

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ SAAD DAHLAB-BLIDA

N°



FACULTÉ DE MÉDECINE DE BLIDA  
DÉPARTEMENT DE MÉDECINE DENTAIRE

Mémoire de fin d'étude pour  
l'obtention du  
DIPLOME DE DOCTEUR EN MÉDECINE DENTAIRE  
INTITULÉ

**LA PREPARATION CANALAIRE MECANISEE : ROTATION CONTINUE OU  
MOUVEMENT DE RECIPROCITE**

Présenté et soutenu publiquement le :

13 / 09 / 2017

Par

Abderrezak Zohra

Ben Attia Sihem Saadia

Guenou Rania

et

Hedjerci kheira

**Promotrice : Pr. Zahia HADJI-OULD ROUIS**

Jury composé de :

**Présidente : Dr CHARIF**

**Examineur : Dr SAHI**

# **REMMERCIMENTS**

*A Madame la professeure Zahia HADJI-OULD ROUIS*

*Chère professeur, nous vous remercions d'avoir accepté de nous encadrer et de nous conseiller dans l'élaboration de ce travail.*

*En faisant appel à vous, nous pouvions compter sur votre bonne humeur, votre implication et votre dynamisme dont vous avez été l'inspirateur et la principale référence.*

*Nous vous remercions pour le temps et l'énergie que vous avez donné pour la réalisation de ce mémoire de fin d'étude.*

*Acceptez par ces quelques mots l'expression de notre sympathie et de notre profonde gratitude...*

*Sincèrement, mille merci.*

*A Monsieur le Professeur Hamid BOUKAIS*

*Nous vous remercions de nous faire le plaisir de votre présence durant notre cursus.*

*Nous sommes très heureux de pouvoir vous témoigner notre reconnaissance pour votre disponibilité, votre gentillesse et la qualité de votre enseignement dont nous garderons un excellent souvenir. Sincèrement, Vos compétences professionnelles, vos qualités humaines, votre dynamisme et la passion avec laquelle vous exercez votre métier sont un exemple à suivre pour nous tous.*

*A Madame le Docteur CHARIF*

*Nous vous remercions d'avoir accepté de participer à notre jury. Votre gentillesse, votre disponibilité et vos conseils avisés nous ont accompagné durant ces années de pratique. Veuillez trouver ici le témoignage de nos remerciements sincères et de notre plus profond respect.*

*A Monsieur le Docteur SAHI*

*Pour nous avoir fait l'honneur d'accepter de faire partie de notre jury. Pour vos enseignements, votre disponibilité, votre douceur et gentillesse. Veuillez trouver ici le témoignage de nos remerciements sincères et de nos plus profonds respects.*

*C'est avec profonde gratitude et sincères mots, que je dédie ce modeste travail de fin d'étude :*

***A mes chers parents**, qui ont consacré leurs existences à bâtir la mienne, pour leur soutien et leur patience, pour tout ce qu'ils ont fait pour que je puisse arriver à ce stade.*

*J'espère qu'un jour, je pourrai leurs rendre un peu de ce qu'ils ont fait pour moi, que Dieu leur prête bonheur et longue vie... merci **ma mère**... merci **mon père**... Merci et mille mercis*

***A mes chers frères : Mustapha, Tahar Dhiyaa Eddine** et ma très chère sœur **Loubna** pour leur soutien et leurs conseils précieux tout au long de mes études.*

*Une spéciale dédicace à mes très chères amies **Dr Antar Asmaa** et **Dr Rabhi Rabia** :*

*Après les six ans qu'on a passé ensemble nous sommes déjà arrivés au bout de la route... notre chemin n'était pas si facile mais nous sommes arrivés ensemble... nous avons évoluée ensemble et nous avons connu des hauts et des bas toujours ensemble...*

*Merci pour votre soutien inconditionnel.*

*Merci pour tous les moments qu'on a passé ensemble.*

*Merci pour le bonheur passé, présent et futur.*

*Merci pour cette véritable amitié qui nous a toujours unis.*

***A Dr Abderrezak Zohra, Dr Ben Attia Sihem** et **Dr Hederjeci Kheira**, mes consœurs qui ont donné à fond dans ce travail... je vous souhaite tous le succès et le bonheur.*

***A Dr Helifa Tahar** : pour votre soutien tout au long de mon cursus, merci de m'avoir fait confiance.*

***Guenou Rania***

***Par la grâce d'Allah le tout puissant miséricordieux***

*Je dédie ce travail à :*

***Mon père:*** Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous. Si je suis là, c'est grâce à ton soutien et ta présence tout au long de mes études. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Je tenais à vous remercier tout particulièrement pour tout le savoir et les compétences que tu m'as transmis  
*Et J'espère être toujours à la hauteur de vos attentes.*

***Ma mère:*** Aussi pour vous, aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites, pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner. Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études et pour toute ma vie, de mon profond amour, un grand merci.

***Mes sœurs et mes frères :*** surtout ***Rekia et Youness.***

***Mon oncle B.Kamal:*** Vous avez toujours été présents pour les bons conseils. Votre affection et votre soutien m'ont été d'un grand secours dans ma vie professionnelle et personnelle. Veuillez trouver dans ce modeste travail ma reconnaissance pour vous.

***Mes amies: Aicha, Sihem, Belkiss, Afaf*** Pour votre sens de l'humour, et toutes les soirées que nous avons partagées durant nos études universitaire, et qui resteront gravées dans nos mémoires.

*Mes consœurs et mes collègues **Guenou Rania , Ben Attia Sihem Saadia et Abderrezak Zohra** , je ne peux trouver les mots justes et sincères pour vous exprimer mon affection et mes pensées, vous êtes pour moi de sœurs et des amis sur qui je peux compter.  
En témoignage de l'amitié qui nous uni, des souvenirs et de tous les moments de travail que nous avons passé ensemble, je vous remercie pour la patience et de la coopération et des efforts fournis pour ce travail  
Je vous souhaite un avenir plein de joie, de bonheur, de réussite et de sérénité.*

*Et sans oublier la plus personne allègre **G.kadi** : pour ton soutien moral, ta gentillesse et ta présence. Je garderai toujours tes mots, tes conseils et surtout tes blagues dans mon profond.  
Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.*

*Et enfin, tous mes remerciements les plus sincères à toutes les personnes qui nous auront aidé à l'élaboration de ce mémoire.*

***Hedjerci Kheira***

✿ Je dédie cette mémoire à ... ✍

**A ma très chère mère**

*Affable, honorable, aimable : Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi.*

*Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études.*

*Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner depuis ma naissance, durant mon enfance et même à l'âge adulte.*

*Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études.*

*Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.*

**A la mémoire de mon Père**

*Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous.*

*Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être.*

*Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation.*

***A ma très chère sœur Feirouze, son mari Ali, leurs filles, leur petit fils et mes très chères sœurs Achouak et Ahlem.***

*En témoignage de l'attachement, de l'amour et de l'affection que je porte pour vous.*

*Malgré la distance, vous êtes toujours dans mon cœur. Je vous remercie pour votre hospitalité sans égal et votre affection si sincère.*

*Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.*

**A mes très chers frères Noureddine et khalil.**

*Mes chers frères présents dans tous mes moments d'examens par son soutien moral et ses belles surprises sucrées.*

*Je vous souhaite un avenir plein de joie, de bonheur, de réussite et de sérénité.*

*Je vous exprime à travers ce travail mes sentiments de fraternité et d'amour.*

***A mes oncles et mes tantes, mes cousins et mes cousines.***

*Pour votre présence et vos encouragements.*

**A tous mes amis.**

*Pour votre sens de l'humour, et toutes les soirées que nous avons partagées durant nos études, et qui resteront gravées dans nos mémoires.*

***A mes consœurs et mes collègues Guenou Rania, Ben Attia Sihem Saadia et Hedjerci Kheira.***

**Abderrezak Zohra**

*Je remercie*

*Dieu le tout Puissant. Loué soit-il de m'avoir donné la vie, la santé et les moyens de mener à terme mes études.*

*Je dédie ce travail*

***A mes parents :***

*Combien long a été ce chemin, dont j'atteins le but aujourd'hui, grâce à vos prières, votre patience et vos sacrifices qui ont été pour moi le plus précieux des soutiens.*

*Je ne trouverai jamais assez de mots pour vous exprimer tout mon amour, ma reconnaissance et ma profonde gratitude pour les sacrifices ressentis.*

*Que ce travail soit pour vous la récompense de vos efforts.*

*Je prie Allah le tout puissant pour qu'il vous accorde longue vie.*

*« Seigneur, comble- les de ta miséricorde comme île le firent pour moi lorsqu'ils m'élevèrent tout petit ». Amen ! (sourate, verset 24).*

***A mes frères :*** Noredine, AbdelRahmene, Mohamed et AbdelAzize.

***A ma sœur :*** Imane.

***A toute ma famille.***

***A mon amie et ma sœur :*** Belkis.

***A Kheira, Rania et Zohra :***

*Mon quadrinôme. Je vous souhaite beaucoup de bonheur et une belle réussite professionnelle.*

***A tous mes amis et confrères.***

***Ben Attia Sihem Saadia***

# **Table des matières**

## Table des matières

<b>1. INTRODUCTION</b> .....	01
<b>2. RAPPELS SUR L'ANATOMIE ENDODONTIQUE</b> .....	03
2.1. Anatomie de l'endodonte.....	03
2.1.1. La configuration commune du réseau canalaire.....	04
2.1.1.1. Définitions.....	04
2.1.1.2. Les multiples portes de sorties endodontiques.....	04
2.1.1.3. L'isthme.....	05
2.1.1.4. La région apicale.....	06
2.1.1.5. Classification des canaux endodontiques.....	07
2.1.2. L'anatomie canalaire de chaque dent.....	08
2.2. Les spécificités du réseau canalaire.....	09
2.2.1. La courbure corono-radriculaire.....	09
2.2.2. La courbure apicale.....	09
2.2.3. Le canal en forme de C ou C shaped canal.....	09
2.2.4. Le canal en forme de Baïonnette.....	09
2.2.5. Les canaux en forme de faucille.....	09
<b>3. GENERALITES SUR LE TRAITEMENT ENDODONTIQUE</b> .....	10
3.1. Définition.....	10
3.2. Indications.....	10
3.3. Les étapes préliminaires du traitement endodontique.....	10
3.3.1. La radiographie.....	10
3.3.1.1. La radiographie pré-opératoire.....	10
3.3.1.2. La radiographie per-opératoire.....	11
3.3.1.3. La radiographie post-opératoire.....	11
3.3.2. Le champ opératoire.....	12
3.3.3. La cavité d'accès.....	14
3.3.3.1. Définition.....	14
3.3.3.2. La technique de réalisation de la cavité d'accès.....	14
3.3.3.3. Description des cavités d'accès dent par dent.....	15
3.3.4. La localisation des orifices canaux.....	17
3.3.5. Le cathétérisme.....	18
3.3.5.1. La technique manuelle.....	18
3.3.6. La longueur de travail.....	18
3.3.6.1. Définition.....	18
3.3.6.2. Les techniques de détermination de la longueur de travail.....	19
<b>4. LA PREPARATION CHIMIO-MECANIQUE DES CANAUX RADICULAIRES</b> ...	21
4.1. La préparation chimique des canaux radiculaires.....	21
4.1.1. Les critères d'une solution d'irrigation idéale.....	21
4.1.2. Les différentes solutions d'irrigation.....	22
4.2. La préparation mécanique des canaux radiculaires ( <i>la mise en forme canalaire</i> ).....	23
4.2.1. Définition.....	23

