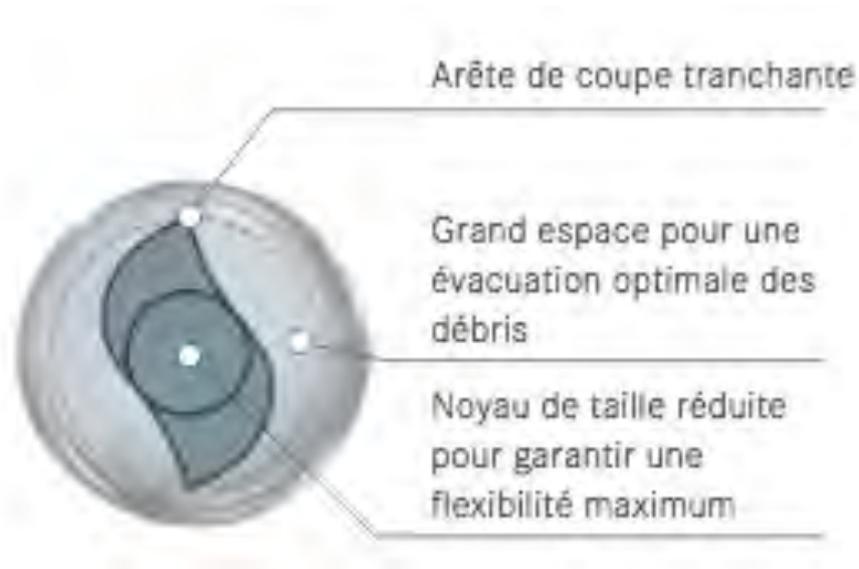


Figure 16 : Section en forme de double « S » du F6 Skytaper® en coupe transversale (45)

I.2.2. Amélioration des performances mécaniques par rapport aux instruments endodontiques nickel-titane réutilisables

L'un des intérêts majeurs et communs aux instruments endodontiques à usage unique par rapport aux instruments endodontiques réutilisables, outre l'élimination du risque de contamination croisée, est l'obtention de performances mécaniques constantes.

En effet, il a été démontré un changement de l'état de surface des instruments endodontiques nickel-titane réutilisables après un usage répété de ces derniers. L'étude de Luzi et al. (46) a observé les altérations morphologiques de 8 instruments Protaper® avant et après utilisations successives (jusqu'à 30 mises en formes) par microscopie électronique à balayage. Il est important de préciser que le même microscope a été utilisé pour l'évaluation, et que toutes les mises en formes canalaires ont été réalisées à la même vitesse, ainsi que par le même opérateur. L'évaluation consistait en la recherche d'arêtes de coupe émoussées et/ou discontinues, de microfractures, de défauts macroscopiques, de fissures, de fractures et de présence de débris dentinaires. Ici, nous ne nous intéresserons pas à ce dernier critère étant donné qu'il ne permet pas de démontrer un quelconque changement dans l'état de surface.

Les résultats ont montré qu'avant utilisation, chacun des instruments évalués présentait des défauts de fabrication ainsi que des arêtes de coupe émoussées (Figure 17). Ainsi, ces deux critères ne sont pas utilisables pour permettre de conclure à une différence morphologique avant et après utilisation des instruments.

	SX(1)	SX(2)	S1(1)	S1(2)	S2	F1	F2	F3
Disruption of cutting edge	No	No	No	No	No	No	No	No
Fracture	No	No	No	No	No	No	No	No
Microfracture of the surface	No	No	No	No	No	No	No	No
Dentine smear debris	No	No	No	No	No	No	No	No
Blunt cutting edges	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Manufacturing defects	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Macroscopic defects	No	No	No	No	No	No	No	No
Fatigue cracks	No	No	No	No	No	No	No	No

Figure 17 : Tableau récapitulatif des altérations initiales des instruments évalués avant utilisation (46)

Après utilisation répétée de ces instruments, aucun défaut macroscopique n'a été observé. Toutefois, de nombreux défauts microscopiques ont été constatés (Figures 18 et 19), dont des arêtes de coupes discontinues observées entre 0 et 70% des canaux préparés, ou encore des fissures observées entre 33 et 100% des canaux préparés. Deux des huit instruments étudiés se sont fracturés, soit 25% des instruments, notamment un S1 à la sixième utilisation, et un SX à la vingtième utilisation (Figure 20). Cela concerne 6,7% des canaux mis en forme.

La nature de ces imperfections (fissures, fractures) est due à un phénomène de flexion dans la plupart des cas, et à un phénomène de torsion dans une minorité de cas. Il est important de rappeler qu'une flexion d'un instrument peut provoquer la fatigue de ce dernier et peut mener jusqu'à la fracture. En effet, l'instrument est en rotation libre dans un canal courbe, se fléchit dans la courbure, et se fracture si son point de flexion maximal est dépassé. A l'opposé, le phénomène de torsion survient lorsque l'instrument est engainé dans un canal : la rupture en torsion apparaît lorsqu'une partie de l'instrument se verrouille dans le canal, alors que le moteur continue sa rotation (47).

Files	Prepared canals	Number and percentage of prepared canals when observed disruption of cuttingg edges		Number and percentage of prepared canals when observed fatigue cracks	
		Number	Percentage	Number	Percentage
SX(1)	21	0	0%	19	90%
SX(2)	9	0	0%	3	33%
S1(1)	5	0	0%	5	100%
S1(2)	25	0	0%	22	88%
S2	30	12	40%	27	90%
F1	30	12	40%	27	90%
F2	30	12	40%	27	90%
F3	30	21	70%	25	83,3%

Figure 18 : Tableau récapitulatif du nombre et du pourcentage d'arêtes de coupe discontinues et de fissures observées après utilisation des instruments évalués (46)

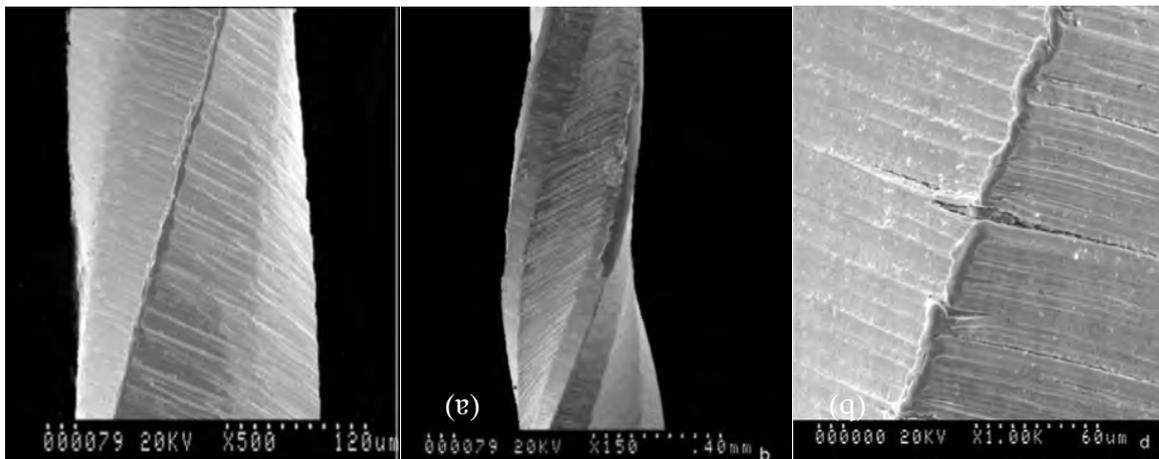


Figure 19 : Altérations observées au microscope électronique à balayage sur les instruments Protaper® après utilisation

- (a) Arête de coupe émoussée
- (b) Arête de coupe discontinue
- (c) Fissure de fatigue (46)

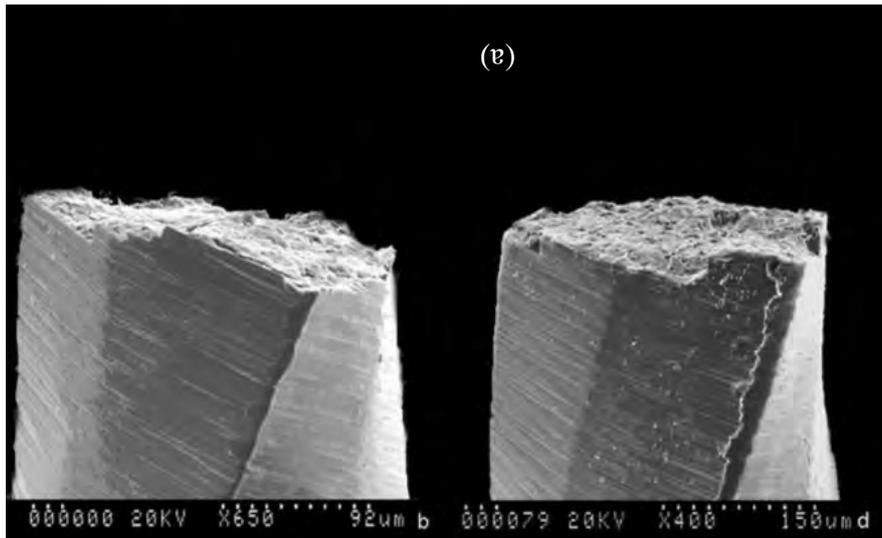


Figure 20 : Fractures observées au microscope électronique à balayage

(a) Fracture d'un SX à la vingtième utilisation

(b) Fracture d'un S1 à la sixième utilisation (46)

Ainsi, cette étude a montré que l'utilisation répétée des instruments endodontiques Protaper® engendre une altération significative de l'état de surface, fragilisant l'instrument et pouvant mener à la fracture. Toutefois, ce risque de fracture pourrait être réduit en élargissant le tiers coronaire et en créant un « glide path » adéquat, c'est-à-dire assurer la perméabilité canalaire par cathétérisme manuel.

De plus, il est à noter que S2, F1, F2 et F3 ont préparé les 30 canaux sans subir de fracture. Cela s'explique probablement par le fait que SX et S1 sont les premiers instruments du système à être utilisés et subissent donc des contraintes plus aléatoires, fonction de l'anatomie canalaire, tandis que les autres instruments ont un comportement clinique plus prévisible et plus constant du fait de l'élargissement préliminaire obtenu.

La mise en forme canalaire avec un instrument à usage unique se justifie de par le fait qu'il réduise le risque de fracture. En effet, bien que celui-ci soit également soumis aux phénomènes de torsion et de flexion lors de son utilisation, il ne subit pas de stress cumulatif étant donné que son usage est limité à une seule mise en forme.

Une autre étude (48) s'est appliquée à étudier l'effet de la stérilisation par autoclave sur l'état de surface des instruments endodontiques en nickel-titane, ceci afin d'aborder les éventuelles implications cliniques que cela pourrait avoir. Pour cela, Nair et al. ont utilisé un microscope à force atomique (AFM), leur permettant de recueillir des données relatives à la

topographie de surface de plusieurs instruments endodontiques, notamment ici Protaper® F1 et Mtwo® (VDW). Les paramètres évalués pour décrire ces caractéristiques sont la moyenne arithmétique de rugosité (AMR), la hauteur maximale (MH) et la moyenne quadratique (RMS), tous trois décrivant l'amplitude verticale de la topographie de surface. L'objectif de cette étude a donc été d'évaluer les modifications de surface apparues après exposition à un certain nombre de cycles d'autoclave.

Les images topographiques obtenues ont montré que la surface des deux instruments est initialement rugueuse, mais révèle aussi que cette rugosité augmente significativement entre 0 et 10 cycles d'autoclave (Figure 21).

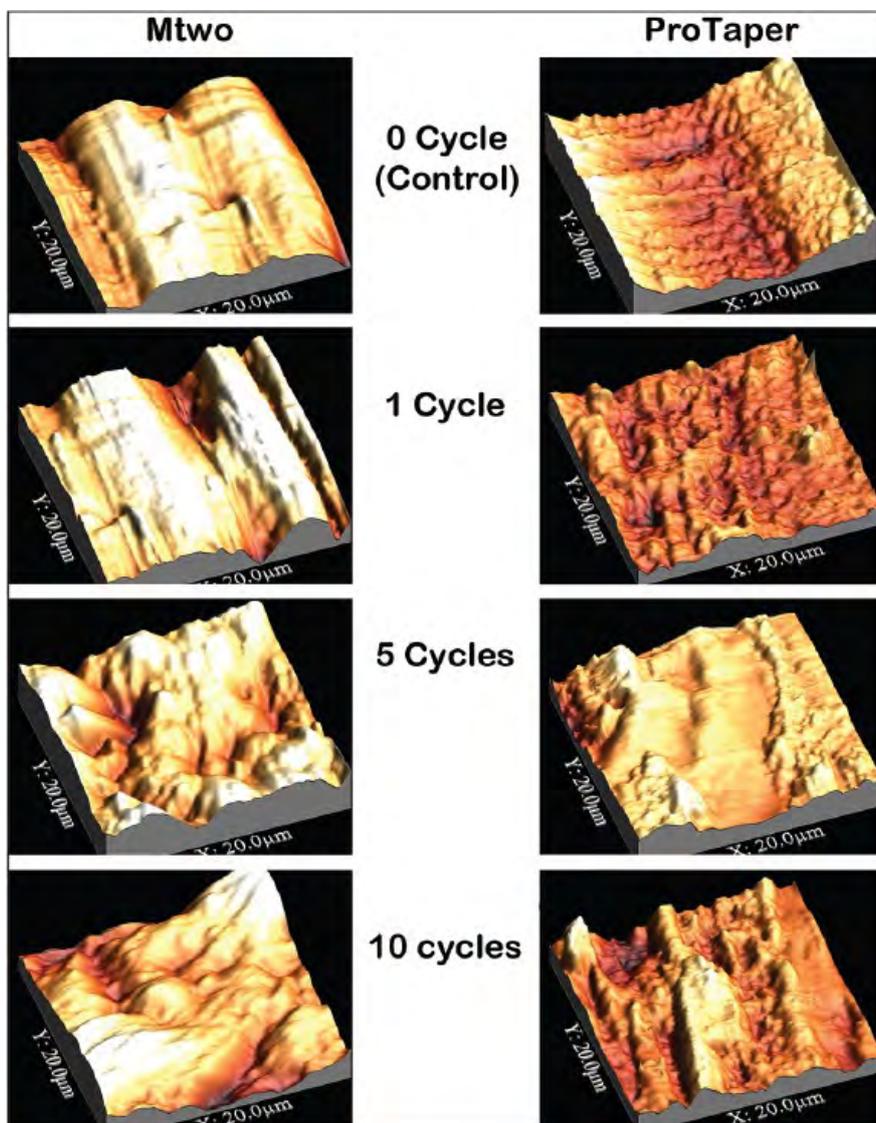


Figure 21 : Analyses topographiques de Protaper® F1 et Mtwo®, avant et après leur cycle(s) de stérilisation respectif(s) (48)

Les moyennes des paramètres AMR, MH et RMS ont été recueillies pour chacun des instruments (Figure 22). En ce qui concerne l'instrument Protaper® F1, AMR a augmenté de façon significative après un cycle de stérilisation ($p < 0,01$), MH également entre un et cinq cycles ($p < 0,01$), mais aussi RMS après un cycle ($p < 0,01$). Pour l'instrument Mtwo®, AMR et MH ont augmenté de façon significative après un cycle de stérilisation ($p < 0,01$), et RMS entre un et cinq cycles ($p < 0,01$).

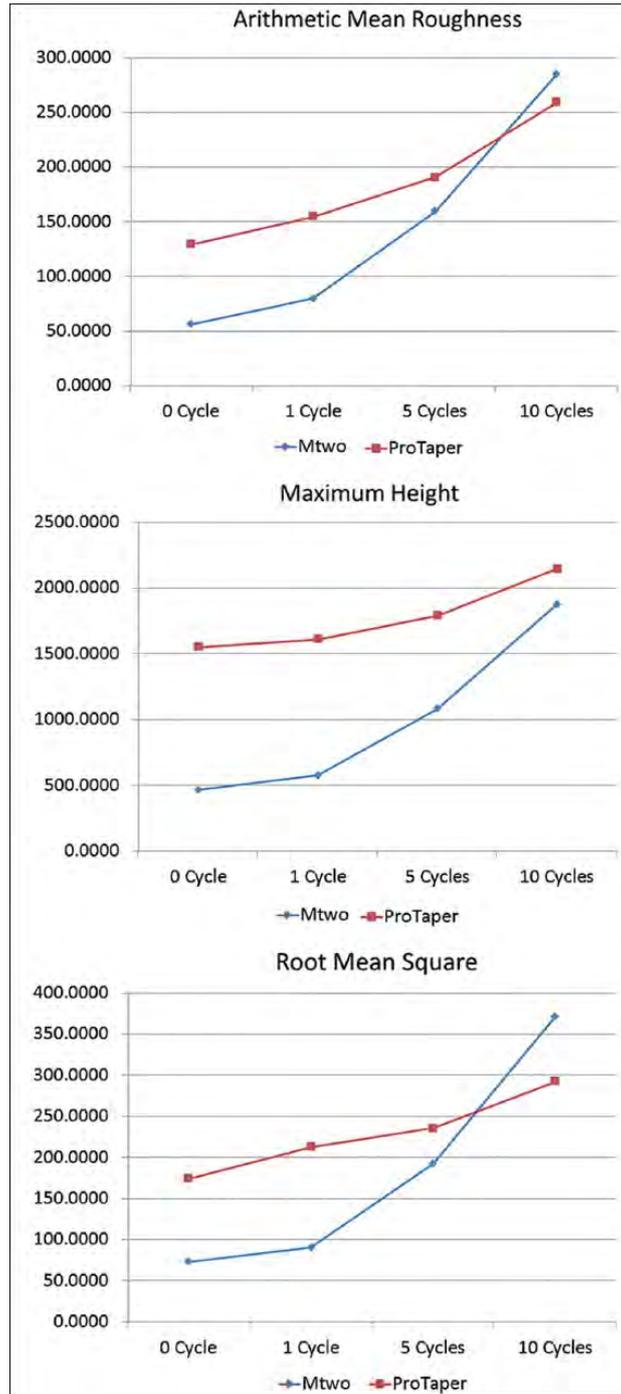


Figure 22 : Moyenne de AMR, MH et RMS de Protaper® F1 et Mtwo® (48)

En conclusion, les instruments sujets à des cycles de stérilisation répétés ont montré une augmentation de la rugosité de surface comparés à ceux non stérilisés. Cela peut s'expliquer par une modification éventuelle de l'épaisseur de la couche passive d'oxyde recouvrant les surfaces en nickel-titane. L'augmentation des irrégularités de surface est associée à une augmentation du risque de fracture de l'instrument (en particulier dans un canal courbe), mais aussi à une diminution de l'efficacité de coupe et de la capacité de nettoyage canalaire (49). C'est pourquoi il paraît judicieux de conseiller l'utilisation d'un instrument endodontique en nickel-titane en usage unique afin de minimiser les risques lors d'un traitement.

Cependant, les instruments endodontiques à usage unique ne sont pertinents que dans le cas où leur efficacité en terme de nettoyage canalaire est similaire voire supérieure aux instruments endodontiques réutilisables.

L'étude de Dagna et al. (50) a consisté à évaluer la capacité de différents instruments endodontiques en nickel-titane au nettoyage de canaux préalablement contaminés par *E.faecalis*, connue pour être une espèce bactérienne résistante et présente lors d'infections endodontiques. Les résultats de cette étude ont montré que les instruments endodontiques réutilisables (Mtwo®, Revo-S®) et ceux à usage unique (Reciproc®, One Shape®) permettaient tous deux une réduction significative du nombre de UFC/mL (Unité Formant Colonie/mL). Cette unité est utilisée pour dénombrer les bactéries. Par ailleurs, il n'a pas été rapporté de différence significative entre chacun d'eux ($p > 0,05$). Au vu de cette étude, les instruments à usage unique et à instrumentation unique semblent donc permettre un traitement plus rapide et plus facile, tout en ayant la même efficacité en terme de nettoyage canalaire que les instruments conventionnels en nickel-titane. De plus, étant donné les résultats similaires obtenus par Reciproc® par rapport aux autres systèmes, il apparaît que les instruments utilisant le mouvement de réciprocité sont aussi efficaces en terme de réduction du nombre de bactéries. Cependant, peu d'études existent actuellement à ce sujet, ne permettant pas d'affirmer avec certitude cette hypothèse. Seule une étude en 2012 a porté sur cette question, et a abouti au fait qu'aucune différence significative n'était notable entre les instruments à mouvement réciproque (ici, Reciproc® et Wave One®) et les instruments à rotation continue (Mtwo® et Protaper®), les quatre systèmes ne permettant pas une désinfection canalaire complète (51).

De même, Basmaci et al. (52) ont également conclu à l'absence de différence significative en terme de réduction microbienne entre les instruments uniques (Reciproc®) et les séries d'instruments conventionnels (Protaper®).