4.2.2.	Objectifs de la mise en forme canalaire.....	23
4.2.2.1.	Objectifs biologiques.....	23
4.2.2.2.	Objectifs mécaniques.....	23
4.2.3.	Evolution des concepts de la préparation canalaire.....	24
<b>5.</b>	<b>L'INSTRUMENTATION DE LA PREPARATION CANALAIRE.....</b>	<b>26</b>
5.1.	Les caractères généraux de l'instrument endodontique pour la mise en forme canalaire..	26
5.1.1.	Définitions.....	26
5.2.	Les instruments en acier inoxydable.....	29
5.2.1.	Définition de l'alliage.....	29
5.2.2.	Les normes ISO (international standardisation organisation).....	29
5.2.3.	Instrumentation manuelle en acier inoxydable.....	30
5.2.4.	Instrumentation mécanisée en acier inoxydable.....	30
5.3.	Les instruments en Nickel-Titane.....	31
5.3.1.	Définition de l'alliage.....	31
5.3.2.	Introduction du Nickel-Titane en endodontie.....	31
5.3.3.	Les propriétés de l'alliage Nickel-Titane NiTi.....	31
5.3.4.	Les instruments manuels en NiTi.....	33
5.3.5.	Les instruments mécanisés en NiTi.....	34
5.3.5.1.	Les instruments en NiTi à plusieurs séquences.....	34
5.3.5.2.	Les instruments uniques en NiTi.....	34
5.4.	Les limites et les inconvénients des instruments de la mise en forme canalaire.....	34
5.4.1.	Les inconvénients des instruments en acier inoxydable.....	34
5.4.2.	Les inconvénients des instruments en Nickel-Titane.....	37
5.5.	Etude comparative entre l'acier inoxydable et le Nickel-Titane selon la littérature.....	38
<b>6.</b>	<b>LES NOUVEAUX CONCEPTS DE LA PREPARATION CANALAIRE MECANISEE :</b>	
	<b>ROTATION CONTINUE ET MOUVEMENT DE RECIPROCITE.....</b>	<b>40</b>
6.1.	La mise en forme canalaire en Rotation continue.....	40
6.1.1.	Définition et principe.....	40
6.1.2.	La technique de la préparation corono-radulaire (Crown-Down).....	41
6.1.2.1.	Définition.....	41
6.1.2.2.	Les avantages biologique de la technique Crown-Down.....	41
6.1.2.3.	Les avantages clinique de la technique Crown-Down.....	41
6.1.2.4.	La technique de réalisation.....	42
6.1.3.	L'instrumentation en Rotation Continue.....	43
6.1.3.1.	Les différents systèmes de la préparation canalaire séquentielle les plus utilisée en Rotation continue.....	43
6.1.3.2.	Les différents systèmes de la préparation canalaire mono-instrumentale en Rotation continue.....	51
6.1.3.3.	Tableau présente les différentes caractéristiques des différents systèmes en Rotation Continue.....	53
6.2.	La mise en forme canalaire en mouvement de Réciprocité.....	55
6.2.1.	Définition.....	55
6.2.2.	Principe d'utilisation.....	55

6.2.3.	L'instrumentation en mouvement de Réciprocité.....	57
6.2.3.1.	Les caractéristiques communes.....	57
6.2.3.2.	Les différents systèmes en mouvement de Réciprocité.....	58
6.3.	Le matériel dynamique nécessaire pour la préparation canalaire mécanisée.....	61
6.3.1.	Les contre-angles et les moteurs en Rotation continue.....	61
6.3.2.	Les moteurs en mouvement de réciprocité.....	63
<b>7.</b>	<b>LES PROTOCOLES OPERATOIRE DE QUELQUE SYSTEMES DE PREPARATION CANALAIRE MECANISEE.....</b>	<b>64</b>
7.1.	Les règles généraux pour l'utilisation des systèmes en Rotation continue.....	64
7.1.1.	Mise en forme canalaire en Rotation continue avec le système Protaper® -Protocole opératoire-.....	64
7.1.2.	Mise en forme canalaire en Rotation continue avec le système mono-instrumentale le One shape® -Protocole opératoire-.....	70
7.2.	Mise en forme canalaire en mouvement de Réciprocité avec le système Wave one® - Protocole opératoire-.....	72
<b>8.</b>	<b>DISSCUSSION.....</b>	<b>74</b>
<b>9.</b>	<b>RECOMMENDATIONS.....</b>	<b>80</b>
<b>10.</b>	<b>PERSPECTIVES.....</b>	<b>84</b>
<b>11.</b>	<b>CONCLUSION.....</b>	<b>86</b>
	<b>REFERANCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>88</b>

# **Abréviations**

## Liste des Abréviations

Abréviation	Explication
CLONa	Chlorure de Sodium
EDTA	Acide Ethylène Diamine Tétra Acétique
Fig	Figure
ISO	International Standardisation Organisation
LIPOE	Lésion Inflammatoire Périapical d'Origine Endodontique
LT	Longueur de travail
MI	Millilitre
Mm	Millimètre
NiTi	Nickel Titanuim
n°	Numéro
PTN	ProTaper® Next

# **INTRODUCTION**

## 1. Introduction

L'endodontie concerne la prévention, le diagnostic et le traitement des maladies de la pulpe et des complications péri-radicales associées. A la fois fascinante et redoutée par le praticien généraliste, elle demeure une discipline majeure de l'odontologie, indispensable et irremplaçable <sup>[1]</sup>, sans laquelle les autres disciplines, surtout la prothèse et la parodontologie, ne pourraient être mise en œuvre.

Le succès d'un traitement endodontique dépend d'une bonne mise en forme canalaire, un nettoyage rigoureux et un scellement tridimensionnel du réseau canalaire.

Les problèmes et les difficultés décrites par les praticiens en pratique quotidienne font le sujet des études énormes, et par conséquent des progrès majeurs en endodontie. Cherchant des méthodes efficaces et rapides, Les concepts utilisés pour un bon nettoyage et une bonne mise en forme canalaire, ne cessent d'évoluer mais les objectifs bien codifiés restent inchangés.

Pour J.J LASFRAGUE : « *L'endodontie contemporaine est en train de réussir un mariage fécond entre la biologie et la technologie, lui conférant l'attrait de la modernité et lui garantissant un avenir certain.* »<sup>[1]</sup>.

Il existe actuellement une multitude de systèmes sur le marché pour atteindre au mieux les objectifs biologiques et mécaniques du traitement canalaire, toutefois, il n'existe pas à ce jour de système idéal.

Nous avons choisi de nous intéresser à deux techniques de mise en forme endodontique : LA ROTATION CONTINUE ET LE MOUVEMENT DE RECIPROCITE.

Nous débuterons par un rappel sur l'anatomie endodontique, la spécificité du réseau canalaire, des généralités sur le traitement endodontique, puis nous poursuivrons par une description des systèmes et enfin nous terminerons par une comparaison entre la rotation continue et le mouvement de réciprocity.

## 2. RAPPELS SUR L'ANATOMIE ENDODONTIQUE

### 2.1. Anatomie de l'endodonte

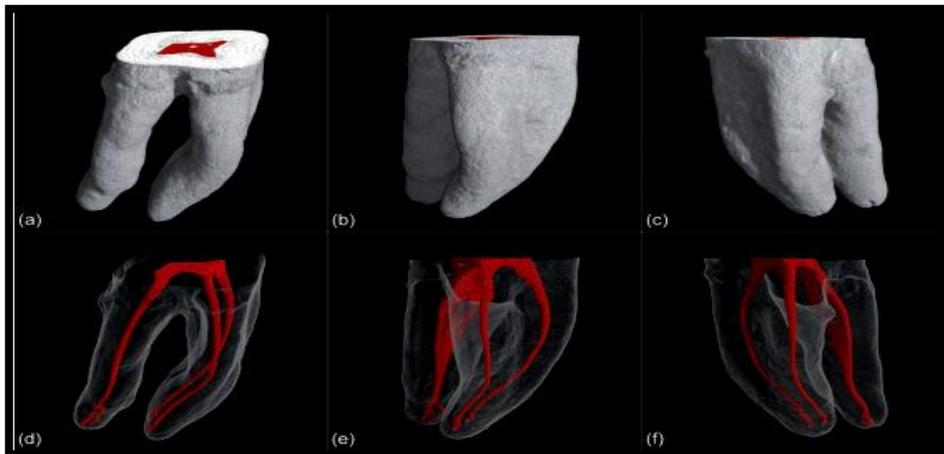
Les caractéristiques spécifiques et la complexité de l'anatomie interne des dents, ont été étudiées de manière approfondie, en utilisant une réplique sur des milliers de dents, Hess démontre dès 1917 que l'espace interne de l'appareil dentaire radulaire est souvent un système complexe (Fig 01) [2].



**Fig 01** : La complexité de réseaux canalaire [3].

Une compréhension claire de l'anatomie de la pulpe est essentielle si, nettoyer, façonner et obturer efficacement l'espace pulpaire doit être atteint [4].

Plus récemment la MICRO TOMOGRAPHIE (Fig 02) assistée par ORDINATEUR (micro CT) a fournie une visualisation détaillée en 3D de l'anatomie interne et externe de la dent.



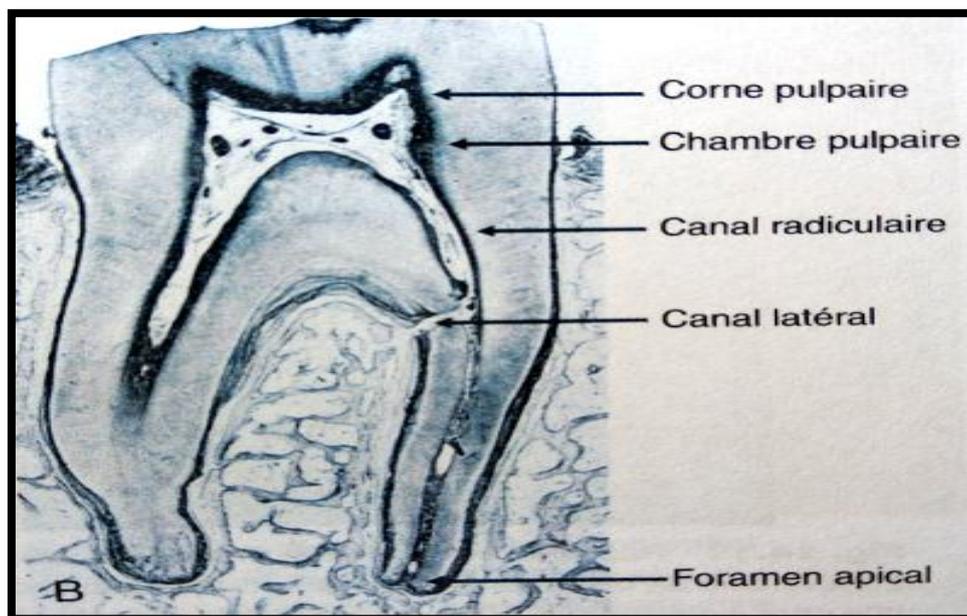
**Fig 02** : Une micro tomographie assisté par ordinateur (micro CT) d'une première molaire inférieur  
a b c visualisation de la surface radulaire.  
d e f visualisations détaillée de système canalaire [2].