La qualité de la mise en forme canalaire doit également être un critère à prendre en compte dans le choix de l'utilisation ou non d'instruments endodontiques à usage unique. En effet, cette étape importante du traitement endodontique se doit de répondre à certains objectifs et sa mise en œuvre avec un instrument doit éviter tout incident de mise en forme comme les butées, les perforations, les transports canalaires ou les déchirures du foramen apical. Ainsi, des études ont évalué la qualité de mise en forme d'instruments endodontiques à usage unique, en comparaison aux instruments conventionnels en nickel-titane.

Bürklein et al. (51) ont montré dans leur étude qu'aucun des instruments évalués entre Mtwo®, Protaper®, Reciproc® et Wave One®, ne montrait de différence significative ($p = 0,382$) en terme de redressement de la courbure canalaire sur des dents extraites présentant des canaux à courbure sévère (entre 25° et 39°). Cela montre que les systèmes endodontiques à usage unique, ou du moins ceux utilisant le mouvement de réciprocité, sont capables de respecter convenablement la trajectoire canalaire initiale, de manière semblable aux instruments endodontiques rotatifs conventionnels.

Une autre étude récente s'est appuyée à comparer la capacité de préparation canalaire entre des instruments endodontiques uniques à usage unique utilisant le mouvement de réciprocité, notamment Reciproc® et Wave One®, et des instruments rotatifs réutilisables Protaper® sur des molaires présentant des canaux avec des angles de courbure entre 25° et 35° , soit des dents aux caractéristiques semblables à celles de l'étude précédente (53). Dans cette expérimentation, il s'est avéré que les trois systèmes entraînent une diminution de la longueur de travail et un redressement de la courbure canalaire sans différence significative entre eux, à noter tout de même que les valeurs les plus importantes sont obtenues par le système Protaper®. La raison pouvant expliquer la plus grande réduction de longueur de travail par Protaper® rapportée dans cette dernière étude pourrait être l'action importante de S1 dans la portion coronaire du canal.

Dans tous les cas, au vu des résultats de ces deux études, les systèmes à instrumentation unique, notamment ceux utilisant le mouvement de réciprocité, semblent respecter la trajectoire initiale du canal. Cela s'expliquerait par le processus de fabrication de ces

nouveaux instruments, qui soumet ces derniers à des traitements thermiques menant à un nouvel alliage nickel-titane, le MWire®, et lui conférant ainsi une flexibilité supérieure (54).

D'autres études aboutissent à la même conclusion (55)(54), notamment celle de Moghadam et al. (54) qui évalue, à une distance de 3, 4 et 5 mm de la longueur de travail, le degré de transport canalaire pour le système endodontique Twisted File® (série d'instruments nickel-titane réutilisables) et pour le Reciproc®. Le transport canalaire est défini comme étant une déviation involontaire du trajet initial du canal. Cette étude rapporte qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux systèmes, hormis à une distance de 5 mm de la longueur de travail où le Reciproc® montre alors une déviation canalaire significativement moins importante ($p = 0,010$) et un centrage canalaire meilleur ($p = 0,028$). Cela s'explique par le nombre de passages plus important d'instruments avec le système Twisted File®. Par ailleurs, le critère du centrage canalaire est pertinent car ceci permet un élargissement canalaire et donc une préparation des parois de manière équivalente dans toutes les directions, allant ainsi dans le sens d'un respect de la forme originelle du canal.

En conclusion, les études semblent converger sur le fait que les instruments endodontiques à usage unique utilisant le mouvement de réciprocité, présentent une fiabilité certaine concernant la qualité de mise en forme canalaire, respectant la trajectoire du canal et répondant aux objectifs de mise en forme attendus. Tandis que certaines études en arrivent à la conclusion que ces nouveaux instruments ont des performances semblables aux instruments endodontiques rotatifs conventionnels (51)(53)(54), d'autres vont jusqu'à dire qu'ils les surpassent (55).

I.3. Temps d'utilisation

Actuellement, le terme d'instrumentation à usage unique est intimement lié à celui d'instrumentation unique. A l'exception du système F360® qui nécessite le passage de deux instruments, tous les instruments endodontiques à usage unique commercialisés permettent une mise en forme canalaire à l'aide d'un seul instrument. Cela permet ainsi une simplification du protocole endodontique, tout en garantissant des résultats satisfaisants (à condition que le protocole clinique soit respecté).

De nombreuses études ont comparé le temps de mise en forme endodontique entre des systèmes à instrumentation unique et des systèmes endodontiques nickel-titane réutilisables, à instruments multiples (Figure 23) (51)(56)(57)(58)(55)(59)(53).

Auteur	Conditions de l'étude	Instrumentation unique		Système à instruments multiples	
		Marque	Temps de mise en forme (s) : moyenne \pm écart-type	Marque	Temps de mise en forme (s) : moyenne \pm écart-type
Bürklein et al. (mai 2012) (51)	Dents extraites à canal très courbé	Reciproc®	73,1 \pm 12,2	Protaper®	188,7 \pm 11,5
		Wave One®	82,3 \pm 9,8	Mtwo®	181,7 \pm 16,5
Bürklein et al. (juin 2013) (56)	Dents extraites à canal très courbé	Reciproc®	75,5 \pm 24,6	F360® (usage unique)	140,1 \pm 49,5
		One Shape®	80,7 \pm 27,1	Mtwo®	199,0 \pm 36,1
Bürklein et al. (juin 2012) (57)	Incisives extraites à canal droit (< 5°)	Reciproc®	73,3 \pm 13,17	Protaper®	207,45 \pm 16,61
		Wave One®	88,4 \pm 14,68	Mtwo®	202,05 \pm 22,76
Raspaud (2013) (58)	Dents extraites à canal courbe	One Shape®	217,4 \pm 43,3	Protaper	278,4 \pm 53,6
		Wave One®	208,6 \pm 60,9	Universal®	
Shao et al. (2014) (55)	Simulateurs endodontiques à canal en forme de S	Reciproc®	42,1 \pm 2,7	Protaper®	62,8 \pm 5,2
		Wave One®	41,5 \pm 3,2	Mtwo®	62,7 \pm 2,8
Uzun et al. (2016) (59)	Prémolaires mandibulaires extraites avec canal droit (<10°) et de longueur similaire	Reciproc®	68,1 \pm 28,65	Protaper®	137,7 \pm 5,93
		Wave One®	53,1 \pm 27,28	Mtwo®	147,5 \pm 12,92

Figure 23 : Tableau récapitulatif des temps de mise en forme recueillis dans les différentes études

En réalisant la synthèse de l'ensemble de ces résultats, le temps de mise en forme peut être réduit de 22% au minimum grâce à l'instrumentation unique comparé à un système à instruments multiples (58), et peut aller jusqu'à atteindre une diminution de 65% dans une étude (56).

Les différences notables de résultats entre les différentes études, pour de mêmes instruments endodontiques, s'expliquent facilement par le fait que ces expérimentations ne sont pas réalisées dans les mêmes conditions : cela peut dépendre du modèle, de l'anatomie canalaire plus ou moins complexe, de l'angle de courbure, ainsi que de l'opérateur.

Dans l'étude de Bürklein et al. de juin 2013 (56), il est à noter que le système endodontique F360® est à usage unique, mais à instrumentation multiple. Cependant, bien que son délai de mise en forme soit plus important que les systèmes à instrumentation unique évalués ici, celui-ci reste tout de même significativement plus rapide que le système Protaper®.

En conclusion, ces études prouvent que le temps de mise en forme réalisé avec de l'instrumentation unique et donc, à usage unique, est significativement plus rapide qu'avec des systèmes à instruments multiples.

Toutefois, il est important de rappeler que malgré le terme d'instrumentation unique, ces systèmes nécessitent tout de même l'utilisation de limes de pénétration initiale et de perméabilité canalaire, augmentant ainsi le temps nécessaire à la réalisation complète du traitement endodontique.

En plus de la simplification du protocole avec une instrumentation unique, le délai d'apprentissage du protocole d'utilisation de ces instruments se retrouve également réduit. Il en est ainsi de même avec le nombre d'erreurs de procédures possibles (36).

I.4. Prix des instruments

Outre les avantages propres à chacun des systèmes, le prix d'achat des instruments endodontiques est également un critère à prendre en compte car il influe sur le choix du système endodontique utilisé par les chirurgiens-dentistes.

Le tableau ci-dessous (Figure 24) représente le prix d'achat de cinq types d'instruments endodontiques à usage unique (One Shape®, Reciproc®, Wave One Gold®, F360®, F6 Skytaper®), comparé à trois séquences instrumentales traditionnelles (Protaper Gold®, Mtwo®, Revo-S®). Etant donné que ces dernières sont à utilisation multiple, le coût par utilisation a également été calculé, en supposant que chacune de ces séquences est utilisée quatre fois. Ces tarifs ont été recueillis le 13 novembre 2016 à partir des sites de vente par correspondance Henry Schein® (60) et Megadental® (61), sans tenir compte des éventuelles promotions en cours ou de remises lors d'achats multiples. Les tarifs des systèmes F360® et F6 Skytaper® ont été directement recueillis le 22 novembre 2016 auprès du fabricant Komet® (62).

Marque de l'instrument	Prix d'achat de la séquence	Coût par utilisation
One Shape®	12,35€	12,35€
Reciproc®	19,40€	19,40€
Wave One Gold®	19,90€	19,90€
F360® (25 et 35/100 ^{ième})	23,01€	23,01€
F6 Skytaper®	13,81€	13,81€
Protaper Gold® (SX, S1, S2, F1, F2, F3)	69,90€	17,47€
Mtwo® (10, 15, 20 et 25/100 ^{ième})	41,60€	10,40€
Revo-S® (SC1, SC2, SU, AS30, AS35, AS40)	49,90€	12,47€

Figure 24 : Prix d'achat de la séquence des instruments endodontiques nickel-titane recueillis sur le site d'Henry Schein®, de Megadental® et auprès de Komet® et coût par utilisation (pour quatre utilisations)

L'analyse de ce tableau ne montre pas de grande différence de coût entre les instruments endodontiques à usage unique et les instruments endodontiques réutilisables, lorsque les prix d'achat sont rapportés à une séance. Bien que le coût pour une utilisation s'avère être le plus élevé avec le système F360®, d'autres instruments endodontiques à usage unique ont des prix similaires à ceux des instruments endodontiques réutilisables, notamment le F6 Skytaper® ou encore le One Shape®.

Cependant, d'autres critères sont à considérer afin d'estimer en toute réalité le coût d'utilisation pour un traitement endodontique en fonction du système endodontique choisi. C'est ce que l'on cherchera à évaluer dans la deuxième partie.

I.5. Tableau récapitulatif des avantages

	Instruments à usage unique	Instruments réutilisables
Concernant l'asepsie	<ul style="list-style-type: none"> - Ne nécessite pas de stérilisation - Moins de risque de contamination croisée 	
Concernant les propriétés mécaniques	<ul style="list-style-type: none"> - Réduction du risque de fracture - Efficacité de coupe constante - Capacité de nettoyage canalaire constante 	<ul style="list-style-type: none"> - Qualité de mise en forme semblable
Concernant le temps	<ul style="list-style-type: none"> - Durée de mise en forme endodontique réduite - Délai d'apprentissage réduit 	
Concernant le prix des instruments	Prix similaires	

Figure 25 : Tableau récapitulatif des avantages entre instruments endodontiques à usage unique et réutilisables

II. Considérations médico-économiques de l'utilisation d'instruments endodontiques à usage unique

II.1. Objectif de l'étude

Les instruments endodontiques en nickel-titane à usage unique présentent plusieurs avantages, dont le passage d'un instrument unique pour la réalisation de la mise en forme canalaire (à l'exception du système F360®), ainsi que l'absence de stérilisation.

L'objectif de notre étude consiste à comparer le coût d'utilisation d'instruments endodontiques à usage unique, type Reciproc®, et le coût d'utilisation d'instruments endodontiques réutilisables, type Protaper Gold®, pour un traitement endodontique, en prenant en compte non seulement le prix d'achat de ces derniers, mais également le coût de chacun lors de la mise en forme et lors de la phase de stérilisation. Ces deux systèmes ont été choisis en comparaison pour cette étude car ils représentent les systèmes endodontiques les plus utilisés dans leur catégorie.

II.2. Matériel et méthode

Pour réaliser cette étude, il faut s'intéresser aux étapes qui divergent entre un traitement endodontique réalisé avec le Reciproc® et celui réalisé avec le Protaper Gold®.

Tout d'abord, la comparaison entre les protocoles d'utilisation de chacun des deux systèmes endodontiques permet de se rendre compte du nombre de procédures supplémentaires à effectuer lors de la mise en forme avec le Protaper Gold® par rapport au système à usage unique Reciproc® (Figure 26). Les étapes préalables à la mise en forme tels que les actes pré-endodontiques et le cathétérisme, sont communes aux deux protocoles, tout comme le sont les étapes ultérieures à cette mise en forme, notamment le rinçage final, l'obturation, la mise en place d'une restauration temporaire et la réalisation du cliché radiographique post-opératoire.

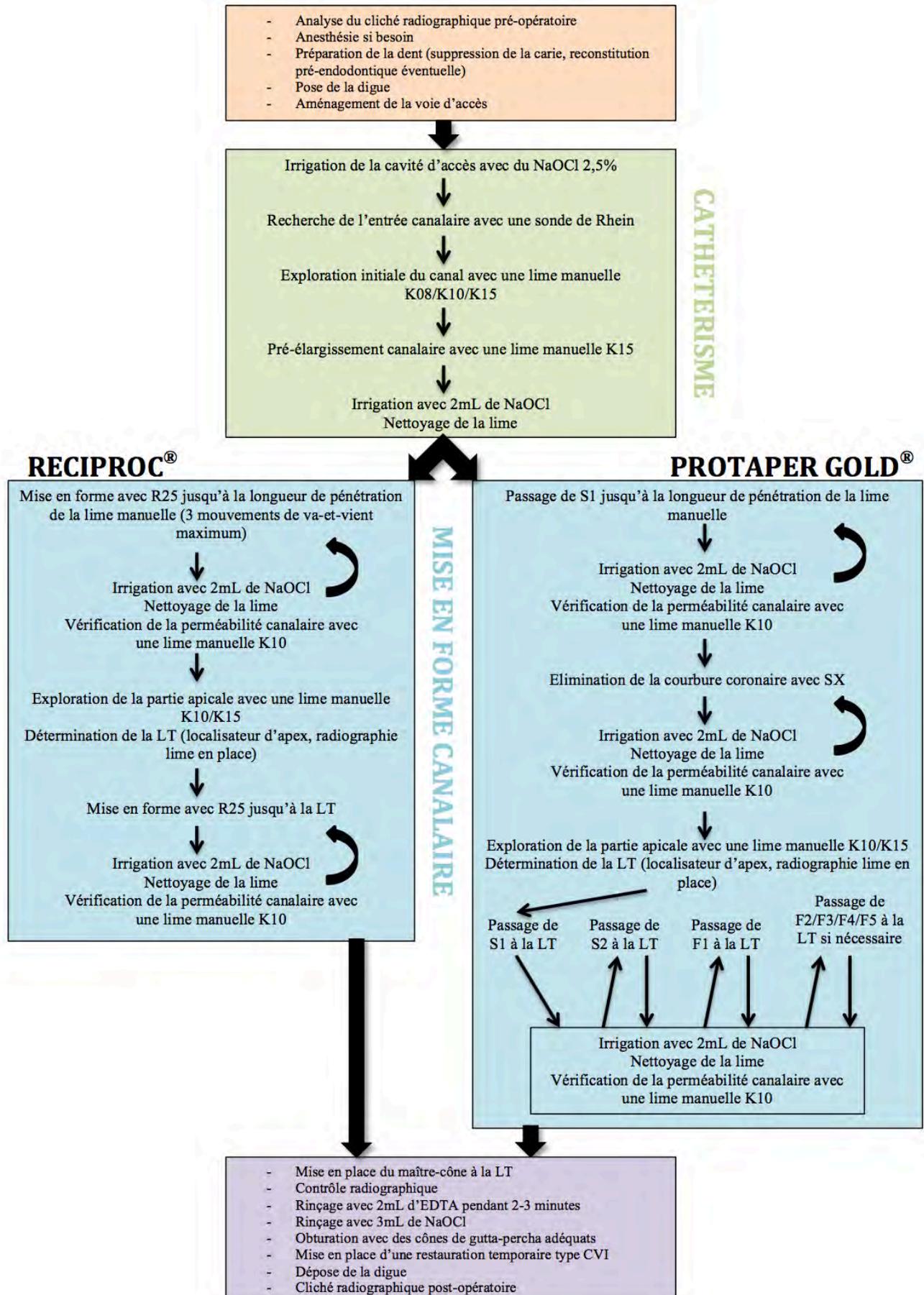


Figure 26 : Protocole de réalisation d'un traitement endodontique avec Reciproc® et Protaper Gold®

L'autre argument-clé des fabricants de systèmes endodontiques à usage unique est l'absence de stérilisation. En effet, ces instruments sont conçus pour n'être utilisés qu'une seule fois et être ensuite jetés, évitant ainsi le processus de nettoyage nécessaire aux instruments endodontiques réutilisables après chaque usage. Etant donné l'absence de source à ce sujet, nous avons élaboré un protocole afin d'évaluer le gain de temps et ainsi, le gain économique que représente l'absence de stérilisation du Reciproc®.

II.2.1. Le temps de mise en forme endodontique : Reciproc® VS Protaper Gold®

La première partie de l'étude consiste à évaluer le temps de mise en forme endodontique d'un canal avec l'utilisation d'un instrument endodontique à usage unique Reciproc® d'une part, et avec l'utilisation d'instruments endodontiques rotatifs réutilisables Protaper Gold® d'autre part. Pour cela, nous nous appuyerons sur la littérature. Afin que ces temps de mise en forme soient le plus concret possible, nous avons cherché à rassembler plusieurs études comparant ces deux systèmes, afin d'en faire une moyenne.

Quatre études ont comparé le temps de mise en forme entre le Reciproc® et le Protaper® :

- Bürklein et al. (mai 2012) sur des dents extraites à canal très courbé (25 à 39°) (51)
- Bürklein et al. (juin 2012) sur des incisives extraites à canal droit (< 10°) (57)
- Uzun et al. (2016) sur des prémolaires mandibulaires extraites avec un canal droit (< 10°) et toutes de longueur similaire (59)
- Shao et al. (2014) sur des simulateurs endodontiques à canal en forme de S (55)

Afin d'estimer une moyenne des temps de mise en forme propres à chacun des deux systèmes et se rapprochant au maximum de la réalité clinique, nous n'utiliserons que les trois premières études, car ces dernières sont réalisées sur des dents extraites, contrairement à l'étude de Shao et al. (2014), réalisée sur simulateur endodontique et dont les temps de mise en forme sont bien inférieurs aux autres études (42,1 secondes pour le Reciproc® et 62,8 secondes pour le Protaper Gold®) (55).

Les trois études sur lesquelles nous nous appuyons (Bürklein et al. (mai 2012), Bürklein et al. (juin 2012) et Uzun et al. (2016)) ont été réalisées dans des conditions d'étude différentes de par le nombre d'instruments utilisés (intégration ou non de la lime Protaper® F4),

l'expérience de l'opérateur, la nature de la dent (incisives, prémolaires, molaires), ou encore de par le type de canal (droit ou courbé). Ces résultats peuvent donc être utilisés afin d'estimer les temps de mise en forme moyen d'un canal tout en prenant en compte les conditions cliniques diverses qui peuvent l'influencer.

Les temps obtenus entre les deux systèmes seront ensuite rapportés en terme de coût économique en fonction du coût horaire moyen de fonctionnement d'un cabinet dentaire. Pour cela, nous utiliserons les données recueillies dans l'étude de Vallaeys et al. dont l'objectif a été d'évaluer le coût moyen d'un traitement endodontique de molaires en exercice libéral (63).

II.2.2. Le temps de stérilisation des limes Protaper Gold®

La deuxième partie de l'étude consiste à chronométrer le temps passé à nettoyer les instruments endodontiques rotatifs usagés Protaper Gold®. Les limes usagées Reciproc® ne nous intéressent pas étant donné que selon les recommandations d'utilisation, ces dernières sont à usage unique, donc directement jetées.

Pour cela, trois assistantes de trois cabinets dentaires différents ont été chronométrées. Aucun de ces cabinets ne possède de thermo-désinfecteur.

Le temps chronométré comprend le nettoyage manuel des spires à l'aide d'une brosse, le séchage manuel, la mise sous blister, la mise en place sur le plateau destiné à l'autoclave et le stockage du matériel en salle de soin après stérilisation.

Il n'est pas pris en compte le temps où les instruments sont plongés dans le bac de pré-désinfection et dans le bac à ultrasons avec les autres instruments du plateau technique (sonde, précelle, miroir, matériel de digue...etc), ni le temps de rinçage car ces phases sont communes aux deux systèmes. Le cycle de l'autoclave n'est également pas comptabilisé étant donné que cette étape ne nécessite pas la présence de l'assistante.

Le graphique ci-dessous (Figure 27) rappelle la chaîne de stérilisation effectuée dans un cabinet dentaire. Les étapes en vert correspondent aux actions prises en compte dans l'étude.