## 2.1.1. La configuration commune du réseau canalaire

### 2.1.1.1. Définitions

**L'Endodonte** : La cavité pulpaire est située dans la partie centrale de la dent contenant les nerfs et les vaisseaux sanguins. Elle est composée de deux parties :

- La chambre pulpaire : qui est la partie la plus occlusale ou incisive de la cavité pulpaire. Celle-ci est délimité par un *toit* qui est le bord incisif ou occlusale présentant des projections appelées les cornes pulpaires. La chambre pulpaire d'une pluriradiculée dispose d'un *plancher* situé dans la partie cervicale, accompagné d'un orifice d'ouverture pour chaque canal radiculaire (Fig 03).
- Les canaux radiculaires : ce sont la partie pulpaire localisée dans la ou les racines d'une dent. Les canaux radiculaires sont reliés à la chambre pulpaire au niveau des orifices canalaire situés sur le plancher, et sortent via un foramen apical (foramina au pluriel) <sup>[5]</sup> (Fig 03).



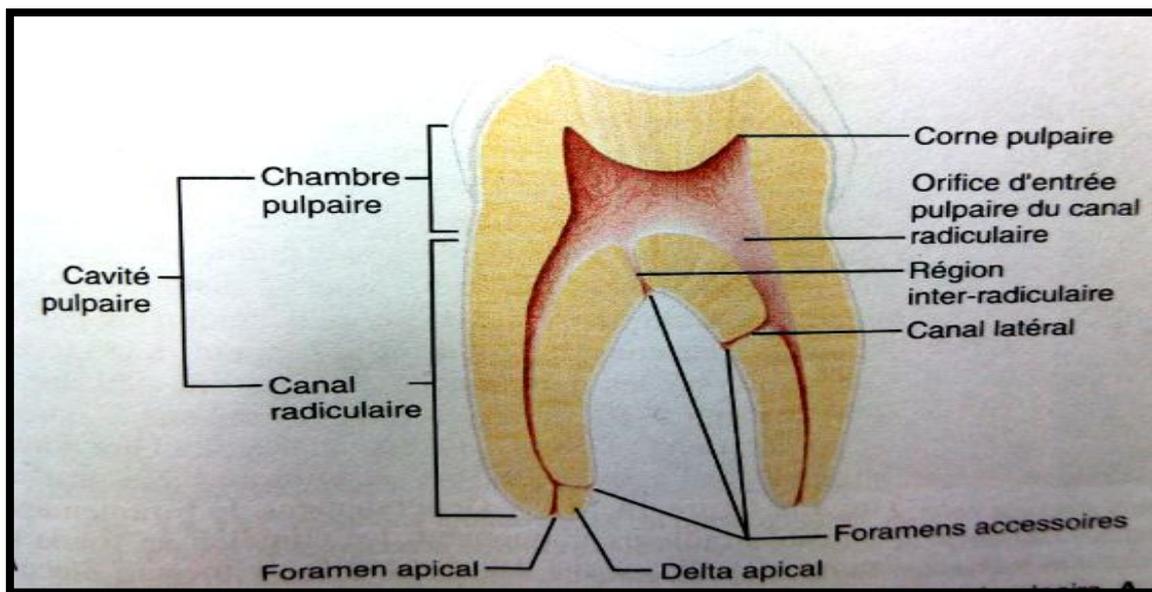
**Fig 03** : Les composants anatomiques principaux de la cavité pulpaire <sup>[8]</sup>.

### 2.1.1.2. Les multiples portes de sortie endodontiques

De DEUS en 1975 définit les différentes portes de sortie endodontiques vers le desmodonte suivant la topographie qu'elles occupent le long de la racine.

- Le canal principal : La chambre pulpaire se prolonge dans la racine à travers le canal principal qui contient la majeure partie du tissu conjonctif pulpaire au sein de la racine.
- Le canal latéral : Le canal latéral est une émanation du canal principal mettant en communication l'endodonte avec le desmodonte au niveau des deux tiers coronaires de la racine. Son axe est souvent perpendiculaire à l'axe du canal principal (Fig 03 et 04).
- Le canal secondaire : Le canal secondaire naît à partir du canal principal au niveau du tiers apical de celui-ci. Son axe est plutôt oblique par rapport à celui du canal principal.
- Le canal accessoire : Le canal accessoire est une branche latérale du canal secondaire <sup>[6]</sup> (Fig 04).

- Le delta apical : L'apex constitue la principale interface entre l'endodonte et le parodonte. Le canal principal peut devenir dans ses 3 millimètres apicaux :
  - un foramen apical unique.
  - deux foramina apicaux.
  - trois foramina apicaux ou plus : on emploie alors le terme de delta apical. Ce dernier désigne plus communément un réseau de fins canalicules secondaires et accessoires émanant du canal principal dans sa partie apicale, en direction du parodonte et formant un entonnoir pouvant être assimilé au delta du Nil<sup>[7]</sup> (Fig 04).



**Fig 04** : Les composants anatomiques principaux de la cavité pulpaire<sup>[8]</sup>.

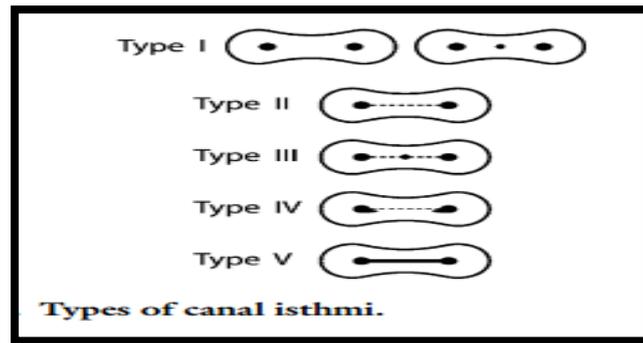
### 2.1.1.3. Isthme

Cambruzzi et Marshall ont appelé une connexion intercanalaire ou une anastomose transversale un « isthme » et ont souligné l'importance de le préparer et de le remplir pendant l'obturation.

Un isthme est une étroite communication en forme de ruban entre deux canaux radiculaires qui contiennent la pulpe ou le tissu dérivé pulpaire. Il peut également fonctionner comme réservoir bactérien. N'importe quelle racine qui contient deux canaux radiculaires ou plus a le potentiel de contenir un isthme.

HSU et KIM ont identifié cinq types d'isthmes<sup>[3]</sup> (Fig 05) :

- Type I : deux ou trois canaux sans communication.
- Type II : deux canaux avec une connexion définie entre eux.
- Type III : trois canaux avec une connexion définie entre eux.
- Type IV : elle est semblable au type 2 ou type 3 avec des canaux s'étendant à l'isthme.
- Type V : est une vraie connexion à travers la section de la racine<sup>[3]</sup>.

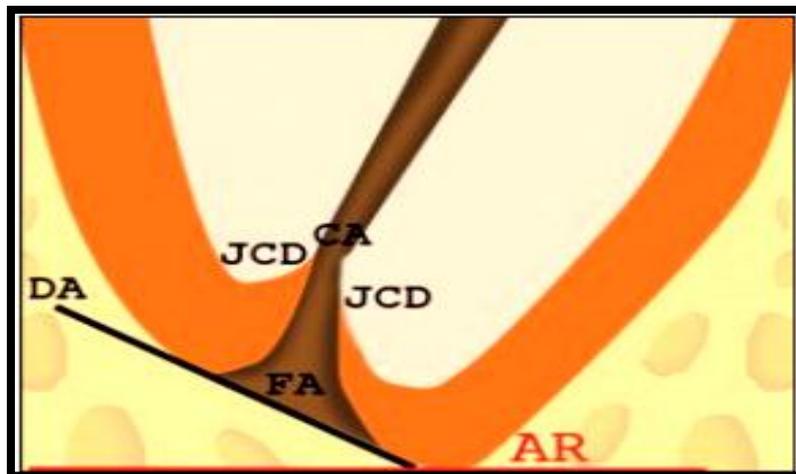


**Fig 05:** Les types des isthmes [9].

#### 2.1.1.4. La région apicale

**Anatomie apicale :** Plusieurs structures anatomiques sont identifiables dans la zone apicale de la racine (Fig6) d'après Kuttler en 1955:

- la constriction apicale : point le plus étroit apicalement, qui définit deux structures triangulaires opposées à ce point qui en constitue leur sommet ce sont :
  - **la jonction cémento-dentinaire**, identifiable histologiquement seulement, qui est de hauteur très variable d'une dent à l'autre, voire même sur les parois d'une même racine, où est parfois détruis.
  - **le foramen apical**, qui constitue la sortie principale du canal vers le parodonte. Sa situation le positionne dans le parodonte.
- le dôme apical représente le vertex de la dent.
- l'apex radiologique est l'image projetée sur un support radiologique (argentique ou numérique) de la partie la plus apicale de la dent [9].

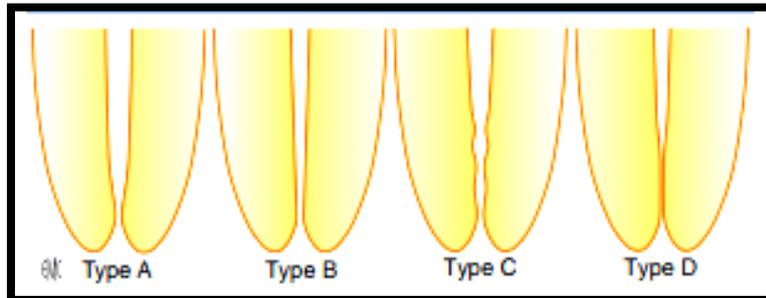


**Fig 06 :** La région apicale **CA** : constriction apicale ; **JCD** : jonction cémento dentinaire  
**FA** : foramen apicale ; **AR** : apex radiologique [9].

Dans leur étude, Dummer et al ont décrit quatre types de constriction apicales (Fig 07) :

- le type A : correspond à la description de Kuttler : il est observé dans 46 % des cas et la distance moyenne constriction-vertex y est de 1,07 mm.
- le type B : correspond à une forme effilée de la constriction, ce qui la rend plus difficile à percevoir. Il représente 30 % des canaux, surtout observé au niveau des incisives mandibulaires.

- le type C : correspond aux constrictions multiples. Elles sont bien évidemment sources d'erreurs. Elles sont rencontrées dans 19 % des canaux observés et la distance constriction-vertex est de 1,08 mm.
- le type D : les constrictions parallèles, ne se rencontre que dans 5 % des cas. Ce sont les canaux dont la constriction s'observe plus en deçà de l'apex (1,14 mm en moyenne) et qui se poursuivent jusqu'au cône cémentaire par une portion étroite et parallèle du canal [10].