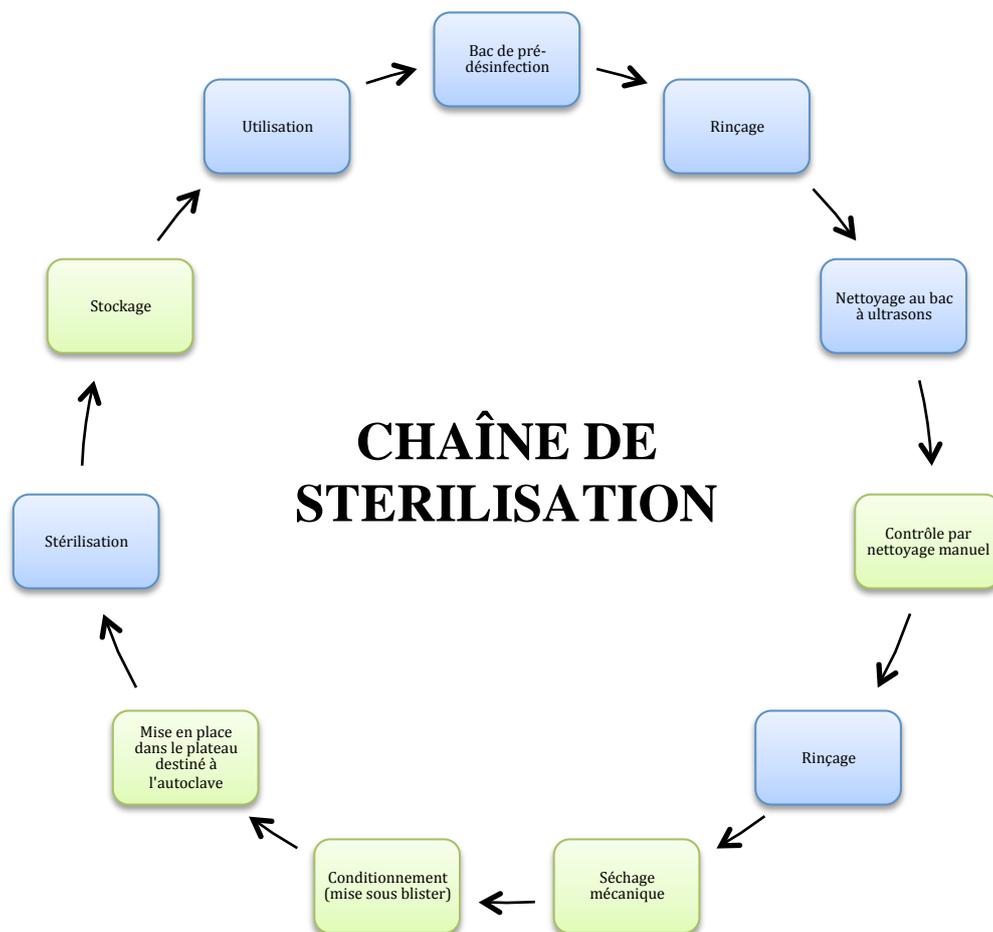


Figure 27 : La chaîne de stérilisation des instruments au cabinet dentaire

Le temps obtenu est ensuite rapporté en terme de coût en fonction du taux horaire des assistantes dentaires, selon la grille tarifaire applicable au 1^{er} décembre 2016 publiée par la CNSD (64) et selon la convention collective nationale des cabinets dentaires du 17 janvier 1992 actuellement en vigueur (65), auquel nous ajoutons un supplément de 40% afin de prendre en compte les charges patronales.

II.2.3. Le coût d'utilisation : Reciproc® VS Protaper Gold®

Pour finir, le coût global d'utilisation de chacun des systèmes est calculé en fonction des résultats obtenus dans les deux étapes précédentes. Pour Reciproc®, seuls le coût de la mise en forme et le prix d'achat sont pris en compte, étant donné l'absence de stérilisation.

Pour Protaper Gold®, les deux coûts obtenus dans chacune des deux actions (mise en forme et stérilisation) sont cumulés et ajoutés au prix d'achat de la séquence.

II.3. Résultats

II.3.1. Le temps de mise en forme endodontique : Reciproc® VS Protaper Gold®

Comme vu précédemment, le temps de mise en forme est significativement réduit lors de l'usage de l'instrumentation unique. Le tableau ci-dessous énumère les temps obtenus dans les trois études sélectionnées pour le Reciproc® et pour le Protaper® (Figure 28).

Auteur	Conditions de l'étude	Temps de mise en forme du Reciproc® (s) : moyenne ± écart-type	Temps de mise en forme du Protaper® (s) : moyenne ± écart-type
Bürklein et al. (mai 2012) (51)	Dents extraites à canal très courbé (25° - 39°)	73,1 ± 12,2	188,7 ± 11,5
Uzun et al. (2016) (59)	Prémolaires mandibulaires extraites avec canal droit (<10°) et de longueur similaire	68,1 ± 28,65	137,7 ± 5,93
Bürklein et al. (juin 2012) (57)	Incisives extraites à canal droit (< 5°)	73,3 ± 13,17	207,45 ± 16,61

Figure 28 : Temps de mise en forme du Reciproc® et du Protaper® dans trois études

Ainsi, en s'appuyant sur ces données, on peut estimer que le temps de mise en forme moyen pour le système Reciproc® est de 71,5 secondes, tandis que le système Protaper Gold® nécessite un temps moyen de 177,95 secondes.

En 2008, Vallaeys et al. (63) ont entre autre évalué le coût horaire moyen de fonctionnement d'un cabinet sur la base de trois cabinets libéraux différents, en prenant en compte les frais de personnel, les frais liés au gros matériel, les frais de petit outillage et les frais généraux du

cabinet. Selon cette étude, le coût horaire moyen de fonctionnement est estimé à 36€ par heure. Ainsi, sur la base de ce coût horaire, nous obtenons un coût moyen pour la mise en forme avec Reciproc® de 0,71€, et de 1,77€ avec Protaper Gold®.

Dans cet article, les auteurs n'intègrent pas le salaire du chirurgien-dentiste. Si on rajoute un coût praticien sur la base de 50€ par heure, le total s'élève alors à 1,70€ pour le Reciproc® et 4,25€ pour le Protaper Gold®.

II.3.2. Le temps de stérilisation des limes Protaper Gold®

D'après les résultats obtenus en chronométrant les assistantes dentaires dans les trois cabinets, il nous est possible d'estimer le gain de temps moyen qu'offre l'utilisation du Reciproc® par rapport au Protaper Gold® lors de la phase de stérilisation. En effet, rappelons que les actions prises en compte dans cette étude ne sont valables que pour des instruments endodontiques réutilisables et n'existent pas pour des instruments à usage unique. Le tableau ci-dessous représentent les résultats obtenus lors du nettoyage des instruments Protaper Gold® durant cette étude (Figure 29).

Action sur les instruments rotatifs Protaper Gold® SX, S1, S2, F1, F2	Temps du cabinet 1 (s)	Temps du cabinet 2 (s)	Temps du cabinet 3 (s)
Nettoyage à l'aide d'une brosse	82,5	39,6	20,9
Séchage manuel		16,8	16,4
Mise sous blister	34,8	18,1	26,8
Mise en place sur le plateau destiné à l'autoclave	3,60	3,6	4,1
Stockage en salle de soin	11,40	9	21
Total des actions	132,30	87,1	89,2

Figure 29 : Temps des actions de stérilisation de limes Protaper Gold®

Pour le cabinet 1, les durées de nettoyage et de séchage sont combinées car ces actions sont réalisées lime après lime.

Le temps moyen obtenu pour la stérilisation des instruments endodontiques rotatifs Protaper Gold® est ainsi de 102,8 secondes.

Si l'on se rapporte à la nouvelle grille tarifaire des salaires de personnels dentaires applicable au 1^{er} décembre 2016, le taux horaire minimum d'une assistante dentaire débutante est 11,13€ (64) tandis que celui d'une assistante dentaire ayant vingt ans d'ancienneté s'élève à 13,35€, selon l'article 3.15 de la convention collective nationale des cabinets dentaires signée le 17 janvier 1992 et actuellement en vigueur (20% de prime d'ancienneté) (65). En prenant compte des charges patronales de 40%, nous obtenons alors un coût horaire de 15,58€ pour une assistante dentaire débutante et de 18,69€ pour une assistante dentaire ayant vingt ans d'ancienneté.

Ainsi, on peut estimer qu'une durée de 102,8 secondes en stérilisation constitue un coût de 0,44€ à 0,53€ pour le chirurgien-dentiste.

II.3.3. Le coût d'utilisation : Reciproc® VS Protaper Gold®

Avec les données recueillies lors des deux étapes précédentes, nous avons pu dès lors calculer le coût d'utilisation pour le Reciproc® et pour le Protaper Gold® (Figures 30 et 31).

	Protaper Gold® (vendu sous blister stérile)			
	1 utilisation	2 utilisations	3 utilisations	4 utilisations
Prix d'achat du système endodontique (€)	69,90	34,95	23,30	17,47
Coût économique lors de la mise en forme (€)	4,25	8,50	12,75	17
Coût économique lors de la stérilisation (€)	0,44 – 0,53	0,88 – 1,06	1,32 – 1,59	1,76 – 2,12
Coût d'utilisation du système endodontique pour un traitement (€)	74,59 – 74,68	44,33 – 44,51	37,37 – 37,64	36,23 – 36,59

	Reciproc®			
	1 traitement	2 traitements	3 traitements	4 traitements
Prix d'achat du système endodontique (€)	19,40	38,8	58,20	77,60
Coût économique lors de la mise en forme (€)	1,70	3,40	5,10	6,80
Coût économique lors de la stérilisation (€)	0	0	0	0
Coût d'utilisation du système endodontique pour un traitement (€)	21,10	42,20	63,30	84,40

Figure 30 : Tableaux détaillés du coût d'utilisation du Reciproc® et du Protaper Gold®

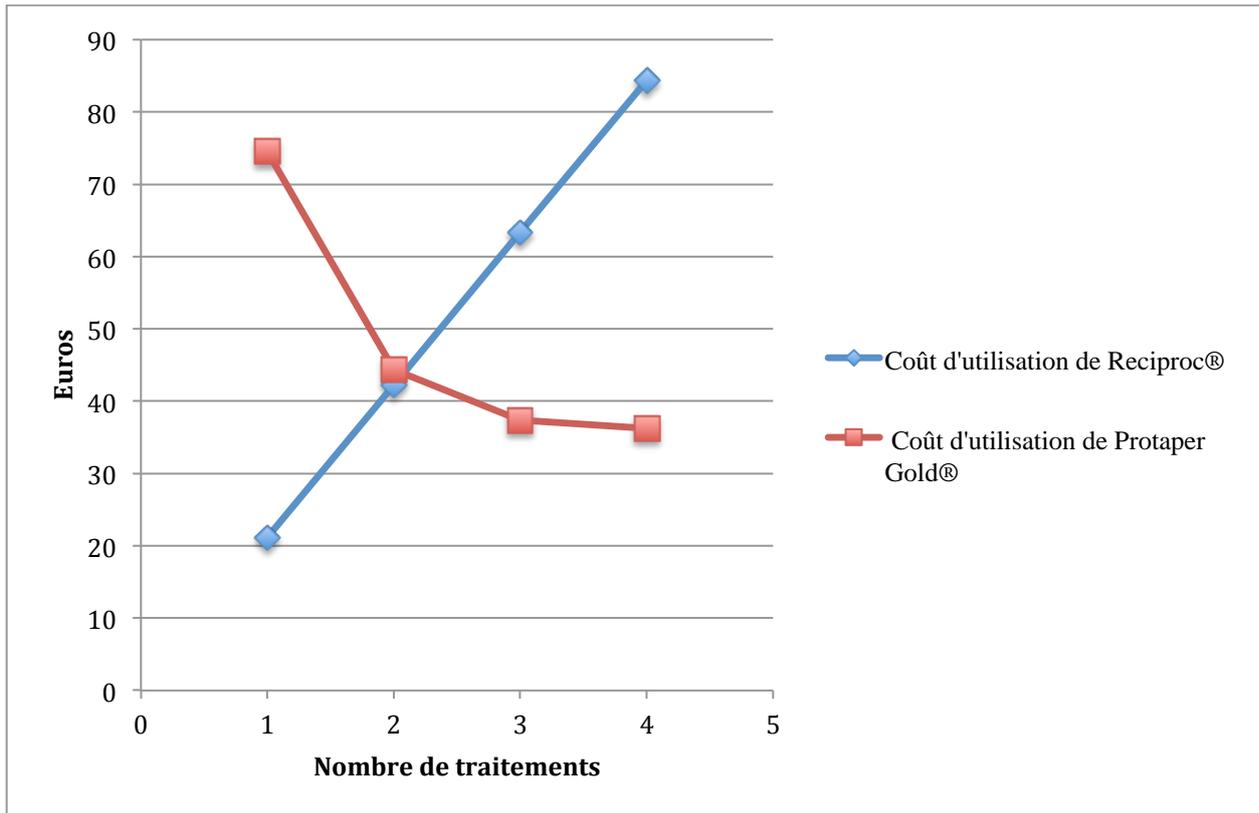


Figure 31 : Graphique comparatif du coût d'utilisation du Reciproc® et du Protaper Gold®

Ces résultats montrent que l'utilisation répétée du Protaper Gold® permet un coût d'utilisation dégressif, tandis que celui du Reciproc® ne cesse d'augmenter de façon constante de 21,10€ pour chaque traitement endodontique.

II.4. Discussion

De nombreux fabricants d'instruments à usage unique citent l'absence de stérilisation et la réduction du temps de mise en forme comme des avantages à l'utilisation de leurs instruments. En effet, en considérant seulement ces étapes, cela permet de réduire le coût économique d'un traitement endodontique par rapport à l'utilisation d'instruments endodontiques rotatifs réutilisables. Mais cette étude montre que ce gain économique est minime. En effet, alors que le système Protaper Gold® voit son coût d'utilisation diminuer avec le nombre d'utilisations, le système Reciproc® à usage unique voit son coût d'utilisation augmenter de façon constante, soit de 21,10€ par traitement endodontique. Or, en plus d'être un professionnel de santé dont le rôle prioritaire est de soigner, le chirurgien-dentiste est également investi du rôle de gestionnaire de son cabinet et donc d'un souci de rentabilité.

C'est pourquoi l'achat de matériel par les praticiens tient non seulement compte de l'efficacité des instruments à accomplir leur tâche, mais tient également compte de leur coût d'utilisation. Ce critère peut ainsi être problématique, empêcher certains praticiens d'utiliser le matériel qui leur semble le plus approprié ou encore inciter d'autres au non respect des recommandations d'utilisation des instruments et réutiliser des instruments à usage unique par exemple.

Le temps que passe l'assistante dentaire à réaliser les différentes tâches de stérilisation propres à l'utilisation d'instruments endodontiques réutilisables est inexistant dans le cas de l'utilisation d'instruments à usage unique. Ce gain de temps contribue à réduire le coût économique d'un traitement endodontique soit par la diminution (bien que minime) du temps de travail de l'assistante, soit par le fait que cette dernière soit, durant ce laps de temps, au fauteuil, à accompagner le praticien dans son acte.

L'étude du temps de stérilisation a été réalisée dans des cabinets où l'assistante dentaire réalise le nettoyage des instruments manuellement. Toutefois, l'achat d'un thermo-désinfecteur permet d'outrepasser les étapes de nettoyage et de séchage. Dans ce cas, le gain de temps qu'offre l'utilisation d'instruments endodontiques à usage unique est réduit, tout comme le gain financier qui en découle. Il faut cependant noter que l'achat d'un tel matériel constitue tout de même un investissement financier.

Trois assistantes dentaires ont été chronométrées pour déterminer le temps moyen nécessaire pour nettoyer les instruments endodontiques. L'une d'entre elles (cabinet 1) travaille dans un cabinet où exerce un endodontiste, elle a peut-être été particulièrement sensibilisée à la méticulosité nécessaire à cette étape ce qui explique que le temps qu'elle passe à cette tâche est plus important que celui de ses collègues.

Les temps de mise en forme moyens obtenus pour les instruments étudiés peuvent varier selon l'efficacité de l'opérateur, selon son expérience, selon l'aide ou non de l'assistante dentaire dans la réalisation du traitement et notamment dans la préparation du matériel nécessaire, également selon la complexité de la dent traitée, ou encore selon le temps d'irrigation réalisé. De plus, ces temps de mise en forme ont été rapportés en terme de coût économique en fonction du coût horaire moyen de fonctionnement d'un cabinet dentaire obtenu à partir de l'étude de Vallaeys et al. (63). Celle-ci ne prenait pas en compte la rémunération du praticien que nous avons essayé de réintroduire dans notre calcul sur une

base de 50€ par heure. Cependant, il est important de préciser que ce coût horaire moyen de fonctionnement est susceptible d'être sous-estimé car sur les trois cabinets évalués lors de cette étude, un seul possédait une assistante (donc peu de frais de personnel) et un autre était en fin d'activité (donc peu d'investissements). De plus, cette donnée reste très variable d'un cabinet à l'autre, dépendant également de l'importance, de l'organisation et de la situation géographique de celui-ci.

Le temps moyen de stérilisation des limes Protaper Gold® peut aussi s'avérer être variable en fonction de la rigueur de l'assistante dentaire, de la réalisation ou non d'un séchage mécanique ou encore de la distance de la salle de soin par rapport à la salle de stérilisation.

Dans le cas du Protaper Gold®, les instruments sont vendus sous forme de blister stérile (66). Cependant, certains instruments endodontiques réutilisables peuvent ne pas être vendus comme tels, et nécessitent alors un traitement spécifique avant leur utilisation. Il faudrait alors comptabiliser une stérilisation de plus qui serait réalisée au préalable, avant tout usage, ce qui correspond à 0,44€ pour une assistante dentaire débutante et à 0,53€ pour une ayant 20 ans d'ancienneté selon nos calculs.

Certains traitements endodontiques peuvent être complexes et être réalisés en plusieurs séances. Selon les recommandations, les instruments endodontiques à usage unique doivent être jetés après chaque utilisation. Dans un tel cas, il devient rapidement onéreux d'utiliser de tels instruments sur des actes endodontiques nécessitant de multiples séances à moins de les conserver et de les archiver nominativement après stérilisation jusqu'au prochain rendez-vous.

L'utilisation d'instruments endodontiques à usage unique pousse à s'interroger sur la question de l'écologie. Les déchets ne sont-ils pas plus importants en utilisant de tels instruments ? Or, si l'on considère le nombre de limes contenues dans une séquence endodontique réutilisable, et si l'on considère que cette séquence est jetée toutes les quatre utilisations, cela reviendrait au même que de jeter un instrument unique après chaque traitement endodontique.

Grâce à cette étude, nous avons pu observer que le coût d'utilisation du Protaper Gold® se réduit avec le nombre d'utilisations du système endodontique. Cependant, il faut noter que plus la séquence est utilisée, plus les risques de fissures, de fractures, de contamination croisée ou encore de perte d'efficacité de coupe sont importants, réduisant ainsi la qualité du traitement. Il est important que l'utilisateur d'un tel système soit conscient de ces risques. D'ailleurs, les recommandations d'utilisation de ce système ne précisent pas clairement que ce dernier est réutilisable : en effet, le fabricant Dentsply Maillefer® conseille une utilisation unique de la séquence, mais fournit tout de même des précautions à prendre dans le cas où le même système serait réutilisé (66).

Le tableau ci-dessous (Figure 32) énumère les recommandations du fabricant quant au nombre d'utilisations à ne pas dépasser concernant les instruments nickel-titane vendus, notamment Protaper Gold®. Ce nombre d'utilisations s'exprime en nombre de canaux et non en nombre de dents traitées et prend en compte la morphologie du canal (droit ou courbé).

Type de canal	Instruments nickel-titane
Canaux à courbure sévère (>30°) ou en forme de S	2 canaux max.
Canaux à courbure modérée (10-30°)	4 canaux max.
Canaux à faible courbure (<10°) ou droits	8 canaux max.

Figure 32 : Nombre d'utilisations maximum selon le fabricant

Dentsply Maillefer® concernant ses instruments (66)

Ainsi, le nombre d'utilisations du système endodontique Protaper Gold® et plus généralement, de n'importe quel système endodontique réutilisable, peut varier en fonction de la rigueur de l'opérateur et du type de dents traitées (nombre de canaux et complexité des canaux). Dans tous les cas, il faut noter qu'une utilisation unique pour un traitement endodontique de systèmes endodontiques nickel-titane réutilisables comme Protaper Gold®, Mtwo® ou Revo-S® s'avèrerait rapidement onéreux pour le chirurgien-dentiste. Pour exemple, cela reviendrait entre 74,59€ à 74,68€ pour le Protaper Gold®, tandis que le coût d'utilisation du Reciproc® serait de 21,10€. Une seule réutilisation permettrait d'équilibrer ce coût avec 44,33€ à 44,51€ pour le Protaper Gold® et 42,20€ pour le Reciproc® (conservé en usage unique).