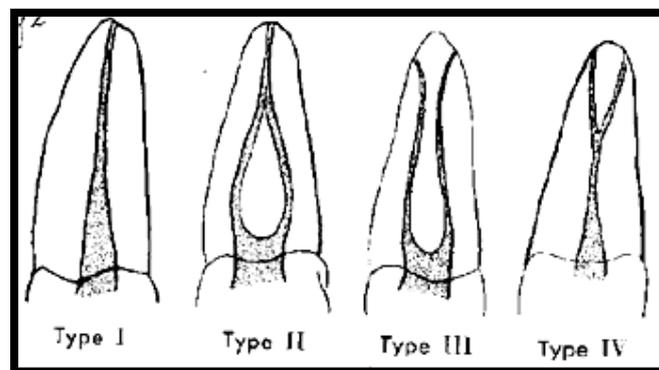
**Fig 07** : Les différents types de la constriction apicale [10].

### 2.1.1.5 Classification des canaux endodontiques

Il existe plusieurs classifications, parmi lesquelles : la classification de WEINE et celle de VERTUCCI.

Weine a proposé une classification de l'anatomie canalaire en 4 types (Fig 08) :

- Type I : un seul canal avec un seul orifice et un seul foramen apical (1-1).
- Type II : deux canaux se rejoignant en un seul canal et présentant une seule sortie foraminale (2-1).
- Type III : deux canaux distincts, de l'entrée canalaire au foramen apical (2-2).
- Type IV : un seul canal qui se divise en deux canaux distincts (2-3) [11].

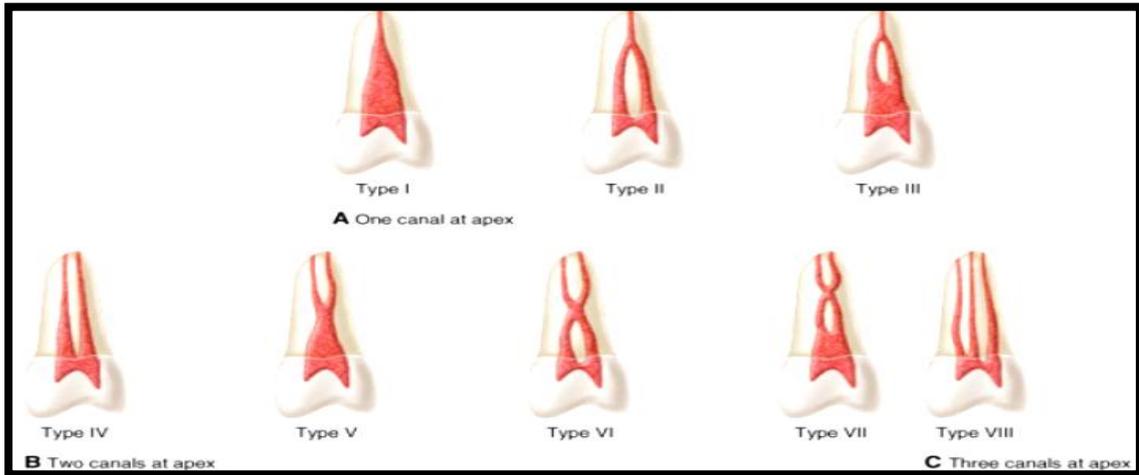


**Fig 08** : L'anatomie canalaire selon Weine [7].

La classification de Vertucci est plus élaborée et prévoit 8 types (Fig 09) :

- Type I : un seul canal avec un seul orifice et un seul foramen apical (1-1).
- Type II : deux canaux se rejoignant en un seul canal et présentant une seule sortie foraminale (2-1).
- Type III : canal unique se divisant en deux dans la partie moyenne, les deux canaux se rejoignent dans le tiers apical (1-2-1).
- Type IV : deux canaux restant distincts jusqu'au tiers apical (2-2).
- Type V : un canal se divise en deux canaux dans le tiers moyen ou apical (1-2).
- Type VI : deux canaux se rejoignent dans le tiers moyen, puis se redivisent dans le tiers apical (2-1-2).
- Type VII : un seul canal se divisant, puis se rejoignant et se divisant à nouveau (1-2-1-2).

- Type VIII : trois canaux restant distincts jusqu'au tiers apical (3-3) [11].



**Fig 09** : L'anatomie canalaire selon Vertucci [12].

### 2.1.2. L'anatomie canalaire de chaque dent :

Il est important de connaître le nombre approximatif des canaux radicaire présent dans chaque dent, le tableau suivant montre le nombre moyen des orifices canalaire présents dans la chambre pulpaire des dents.

	Incisive centrale	Incisive latérale	canine	Première Prémolaire	Seconde Prémolaire	Première molaire	Seconde molaire
<b>Maxillaire</b>	1o.c 100%	1o.c 100%	1o.c 100%	1o.c 15% 2o.c 80% 3o.c 5%	1o.c 60% 2o.c 40%	Racine MV 1o.c 90% 2o.c 10%	Racine MV 1o.c 60% 2o.c 40%
						Racine DV 1o.c 100%	Racine DV 1o.c 100%
						Racine pal 1o.c 100%	Racine pal 1o.c 100%
<b>Mandibulaire</b>	1o.c 90% 2o.c 10%	1o.c 90% 2o.c 10%	1o.c 80% 2o.c 20%	1o.c 98% 2o.c 1.5% 3o.c 0.5%	1o.c 97.5% 2o.c 2.5% (division basse)	Racine Més 1o.c 20% 2o.c 79% 3o.c 1%	Racine Més 1o.c 30% 2o.c 70%
						Racine Dist 1o.c 60% 2o.c 40% Jusqu'à =5%	Racine Dist. 1o.c 95% 2o.c 5%
						Radix Endomolaire	Racine en C Jusqu'à 5%

**Tableau 01** : Le nombre moyen des orifices canalaire présents dans la chambre pulpaire par type de dent et de racine [13][14]

O.C orifice canalaire.

## 2.2. Les spécificité du réseau canalaire

### 2.2.1. La courbure corono-radicaire

Réduit peu à peu le volume pulpaire. Sa mise en place est axiale dans le sens corono-radicaire. Au niveau des molaires, la formation de la dentine camérale se fait de façon préférentielle sur la paroi mésiale. Au cours de la vie pulpaire, l'apposition dentinaire se fait de façon centripète, cette apposition asymétrique de la dentine détermine un angle d'accès oblique au canal et elle est donc à l'origine de la mise en place de la courbure du trajet canalaire [6].

### 2.2.2. La courbure apicale

Le canal radicaire est généralement droit mais au tiers apical, il présente une courbure (Fig 10). On la voit couramment sur les incisives latérales maxillaires et la racine mésiovestibulaire des molaires maxillaires.

### 2.2.3. Le canal en forme de C ou C shaped canal

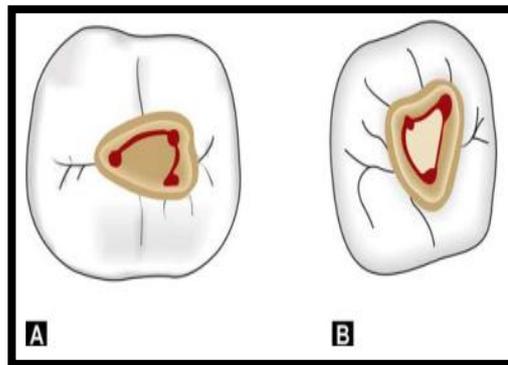
Ce type de canal se trouve habituellement dans les molaires mandibulaires. Il est nommé ainsi à cause de sa morphologie. La chambre pulpaire en C shaped est en forme de Ruban simple avec un arc de 180 degrés ou plus (Fig 11).

### 2.2.4. Le canal en forme de baïonnette:

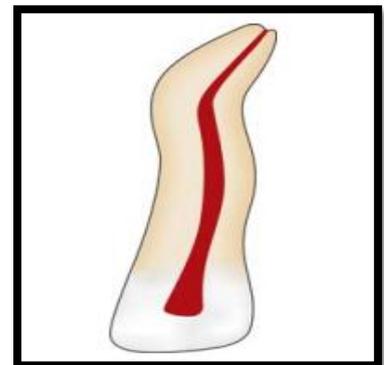
On le voit couramment dans les prémolaires (Fig 12) [15].



**Fig 10** : Courbure apicale [15].



**Fig 11** : Canal en forme de C [15].



**Fig 12** : Canal en forme Baïonnette [15].

### 2.2.5. Les canaux en forme de faucille

Le canal est en forme de faucille. Il est communément observé dans les molaires mandibulaires. La coupe transversale de ce canal présente une forme de ruban [15].

## **3. GENERALITES SUR LE TRAITEMENT ENDODONTIQUE**

### **3.1. Définition**

Le traitement endodontique est une procédure chimiothérapique et biomécanique <sup>[16]</sup> qui s'applique après diagnostic de l'extrémité coronaire à l'extrémité apicale du réseau canalaire <sup>[17]</sup> et qui consiste à éliminer la maladie pulpaire et péri radiculaire <sup>[16]</sup> (parage canalaire), à élargir homothétiquement le canal et à obturer le réseau canalaire <sup>[17]</sup>.

La finalité de tout traitement endodontique est d'assurer le maintien de l'organe dentaire dépulpé dans un état de santé permanent en prévenant l'apparition des lésions péri-apicales ou en les éliminant lorsqu'elles existent <sup>[16]</sup>.

### **3.2. Indications**

- Pulpite irréversible ou pulpe nécrosée avec ou sans signes cliniques et/ou radiographiques de parodontite apicale.
- Pulpe vivante dans les cas suivants :
  - Pronostic défavorable de la vitalité pulpaire.
  - Probabilité élevée d'exposition pulpaire au cours de la restauration coronaire n'autorisant pas le coiffage direct.
  - Amputation radiculaire ou hémisection <sup>[18]</sup>.
- La restauration prothétique.
- Les résorptions internes et externes.
- Les fractures coronaires ou corono-radiculaires compliquées avec atteinte pulpaire, et fractures radiculaires avec complication pulpaire, à condition que les deux fragments soient alignés <sup>[16]</sup>.

### **3.3. Les étapes préliminaires du traitement endodontique :**

#### **3.3.1. La radiographie :**

Le traitement endodontique est le seul en odontologie qui se fait réellement à l'aveugle <sup>[19]</sup>. La radiographie est donc un outil indispensable au diagnostic en endodontie et représente le seul moyen mis à la disposition du praticien pour appréhender l'anatomie interne et radiculaire de la dent, elle ne fournit cependant aucune information direct sur l'état physiopathologique de la pulpe <sup>[20]</sup>. La radiographie est essentielle dans 3 domaines :

- Le diagnostic.
- Le traitement et l'évaluation post opératoire.
- Le suivi <sup>[21]</sup>.

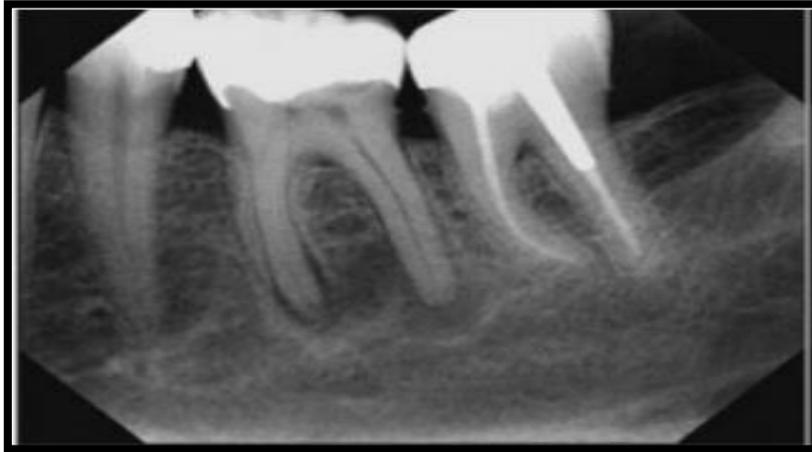
La radiographie de choix en endodontie est la rétro alvéolaire, cependant actuellement le Cône Bean trouve de plus en plus son indication en endodontie car il permet d'apprécier la 3ème dimension.

##### **3.3.1.1. La radiographie pré-opératoire :**

Elle permet d'obtenir des données sur l'anatomie canalaire et sur l'intégrité du parodonte. Elle constitue aussi un élément de référence à l'état antérieur de la dent <sup>[22]</sup>. Elle apporte des renseignements précieux sur les variations anatomiques (canaux coudés, canaux supplémentaires.....), les résorptions (internes ou

externes), les calcifications canalaires, les fractures radiculaires [6], dans le cas d'un retraitement, en plus des renseignements, la radiographie préopératoire (Fig 13) est indispensable pour appréhender la difficulté du cas :

- Evaluer la qualité de l'obturation existante.
- Nature de l'ancrage radiculaire (inlay-core, screw post, tenon en fibre de carbone).
- Présence éventuelle d'instruments fracturés [19].



**Fig 13** : Radiographie préopératoire montrant la lésion de molaire [23].

### 3.3.1.2 La radiographie per-opératoire

Elle permet de contrôler les différentes phases du traitement : estimation et contrôle de la longueur de travail (Fig 14), lime en place, contrôle cône en place avant obturation par condensation de gutta-percha [22].



**Fig 14** : Radiographie per opératoire montrant la détermination Radiographique de la longueur de travail [23].

### 3.3.1.3. La radiographie post-opératoire

Tient une place importante en endodontie, elle reste indispensable pour contrôler immédiatement la valeur des obturations canalaires [24] (Fig 15), et constitue une image de référence pour le suivi de patient [18].



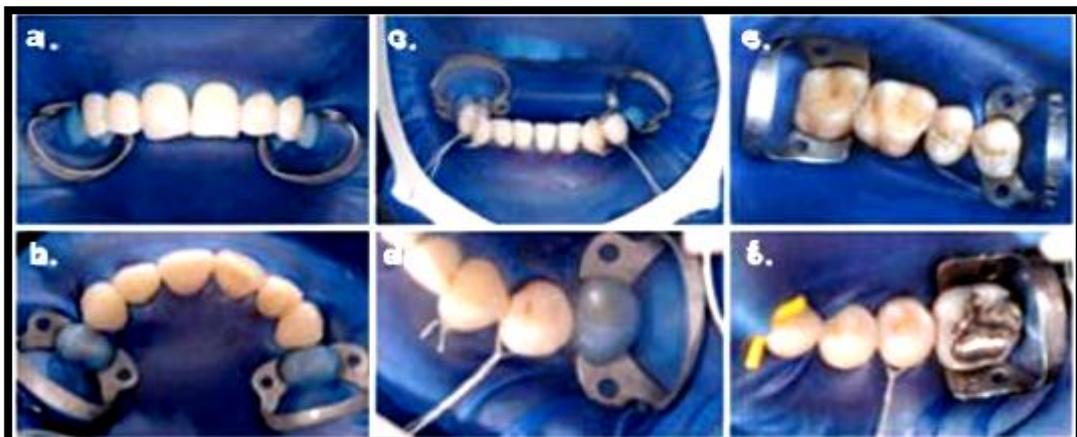
**Fig 15** : Radiographie postopératoire de contrôle de l'obturation [23].



**Fig 16** : Radiographie de contrôle après un an de traitement endodontique [23].

### 3.3.2. Le champ opératoire

L'un des maillons fragiles de la chaîne d'asepsie en endodontie est représenté par la pose d'un champ opératoire étanche [25]. Pour beaucoup de praticiens la mise en place de coton salivaire et une bonne aspiration chirurgicale suffisent pour isoler convenablement le champ opératoire. Néanmoins l'isolation totale de la dent avec la digue (Fig 17) n'a pas d'égale [26].

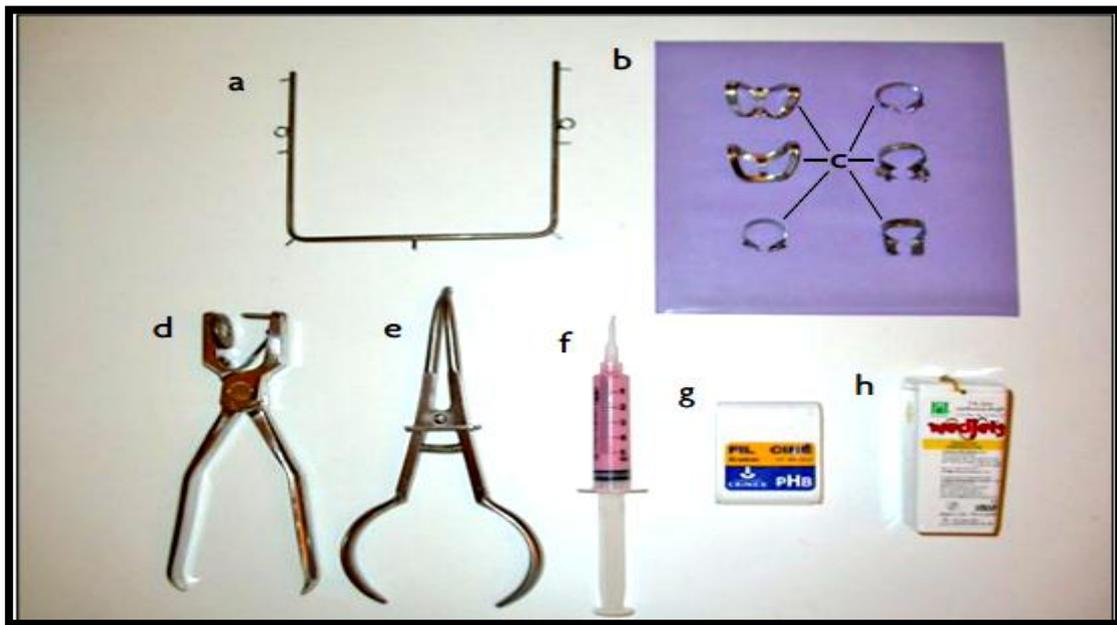


**Fig 17** : Isolation du champ opératoire a b Isolation du bloc incisivo-canin sup c d Isolation du bloc incisivo-canin inférieur e f Isolation des secteurs latéraux [27].

En effet, la digue est le moyen le plus adapté pour isoler la dent de la cavité buccale. Elle favorise ainsi les conditions d'asepsie puisqu'elle met la dent à l'abri de toute contamination salivaire. Elle prévient également les accidents d'inhalation ou d'ingestion des instruments et solutions utilisés, mais aussi des débris engendrés. Enfin, elle facilite le travail du praticien, en augmentant la visibilité et l'accessibilité, et en favorisant l'ouverture constante de la cavité buccale [28].

La digue a été introduite par barnum en 1863, elle est définie comme une feuille mince de latex/non latex, maintenue par un cadre, et perforée par une pince, pour permettre à la dent de faire saillie à travers les perforations, tandis que toutes les autres dents restent recouvertes et protégées par la feuille [29].

- **Les éléments nécessaires pour la pose d'une digue (Fig 18) :**



**Fig 18** : a. Cadre à digue (cadre de Young® métallique). b. Feuille de digue médium.c.Sélection de crampons non exhaustive (colonne de gauche, de haut en bas : Ivory 9, Ivory 212, W1. Colonne de droite, de haut en bas : W8A, Ivory 14, 26 N). d.Pince à perforer. e.Pince à clamp. f.Seringue avec un embout White Mac® (Ultradent) contenant de la crème adhésive utilisée pour améliorer la rétention des prothèses amovibles et permettant un calfatage de la digue. g.Fil inter dentaire ciré. h.Wedjets® [30].



**Fig 19** : La digue en place <sup>[31]</sup>.

### 3.3.3. Cavité d'accès

#### 3.3.3.1. Définition

La cavité d'accès est une étape déterminante du traitement endodontique, et la qualité de sa réalisation conditionne celle des étapes suivantes, à savoir la mise en forme, la désinfection et l'obturation du système endodontique <sup>[26]</sup>. Elle s'effectue à partir de la face occlusale de la dent sur les prémolaires, et molaires, et de la face palatine ou linguale pour les dents du groupe incisivo-canin. Cette voie d'accès est de forme, de position et de taille bien déterminée <sup>[32]</sup>.

Si la cavité est mal préparée, cela peut nuire à l'instrumentation, la désinfection, et donc l'obturation ce qui entrainer un mauvais pronostic du traitement <sup>[33]</sup>. Il s'agit donc de la condition " sine qua non" pour la bonne conduite du traitement endodontique <sup>[6]</sup>. Les buts d'une cavité d'accès idéale sont :

- éliminer complètement le contenu de la chambre pulpaire.
- visualiser toutes les entrées canalaires en respectant le plancher pulpaire.
- permettre l'accès en ligne directe au tiers apical des instruments endodontiques sans interférences avec les parois coronaires, et ceci tant lors de la mise en forme que lors de l'obturation canalair.
- constituer un réservoir pour les solutions d'irrigation.
- procurer une assise convenable au pansement temporaire <sup>[34][35][36]</sup>.

#### 3.3.3.2. La techniques de réalisation de la cavité d'accès

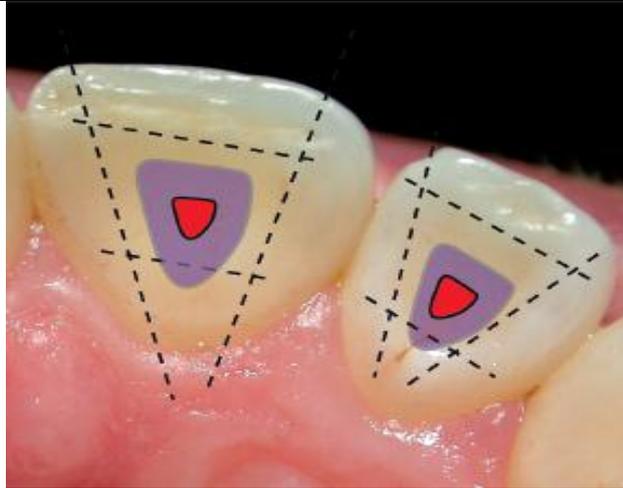
Elle se fait selon les étapes suivantes :

- Pénétration-Trépanation de la chambre pulpaire.
- Elimination- Effondrement du plafond pulpaire.
- Elimination du tissu pulpaire camérale.
- Recherche et élimination des interférences.
- Toilette de la cavité.
- Mise de dépouille - Extension de la cavité -
- Recherche de l'entrée des canaux <sup>[34]</sup>.