II.5. Conclusion

D'après notre étude, bien que l'utilisation du Reciproc® réduise le coût économique lors de la mise en forme et lors de la stérilisation, le coût d'utilisation de ce dernier au quotidien s'avère rapidement plus important que celui du Protaper Gold® du fait de la réutilisation possible d'un tel système.

Conclusion

Le traitement endodontique constitue un acte courant dans la pratique dentaire nécessitant du temps, de la rigueur et de la concentration. Actuellement, de nombreux instruments endodontiques en nickel-titane sont à notre disposition pour sa réalisation. Dans l'optique de faciliter la pratique de l'endodontie, d'éliminer les risques de contamination croisée et de réduire les tâches liées à la décontamination et la stérilisation, les fabricants ont donné naissance à un nouveau concept : l'instrumentation à usage unique.

L'utilisation de ces nouveaux instruments présentent de nombreux avantages tant sur l'ergonomie, la qualité de la mise en forme, que sur la réduction du temps de travail au fauteuil et hors fauteuil. Avec cette innovation et en respectant les recommandations, les objectifs de mise en forme sont atteints, tout en minorant le risque d'accidents (contamination croisée, fracture) comparé aux instruments endodontiques nickel-titane réutilisables.

Dans notre étude, en comparant le coût de l'utilisation du Reciproc® versus celui du Protaper Gold®, il apparaît qu'une seule réutilisation du Protaper Gold® permet d'avoir un coût équivalent à l'utilisation unique du Reciproc®.

Cependant, malgré le gain économique imputable à l'absence de stérilisation et à l'instrumentation unique, ces instruments à usage unique présentent un coût d'utilisation au quotidien très important. Le coût initial de la séquence instrumentale ou de l'instrument unique sera donc un critère économique important pour leur choix par le chirurgien-dentiste. De ce fait, il serait intéressant de réaliser une étude plus générale sur l'utilisation de ces instruments en incluant un échantillon large de cabinets dentaires, ceci afin d'observer si ces coûts d'achat et d'utilisation impactent le choix de la séquence ou de l'instrument unique et constituent un critère important quant à l'utilisation de tels instruments.

Le directeur de thèse et président du jury,

P. F. DIEMER



Table des illustrations

Figure 1 : Bactéries et champignons retrouvés sur les fraises utilisées pour la préparation de la cavité endodontique (23)	Page 15
Figure 2 : (a) microphotographie d'une lime endodontique 35 contaminée à grossissement x16 (b) vue au microscope électronique à balayage d'une lime endodontique 35 contaminée à grossissement x500 (21)	Page 16
Figure 3 : Topographie de surface d'un instrument endodontique en nickel-titane (Protaper®, Dentsply®)	Page 17
Figure 4 : Exemple d'un emballage blister d'instruments endodontiques (F360®, Komet®)	Page 18
Figure 5 : Exemple d'un porte-lime endodontique (Nichrominox Endo Pro 12®) (32)	Page 22
Figure 6 : Symbole utilisé sur l'emballage des instruments destinés à un usage unique	Page 24
Figure 7 : Le mono-instrument à usage unique One Shape®	Page 25
Figure 8 : Evolution de la section du One Shape® de la zone apicale à la zone coronaire en coupe transversale (de gauche à droite) (37)	Page 26
Figure 9 : Le mono-instrument à usage unique Reciproc® et ses trois diamètres apicaux	Page 27
Figure 10 : Section en forme de double « S » du Reciproc® en coupe transversale (41)	Page 28
Figure 11 : Le mono-instrument à usage unique Wave One® et ses trois tailles	Page 29
Figure 12 : Coupe transversale du Wave One® (a) Section triangulaire concave dans la partie apicale (b) Section triangulaire convexe dans la partie coronaire (42)	Page 30
Figure 13 : Section en forme de double « S » des F360® en coupe transversale (43)	Page 31

Figure 14 : Les instruments à usage unique F360® (43)	Page 32
Figure 15 : Le mono-instrument à usage unique F6 Skytaper® et ses cinq diamètres	Page 33
Figure 16 : Section en forme de double « S » du F6 Skytaper® en coupe transversale (45)	Page 34
Figure 17 : Tableau récapitulatif des altérations initiales des instruments évalués avant utilisation (46)	Page 35
Figure 18 : Tableau récapitulatif du nombre et du pourcentage d'arêtes de coupe discontinues et de fissures observées après utilisation des instruments évalués (46)	Page 36
Figure 19 : Altérations observées au microscope électronique à balayage sur les instruments Protaper® après utilisation (a) Arête de coupe émoussée (b) Arête de coupe discontinue (c) Fissure de fatigue (46)	Page 36
Figure 20 : Fractures observées au microscope électronique à balayage (a) Fracture d'un SX à la vingtième utilisation (b) Fracture d'un S1 à la sixième utilisation (46)	Page 37
Figure 21 : Analyses topographiques de Protaper® F1 et Mtwo®, avant et après leur cycle(s) de stérilisation respectif(s) (48)	Page 38
Figure 22 : Moyenne de AMR, MH et RMS de Protaper® F1 et Mtwo® (48)	Page 39
Figure 23 : Tableau récapitulatif des temps de mise en forme recueillis dans les différentes études	Page 43
Figure 24 : Prix d'achat de la séquence des instruments endodontiques nickel-titane recueillis sur le site d'Henry Schein®, de Promodental® et auprès de Komet® et coût par utilisation (pour quatre utilisations)	Page 45
Figure 25 : Tableau récapitulatif des avantages entre instruments endodontiques à usage unique et réutilisables	Page 46
Figure 26 : Protocole de réalisation d'un traitement endodontique avec Reciproc® et Protaper Gold®	Page 48

Figure 27 : La chaîne de stérilisation des instruments au cabinet dentaire	Page 51
Figure 28 : Temps de mise en forme du Reciproc® et du Protaper® dans trois études	Page 52
Figure 29 : Temps des actions de stérilisation de limes Protaper Gold®	Page 53
Figure 30 : Tableaux détaillés du coût d'utilisation du Reciproc® et du Protaper Gold®	Page 55
Figure 31 : Graphique comparatif du coût d'utilisation du Reciproc® et du Protaper Gold®	Page 56
Figure 32 : Nombre d'utilisations maximum selon le fabricant Dentsply Maillefer® concernant ses instruments (66)	Page 59

Bibliographie

1. Azarpazhooh A, Fillery ED. Prion disease: the implications for dentistry. *Journal of Endodontics* 2008; **34**: 1158-66.
2. Will RG, Ironside JW, Zeidler M, Estibeiro K, Cousens SN, Smith PG, et al. A new variant of Creutzfeldt-Jakob disease in the UK. *The Lancet* 1996; **347**: 921-5.
3. Gill DS, Tredwin CJ, Gill SK, Ironside JW. The transmissible spongiform encephalopathies (prion diseases): a review for dental surgeons. *International Dental Journal* 2001; **51**: 439-46.
4. Ward HJT, Everington D, Cousens SN, Smith-Bathgate B, Leitch M, Cooper S, et al. Risk factors for variant Creutzfeldt-Jakob disease: a case-control study. *Annals of Neurology* 2006; **59**: 111-20.
5. Walker JT, Budge C, Vasey M, Sutton JM, Raven ND, Marsh PD, et al. vCJD and the cleanability of endodontic files: a case for single use. *ENDO* 2009; **3**: 115-20.
6. Whitworth CL. Variant Creutzfeldt-Jakob disease--a problem for general dental practitioners?. *Primary Dental Care: Journal of the Faculty of General Dental Practitioners (UK)* 2002; **9**: 95-9.
7. Hilton DA, Ghani AC, Conyers L, Edwards P, McCardle L, Ritchie D, et al. Prevalence of lymphoreticular prion protein accumulation in UK tissue samples. *The Journal of Pathology* 2004; **203**: 733-9.
8. <http://www.who.int/csr/resources/publications/bse/whocdscsrph2003.pdf?ua=1> (accessed May 16, 2016)
9. Peretz D, Supattapone S, Giles K, Vergara J, Freyman Y, Lessard P, et al. Inactivation of prions by acidic sodium dodecyl sulfate. *Journal of Virology* 2006; **80**: 322-31.
10. Porter S, Scully C, Ridgway GL, Bell J. The human transmissible spongiform encephalopathies (TSEs): implications for dental practitioners. *British Dental Journal* 2000; **188**: 432-6.
11. Clarke AR, Jackson GS, Collinge J. The molecular biology of prion propagation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B* 2001; **356**: 185-95.
12. Ironside JW, Head MW, Bell JE, McCardle L, Will RG. Laboratory diagnosis of variant Creutzfeldt-Jakob disease. *Histopathology* 2000; **37**: 1-9.
13. Wadsworth JD, Joiner S, Hill AF, Campbell TA, Desbruslais M, Luthert PJ, et al. Tissue distribution of protease resistant prion protein in variant Creutzfeldt-Jakob disease using a highly sensitive immunoblotting assay. *Lancet (London, England)* 2001; **358**: 171-80.
14. Ingrosso L, Pisani F, Pocchiari M. Transmission of the 263K scrapie strain by the dental route. *Journal of General Virology* 1999; **80**: 3043-7.
15. Head MW, Ritchie D, McLoughlin V, Ironside JW. Investigation of PrPres in dental tissues in variant CJD. *British Dental Journal* 2003; **195**: 339-343.
16. Pankhurst C, Coulter W. Basic Guide to Infection Prevention and Control in Dentistry. John Wiley & Sons; 2013.
17. Walker JT, Dickinson J, Sutton JM, Raven NDH, Marsh PD. Cleanability of dental instruments--implications of residual protein and risks from Creutzfeldt-Jakob disease. *British Dental Journal* 2007; **203**: 395-401.
18. Bourvis N, Boelle P-Y, Cesbron J-Y, Valleron A-J. Risk assessment of transmission of sporadic Creutzfeldt-Jakob disease in endodontic practice in absence of adequate prion inactivation. *PloS One* 2007; **2**: e1330.
19. Blanquet-Grossard F, Sazdovitch V, Jean A, Deslys JP, Dormont D, Hauw JJ, et al.