### 3.3.2.4. Description des cavités d'accès dent par dent

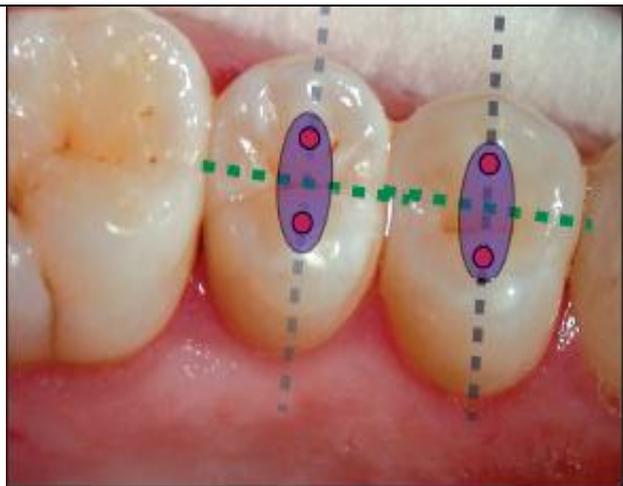
Dans le tableau des figures suivantes on va vous présenter une description des cavités d'accès des dents monoradiculées et pluriradiculées des deux arcades dentaire.

- **Au Maxillaire :**



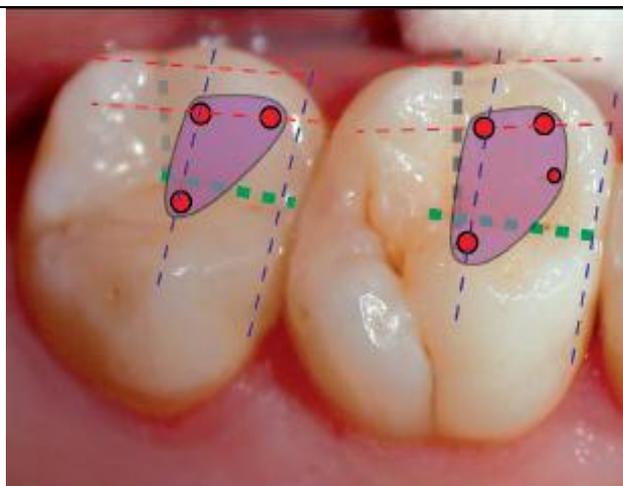
**Fig 20 : Les monoradiculées maxillaires.**

La division en trois tiers de la face palatine dans le sens vertical et horizontal permet de déterminer le centre de la dent (zone rouge). La cavité d'accès est de forme triangulaire à sommet cingulaire et préserve les poutres de résistance de la dent (cingulum, bord libre et crête marginale).



**Fig 21 : Les prémolaires maxillaires.**

Les cornes pulpaires (points rouges) sont situées sur l'axe intercuspidien (pointillé gris) et leur réunion délimite une cavité d'accès déplacée légèrement vestibulairement car le sillon principal ne sépare pas la face occlusale en deux parties égales.



**Fig 22 : Les molaires maxillaires.**

Elle est délimitée vestibulairement par la parallèle à la face vestibulaire passant par la corne mésio-vestibulaire et mésialement par la parallèle à la face mésiale passant par la corne palatine. L'intersection de ces deux droites détermine la projection de la corne disto-vestibulaire. La réunion des trois cornes pulpaires (points rouges) délimite la cavité d'accès de forme triangulaire [30].

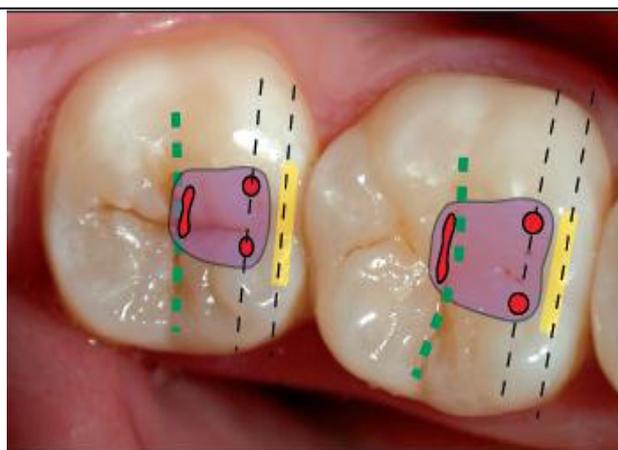
- **Mandibule :**



**Fig 23: Les dents monoradiculées mandibulaires.** La division en trois tiers de la face palatine dans les sens vertical et horizontal permet de déterminer le centre de la dent (zone rouge). La cavité d'accès est de forme triangulaire à sommet cingulaire et préserve les poutres de résistance de la dent (cingulum, bord libre et crête marginale).



**Fig 24 : Des prémolaires mandibulaires.** La première prémolaire mandibulaire présente une cavité déportée vestibulairement car la face occlusale est asymétrique avec une partie vestibulaire plus prononcée que la partie linguale. La deuxième prémolaire mandibulaire présente une cavité d'accès centrée sur la face occlusale du fait d'une meilleure répartition entre les cuspidés vestibulaire et linguale.

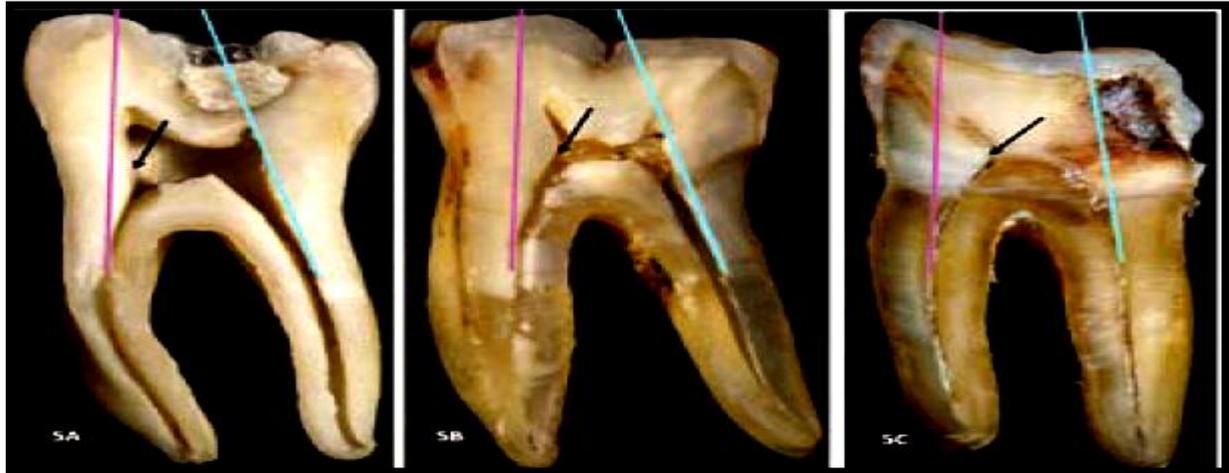


**Fig 25 : les molaires mandibulaires.** La cavité d'accès est de forme trapézoïdale à petite base distale et à grande base mésiale. Elle est délimitée mésialement par la préservation de la crête marginale et distalement par le sillon central des cuspidés linguales. La présence d'un second canal distal entraîne l'allongement de la petite base du trapèze jusqu'à parfois arriver à une forme quasiment rectangulaire <sup>[30]</sup>.

### 3.3.4. La localisation des orifices canaux

La localisation des entrées canales est importante pour le succès de traitement endodontique, il faudra alors prendre en considération :

- L'anatomie de la chambre pulpaire.
- Les configurations canales.
- Les modifications morphologiques (le volume de l'espace pulpaire tend à diminuer avec l'apposition de dentine secondaire consécutive au vieillissement) (Fig 26) [14].



**Fig 26** : Modification du volume de la chambre pulpaire et de la localisation des entrées canales sur une molaire mandibulaire (Dr Gambiez, Lille). **5a.** Adulte jeune.

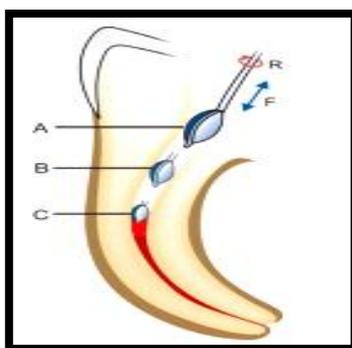
**5b.** Adulte.

**5c.** Senior.

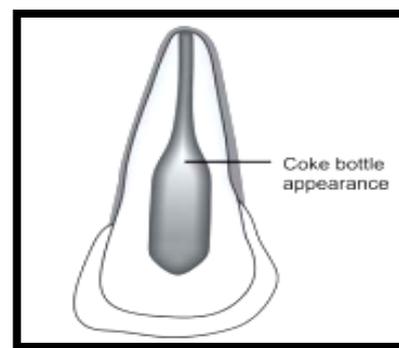
Noter la migration vers le centre de la dent des entrées canales des canaux mésiaux et distaux et l'augmentation du volume des surplombs dentinaires (flèches noires) [35].

Une erreur souvent commise consiste à vouloir pénétrer immédiatement dans les canaux avec une lime afin d'explorer le canal. Les contraintes coronaires, notamment représentées par les triangles dentinaires « Triangle de Schilder », s'opposent à la pénétration des instruments et exercent sur eux des forces pouvant, dans le meilleur des cas, s'opposer à leur pénétration apicale et, dans le pire, conduire à la fracture instrumentale ou un faux canal. Cette localisation s'effectue avec un foret de Gates n° 4 utilisé à l'entrée du canal uniquement, à une vitesse de 800 tr/min, en appui systématique sur la paroi dite de sécurité (paroi portant le nom du canal considéré) [37] ou on utilise orifice openers ou instruments NiTi d'évasement de forte conicité [35].

Il faut rappeler que les forets de Gates sont à manipuler avec beaucoup de précaution car peuvent être à l'origine de destructions internes qui rappellent les résorptions radiculaires internes, ce qu'on appelle l'image « coke bottle appearance » (Fig 28) [38].



**Fig 27** : L'usage excessif de forets de Gate [38].



**Fig 28** : « Coke bottle appearance » [38].

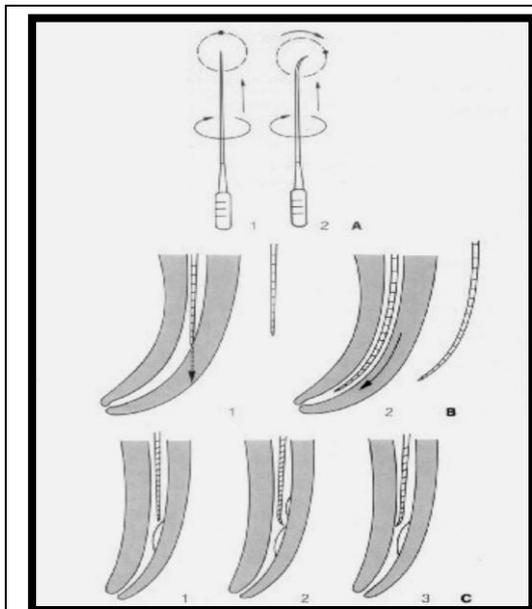
### 3.3.5. Le cathétérisme :

Cette étape, la plus délicate à mener est peut-être celle qui demande le plus d'expérience à l'opérateur. L'objectif principal, est d'atteindre la jonction cémento-dentinaire, en respectant la trajectoire naturelle du canal.

#### 3.3.5.1. Technique manuelle :

Classiquement, Marmasse, Schilder, Weine, Ingle, Hess, Laurichesse et Machtou proposent une pénétration initiale à l'aide de broches et de limes K de petit diamètre (6, 8, 10/100 mm) (*cette instrumentation spécifique on va la décrire dans le chapitre instrumentation en préparation canalaires*). L'efficacité de la lime K dans la pénétration, grâce à sa rigidité et son profil en fait un instrument de cathétérisme de choix [39].

Il est à noter qu'en dehors des canaux larges et rectilignes, **tous les instruments de cathétérisme seront précourbés au niveau apical avant d'être introduits dans le canal**. Deux types de précourbures peuvent être réalisées: une précourbure apicale (obligatoire) et/ou une précourbure régulière de toute la lame de l'instrument si le canal est entièrement courbe (forme canalaire plus aisée à négocier) (Fig 29) [39].



**Fig 29:**

Intérêts de la précourbure (selon Laurichesse).

A. Précourbure de l'instrument.

1. instrument droit : sa pointe décrit un point en rotation
2. instrument précourbé : sa pointe décrit un cercle en rotation.

B. Franchissement des courbures.

1. instrument non précourbé : il bute sur la concavité ;
2. instrument précourbé : il franchit facilement la courbure.

C. Franchissement des obstacles.

1. instrument droit : il bute sur l'obstacle
- 2, 3. instrument précourbé : il passe l'obstacle, en rotation [39].

Il existe d'autres techniques pour le cathétérisme comme la technique entièrement mécanisée celle proposée par Lévy c'est « Canal Finder System » (CSF). Il existe aussi une technique mixte manuelle-sonore, c'est la technique de « pénétration initiale par élargissement progressif » proposée par Ricci et Laurichesse [39].

### 3.3.6. La longueur de travail

#### 3.3.6.1. Définition

La longueur de travail est la distance qui sépare la limite apicale de préparation choisie d'un repère coronaire fixe [10].

- **Le repère coronaire:** Il doit être stable par sa forme pour faciliter la lecture, et stable dans le temps pour pouvoir être retrouvé au cours d'une séance ultérieure. Son choix se fait en regard du canal traité [40].

- **La limite apicale:** la plupart des auteurs reconnaissent la jonction cémento-dentinaire en tant que limite apicale de mise en forme. Au niveau de cette jonction, simple repère histologique, se situe la constriction apicale, partie apicale la plus étroite du canal avec le diamètre le plus petit, cette constriction constitue une véritable frontière entre endodonte et parodonte [41].

### 3.3.6.2. Les techniques de détermination de la longueur de travail

- **Détermination sensitive**

Le praticien cherche à déterminer la constriction apicale en introduisant une lime de faible diamètre dans le canal jusqu'au blocage dans la progression. Plusieurs études ont démontré que cette technique était empirique et que les résultats n'étaient pas reproductibles.

La préparation préalable du tiers cervical du canal, afin que la lime ne soit pas soumise à des frictions importantes, porte à 75 % le taux de succès, ce qui reste très insuffisant. Malgré cette précaution, la méthode doit être considérée comme aléatoire, du fait, d'une part, de l'étroitesse fréquente des derniers millimètres apicaux du canal et, d'autre part, de l'absence de constriction apicale fréquemment observée dans les cas de dents nécrosées ou immatures. En conséquence, cette solution de facilité doit être proscrite du fait de son manque de fiabilité. Le sens tactile est, en revanche, tout à fait approprié à la négociation d'éventuels obstacles à la progression d'un instrument dans un canal [10].

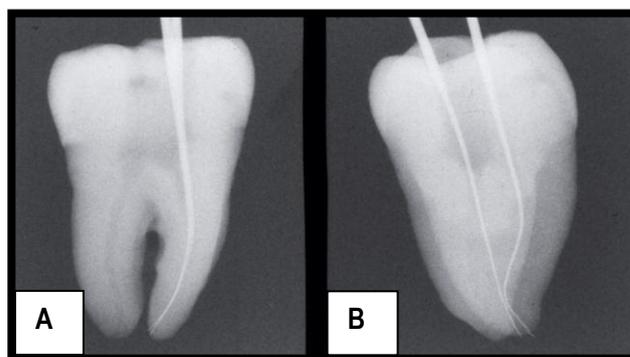
- **Détermination radiographique**

La radiographie intra-orale, lime en place, permet d'apporter à l'opérateur des informations anatomiques indispensables, ainsi que la position apicale de celle-ci par rapport à l'apex radiologique. De nombreuses études ont été faites sur la position de la limite apicale de préparation par rapport à l'apex radiologique et le taux d'échec du traitement endodontique.

Les meilleurs résultats ont été obtenus lorsque la préparation et l'obturation se situent entre 0 et 2 mm de l'apex radiologique, le taux d'échec augmente significativement lorsque l'obturation est au-delà de 2 mm.

Le problème essentiel que rencontre l'opérateur, est du aux caractéristiques propres de la radiographie intra-orale, qui est une projection bidimensionnelle d'un volume (Fig 30). Or nous avons vu que l'anatomie apicale est extrêmement variable, présentant des courbures dans tous les plans de l'espace.

La projection plane de ces courbures apicales conduit à des erreurs de détermination de la longueur de travail. L'image radiographique ne peut donc se suffire pour une détermination précise et reproductible. Donc, l'utilisation couplée d'un localisateur d'apex électronique s'impose comme une évidence [42].



**Fig 30** : Image radiographique **A** une vue orthogonale. **B** la vue de profil montre des limes en dépassement apical [9].

- **Détermination électronique**

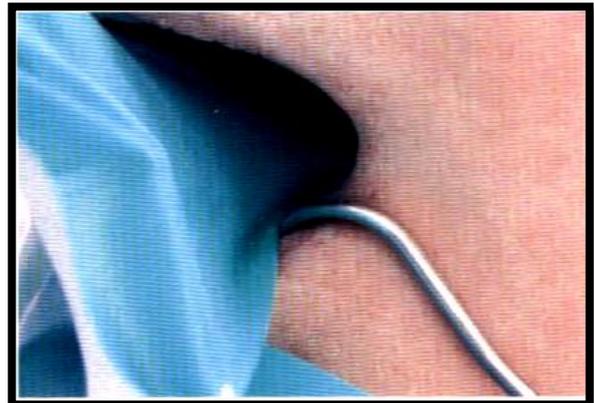
Le localisateur est relié à un câble électrique qui se divise en deux (Fig 31) afin d'être connecté d'une part l'électrode labiale, placée sur la commissure des lèvres (Fig 32), d'autre part à l'électrode instrumentale accrochée à la lime manuelle 10/100 ou 15/100 mm (Fig 33).

L'appareil est d'abord mis sous tension, ce qui permet son auto calibrage avant de commencer la mesure. On fait alors progresser la lime dans le canal jusqu'au signal sonore ou visuel, qui confirme la coïncidence de la pointe de l'instrument et de la structure anatomique recherchée.

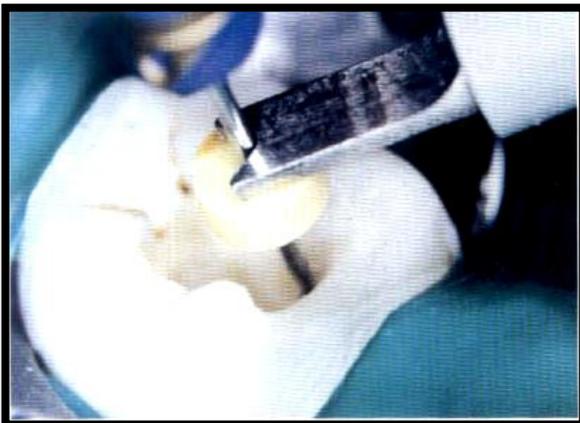
Le stop silicone est ajusté par rapport à un repère coronaire horizontal stable et la longueur indiquée est mesurée en utilisant une règle millimétrée (Fig 34) [43].



**Fig 31:** localisateur d'apex " le Root ZX" [19].



**Fig 32:** électrode labiale est mise en place en évitant tout contact avec un élément métallique [19].



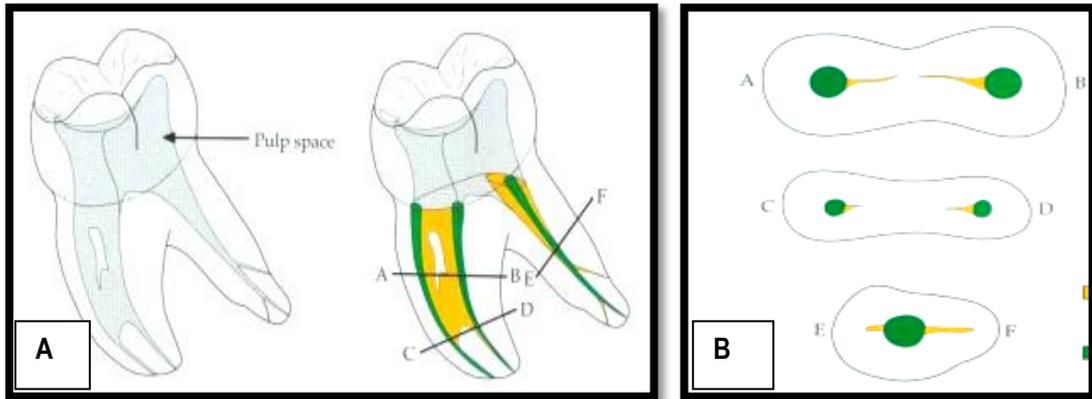
**Fig 33:** La deuxième électrode est mise au contact de l'instrument en évitant toute contamination par la salive et tout contact avec un résidu de restauration métallique. La longueur au foramen est mesurée par rapport à un repère coronaire [19].



**Fig 34 :** une règle millimétrée [19].

## 4. La préparation chimio-mécanique des canaux radiculaire

Classiquement, l'élimination des tissus pathologiques et les irritants se fait par l'action mécanique des instruments canaux (la mise en forme canalaire) qui doivent être en contact avec le maximum de paroi canalaire pour éliminer les couches superficielles de dentine d'une part et par l'action physico chimique des solutions d'irrigation d'autre part.



**Fig 35** : A, B En jaune les zones assainies par le produit irrigant, en vert les zones assainies par l'instrument [4].

### 4.1. La préparation chimique des canaux radiculaire

L'intérêt de l'irrigation a été mis en évidence par Bystrom et Sundqvist en 1983, 1985. L'instrumentation seule ne peut permettre une élimination suffisante des bactéries. Ainsi, l'instrumentation et l'irrigation sont indissociables : on parle de préparation chimio mécanique [44].