- Prion protein is not detectable in dental pulp from patients with Creutzfeldt-Jakob disease. *Journal of Dental Research* 2000; **79**: 700.
20. http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20080609152647/http://dh.gov.uk/en/Publicationsandstatistics/Publications/PublicationsPolicyAndGuidance/DH_081170?IdcService=GET_FILE&dID=155915&Rendition=Web (accessed May 13, 2016)
 21. Smith A, Dickson M, Aitken J, Bagg J. Contaminated dental instruments. *The Journal of Hospital Infection* 2002; **51**: 233-5.
 22. Morrison A, Conrod S. Dental burs and endodontic files: are routine sterilization procedures effective?. *Journal (Canadian Dental Association)* 2009; **75**: 39.
 23. Whitworth CL, Martin MV, Gallagher M, Worthington HV. A comparison of decontamination methods used for dental burs. *British Dental Journal* 2004; **197**: 635-640.
 24. http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20071204130045/http://dh.gov.uk/prod_consum_dh/idcplg?IdcService=GET_FILE&dID=138450&Rendition=Web (accessed May 13, 2016)
 25. Roth TP, Whitney SI, Walker SG, Friedman S. Microbial contamination of endodontic files received from the manufacturer. *Journal of Endodontics* 2006; **32**: 649-51.
 26. http://www.dh.gov.uk/prod_consum_dh/groups/dh_digitalassets/@dh/@en/documents/digitalasset/dh_4120905.pdf (accessed May 13, 2016)
 27. Khullar P, Raisingani D, Gupta S, Bishen KA. Evaluation of biological debris on reusable endodontic instruments subjected to different cleaning methods prior to sterilization. *International Journal of Infection Control* 2013; **9**.
 28. Vassef M, Budge C, Poolman T, Jones P, Perrett D, Nayuni N, et al. A quantitative assessment of residual protein levels on dental instruments reprocessed by manual, ultrasonic and automated cleaning methods. *British Dental Journal* 2011; **210**: E14-E14.
 29. Bagg J, Smith AJ, Hurrell D, McHugh S, Irvine G. Pre-sterilisation cleaning of reusable instruments in general dental practice. *British Dental Journal* 2007; **202**: E22.
 30. Ferreira Murgel CA, Walton RE, Rittman B, Pecora JD. A comparison of techniques for cleaning endodontic files after usage: a quantitative scanning electron microscopic study. *Journal of Endodontics* 1990; **16**: 214-7.
 31. Linsuwanont P, Parashos P, Messer HH. Cleaning of rotary nickel-titanium endodontic instruments. *International Endodontic Journal* 2004; **37**: 19-28.
 32. Perakaki K, Mellor AC, Qualtrough AJE. Comparison of an ultrasonic cleaner and a washer disinfectant in the cleaning of endodontic files. *Journal of Hospital Infection* 2007; **67**: 355-9.
 33. Assaf M, Mellor AC, Qualtrough AJE. Cleaning endodontic files in a washer disinfectant. *British Dental Journal* 2008; **204**: E17-E17.
 34. Miller CH, Tan CM, Beiswanger MA, Gaines DJ, Setcos JC, Palenik CJ. Cleaning dental instruments: measuring the effectiveness of an instrument washer/disinfectant. *American Journal of Dentistry* 2000; **13**: 39-43.
 35. Smith A, Creanor S, Hurrell D, Bagg J, McCowan M. Management of infection control in dental practice. *Journal of Hospital Infection* 2009; **71**: 353-8.
 36. Macquigneau L. Le concept de l'instrument unique en endodontie. 50p. Thèse d'exercice : Université de Nantes : 2014.
 37. Pecqueur P. Instrumentation unique : une nouvelle ère endodontique ?. 65p. Thèse d'exercice : Université Toulouse III - Paul Sabatier : 2012.
 38. http://micro-mega.com/wp-content/uploads/2012/10/brochure_OneShapeNG_FR1_v2.pdf (accessed June 9, 2016)

39. Boyer M. La mise en forme canalaire : le point en 2015. Thèse d'exercice : Université Toulouse III - Paul Sabatier : 2015.
40. <http://www.dentsply.fr/export/sites/default/.content/datas/technical-supports/DFU-Modes-d-emploi/dfu-reciproc.pdf> (accessed June 9, 2016)
41. http://www.vdw-dental.com/fileadmin/redaktion/downloads/produkte/en/en-reciproc-anwender_a5_rev6.pdf (accessed June 9, 2016)
42. Webber J, Machtou P, Pertot W, Kuttler S, Ruddle C, West J, et al. The WaveOne single-file reciprocating system. *Roots* 2011; **1**: 28-33.
43. https://www.kometusa.com/~media/KUSA/Brochure/411288V1_BRO_US_F360_pdf.pdf (accessed June 9, 2016)
44. http://cms.kometdental.de/fileadmin/user_upload/presse/Revue_de_Presse/Septembre_2015/Quiz_Anne_Claire.pdf (accessed June 10, 2016)
45. http://cms.kometdental.de/fileadmin/_migrated/media/413124_KF_F6_SkyTaper.pdf (accessed June 10, 2016)
46. Luzi A, Forner L, Almenar A, Llena C. Microstructure alterations of rotary files after multiple simulated operative procedures. *Medicina Oral Patologia Oral Y Cirurgia Bucal* 2010; **15**: e658-662.
47. Eble A. Prévenir et traiter la fracture des instruments endodontiques en NiTi (Nickel-Titane). *Actualités Odonto-Stomatologiques* 2012; **258**: 151-60.
48. Nair AS, Tilakchand M, Naik BD. The effect of multiple autoclave cycles on the surface of rotary nickel-titanium endodontic files: An in vitro atomic force microscopy investigation. *Journal of Conservative Dentistry* 2015; **18**: 218-22.
49. Valois CRA, Silva LP, Azevedo RB. Multiple autoclave cycles affect the surface of rotary nickel-titanium files: an atomic force microscopy study. *Journal of Endodontics* 2008; **34**: 859-62.
50. Dagna A, Arciola CR, Visai L, Selan L, Colombo M, Bianchi S, et al. Antibacterial efficacy of conventional and single-use Ni-Ti endodontic instruments: an in vitro microbiological evaluation. *The International Journal of Artificial Organs* 2012; **35**: 826-31.
51. Bürklein S, Hinschitzka K, Dammaschke T, Schäfer E. Shaping ability and cleaning effectiveness of two single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth: Reciproc and WaveOne versus Mtwo and ProTaper. *International Endodontic Journal* 2012; **45**: 449-61.
52. Basmaci F, Oztan MD, Kiyani M. Ex vivo evaluation of various instrumentation techniques and irrigants in reducing *E. faecalis* within root canals. *International Endodontic Journal* 2013; **46**: 823-30.
53. Bane K, Faye B, Sarr M, Niang SO, Ndiaye D, Machtou P. Root canal shaping by single-file systems and rotary instruments: a laboratory study. *Iranian Endodontic Journal* 2015; **10**: 135-9.
54. Nazari Moghadam K, Shahab S, Rostami G. Canal transportation and centering ability of twisted file and reciproc: a cone-beam computed tomography assessment. *Iranian Endodontic Journal* 2014; **9**: 174-9.
55. Shao T, Hou X, Hou B. Comparison of the shaping ability of reciprocating instruments in simulated S-shaped canals. *Chinese Journal of Stomatology* 2014; **49**: 279-83.
56. Bürklein S, Benten S, Schäfer E. Shaping ability of different single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth. *International Endodontic Journal* 2013; **46**: 590-7.
57. Bürklein S, Schäfer E. Apically extruded debris with reciprocating single-file and full-sequence rotary instrumentation systems. *Journal of Endodontics* 2012; **38**: 850-2.

58. Benjamin Raspaud. Étude comparative de la préparation des canaux courbes sur dents extraites à l'aide de 3 systèmes : protaper universal, oneshape et waveone. Surgery. 2013. <dumas-00909056>
59. Uzun I, Güler B, Özyürek T, Tunc T. Apical extrusion of debris using reciprocating files and rotary instrumentation systems. *Nigerian Journal of Clinical Practice* 2016; **19**: 71-5.
60. <http://www.henryschein.fr/> (accessed November 13, 2016)
61. <http://www.megadental.fr/> (accessed November 13, 2016)
62. <http://cms.kometdental.de/index.php?id=5243&L=3> (accessed November 21, 2016)
63. Vallaeys K, Georgelin-Gurgel M, Diemer F. Evaluation du coût moyen d'un traitement endodontique de molaires en exercice libéral. *Le Chirurgien-Dentiste de France* 2008; **1367**: 57-72.
64. <http://www.cnsd.fr/exercice-a-cabinet/salaries/salaires-et-cotisations/89-nouvelle-grille-des-salaires-au-1er-janvier-2016> (accessed November 21, 2016)
65. https://www.legifrance.gouv.fr/download_code_pdf.do?cidTexte=KALITEXT000005649090&pdf=KALITEXT000005649090 (accessed November 21, 2016)
66. http://dentsply.fr/export/sites/default/.content/datas/technical-supports/DFU-Modes-d-emploi/PROTAPER_GOLD_0216_DFU_FR.pdf (accessed November 29, 2016)

LES INSTRUMENTS ENDODONTIQUES NICKEL-TITANE : STERILISATION VS USAGE UNIQUE

RESUME EN FRANÇAIS :

Depuis l'introduction du nickel-titane en endodontie, de nombreuses séquences instrumentales ont vu le jour. Ces dernières années, les fabricants tendent à simplifier la réalisation d'un traitement endodontique en réduisant le temps requis pour la mise en forme et la stérilisation, tout en respectant le cahier des charges d'un tel acte avec des instruments à usage unique.

Ce travail compare les instruments endodontiques nickel-titane à usage unique et les instruments réutilisables afin d'analyser l'apport d'un tel concept. Notre étude s'est ensuite portée sur les considérations médico-économiques de l'utilisation d'instruments à usage unique en estimant et comparant les coûts d'utilisation de Reciproc® et Protaper Gold®.

TITRE ET RESUME EN ANGLAIS :

NICKEL-TITANIUM ENDODONTIC FILES : STERILIZATION VS SINGLE-USE

Since the advent of nickel-titanium into endodontics, many instrumental sequences have emerged. In recent years, manufacturers have tended to simplify endodontic treatment by reducing the time required for shaping and sterilizing, while respecting the specifications of such an act with single-use files.

This work compared nickel-titanium endodontic files and reusable files in order to assess the contribution of such a concept. Our study then focused on the medico-economic considerations of the single-use of files and consisted in estimating and comparing the costs of using Reciproc® and Protaper Gold®.

DISCIPLINE ADMINISTRATIVE : Chirurgie dentaire

MOTS CLES : Usage unique, Instrumentation unique, Mise en forme, Stérilisation, Coût.

INTITULE ET ADRESSE DE L'UFR :

Université Toulouse III – Paul Sabatier – Faculté de chirurgie dentaire
3 chemin des Maraîchers
31062 Toulouse Cedex

DIRECTEUR DE THESE : Professeur Franck DIEMER