L'irrigation a pour but :

- La lubrification des instruments canaux [22].
- La lubrification des parois afin d'optimiser l'action de coupe des instruments.
- L'élimination par rinçage des débris en suspension, les débris dentinaires générés par l'action des instruments.
- La dissolution des composants organiques présents dans les espaces inaccessibles à l'instrumentation.
- L'élimination des bactéries présentes ou pouvant être introduites durant la procédure par une action antiseptique.

Les trois premiers modes d'action sont liés à l'aspect physique de l'irrigation, les deux derniers à son action chimique [45]. L'effet de l'irrigation est en fonction de sa nature, de sa concentration, de la température d'utilisation et du temps d'action [46].

#### 4.1.1. Les critères d'une solution d'irrigation idéale

En pratique, la solution idéale devrait pouvoir :

- Désinfecter le système canalaire radiculaire et tubulaire.
- Inactiver les endotoxines.
- Dissoudre les tissus nécrotiques résiduels et matières organiques.
- Permettre la pénétration des agents antibactériens dans les tubuli dentinaires.

- Rincer et purger les débris.
- Lubrifier les parois dentinaires pour faciliter l'accès et le travail des instruments.
- Prévenir la formation de smear- layer pendant l'instrumentation ou au moins la dissoudre une fois formée [47].
- Biocompatibilité maximale pour le respect des tissus de soutien.
- Antiseptique non toxique pour le péri-apex.
- Chélatante [48].

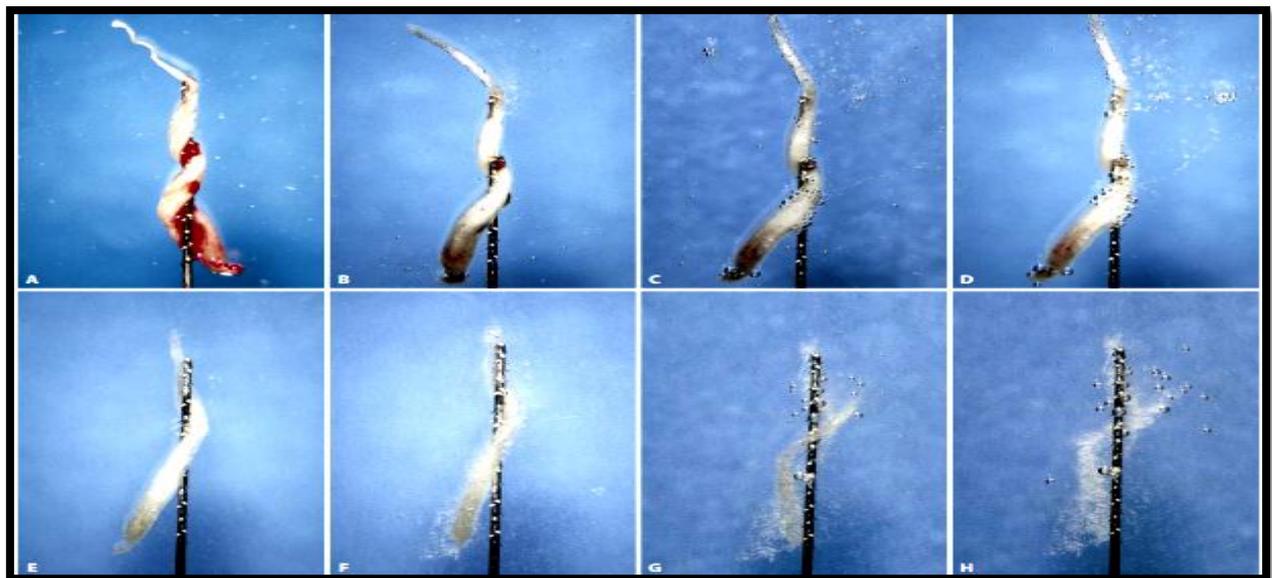
#### 4.1.2. Les différentes solutions d'irrigation :

- **L'hypochlorite de sodium :**

C'est la solution la plus utilisée en endodontie [49]. Elle est à la fois un agent oxydant et hydrolysant [50], elle possède un large spectre antibactérien et son efficacité a pu être démontrée sur les bactéries, les spores, les levures et les virus [49]. C'est la seule solution qui possède un effet solvant sur les tissus organiques mais elle ne possède pas d'effet solvant sur les composants minéraux, c'est la raison pour laquelle il est proposé de l'associer à l'EDTA en rinçage final [45]. Il est peu toxique si l'utilisation et la technique sont appropriées [51].

Il est utilisé en concentration comprise entre 2,5 et 5% [44] (Fig 36).

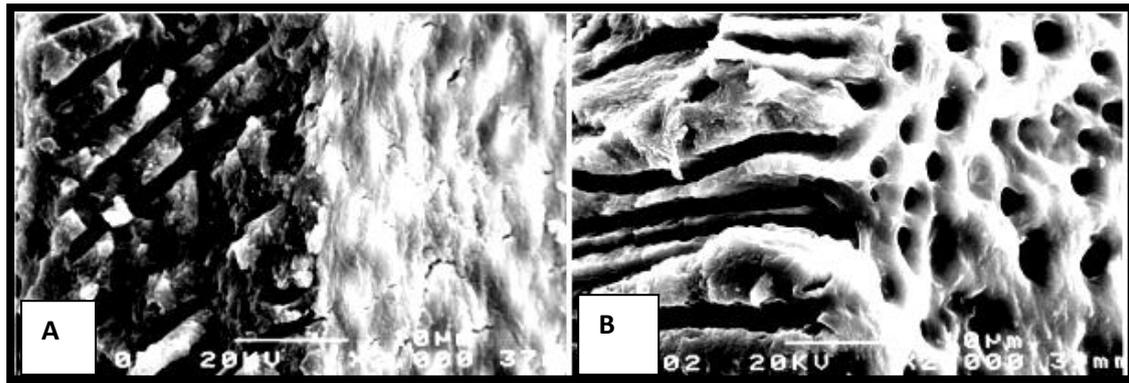
Afin d'améliorer son efficacité, la solution doit être présente en volume suffisant (chambre pulpaire remplie), renouvelée régulièrement, doit être agitée mécaniquement (lime de perméabilité, rinçage final). Il doit y avoir contact direct avec les tissus pour qu'il y ait dissolution du tissu considéré [44].



**Fig 36:** L'effet de l'hypochlorite de sodium 5% à 50°C sur la pulpe [52].

- **L'EDTA (acide éthylène diamine tétracétique)**

Il se présente communément sous forme de gel ou de liquide et sa concentration varie entre 8 et 17%. Il ne possède pas ou peu d'effet antibactérien mais une forte action chélatante qui permet de faciliter le passage des limes dans les canaux calcifiés (lubrification), d'éliminer la composante minérale de la boue dentinaire et déstructurer le biofilm adhérent aux parois canalaire [51] (Fig 37). Le rinçage à l'EDTA doit donc être systématiquement suivi d'un rinçage à l'hypochlorite de sodium afin que la séquence ait un sens [37].



**Fig 37:** A l'état de surface du canal après une préparation canalaire mécanique et chimique par l'hypochlorite de sodium. B l'état de surface du canal après une préparation canalaire mécanique et chimique par l'hypochlorite de sodium 5% et L'EDTA 10% on note absence de smear layer [52].

## 4.2. La préparation mécanique des canaux radiculaires (La mise en forme canalaire)

### 4.2.1. Définition

Redéfinir les parois canalaire pour aboutir à une préparation finale autorisant la mise en place d'une obturation dense, hermétique et ce, dans le respect des structures anatomiques.

L'objectif principal de la mise en forme est de maintenir ou développer une forme fuselée et continue depuis l'orifice d'entrée du canal jusqu'à l'apex. Cette mise en forme canalaire peut être manuelle ou mécanisée.

**Le parage canalaire :** C'est le nettoyage du canal et des parois canalaire qui seront débarrassées de toute trace organique infectée ou non ainsi que l'enduit pariétal ou « smear layer ». Ceci afin de permettre une parfaite adaptation du produit d'obturation aux parois, ce qui assurera son herméticité [54]. Ce parage est réalisé par le passage successif des instruments (limes, broches) mis à notre disposition [24]. Tout parage doit obligatoirement s'accompagner d'une irrigation chimique [54].

### 4.2.2. Objectifs de la mise en forme canalaire

La préparation canalaire est l'étape la plus importante du traitement endodontique. Il est classique de distinguer l'objectif biologique des objectifs mécaniques.

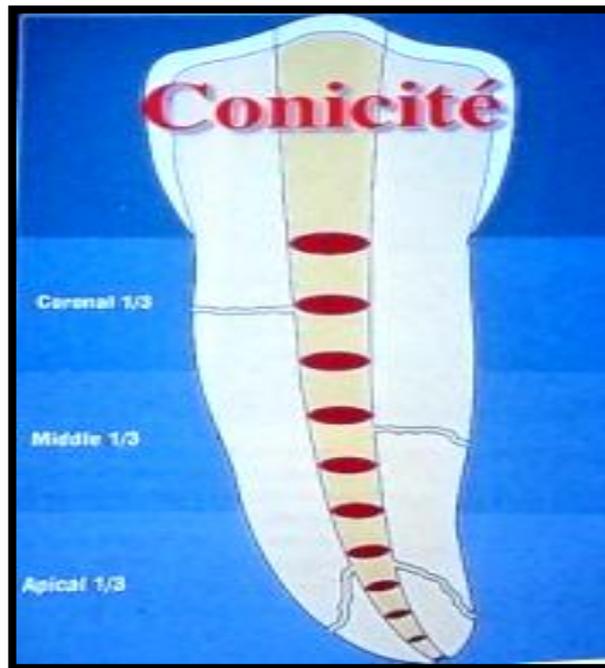
#### 4.2.2.1. Objectif biologique

Cet objectif consiste en l'élimination complète du contenu organique du système canalaire : pulpe, débris nécrotiques, germes et produits de dégradation puis éventuellement de son contenu minéral pathologique, pulpolithes ou calcifications diverses. Ces principes doivent être observés en respectant la morphologie initiale du canal et les structures péri-apicales. Pour cela, la préparation canalaire doit répondre à des objectifs mécaniques bien établis [55].

#### 4.2.2.2. Objectifs mécaniques :

- **La conicité :** Le canal doit s'évaser régulièrement de l'orifice apical à l'orifice coronaire (Fig 38) et venir se confondre avec les murs de la cavité d'accès [55]. Cette condition est probablement la condition la plus importante de la préparation endodontique et elle est nécessaire à des nombreuses fonctions, car elle :

- Permet l'élimination des débris.
- Facilite la finition des parois, l'irrigation et le nettoyage.
- Contribue à la rétention de l'obturation [56].



**Fig 38** : Une préparation canalaire conique (canal évasé de l'orifice apical à l'orifice coronaire) [56].

- **Calque-homothétie (Respect du trajet canalaire)** : Lorsqu'on entreprend un traitement endodontique, il est important que la mise en forme du canal soit calquée sur la trajectoire initiale, à la fois dans le sens longitudinal et transversal. La recherche d'une préparation finale "homothétique" reproduisant en l'amplifiant la forme initiale du canal a motivé dans les années 1980, le développement de techniques de mise en forme caractérisées par un élargissement pariétal homogène [57]. Ce principe évite des préparations anarchiques à l'origine des fausses routes, voire des fractures radiculaires pouvant provoquer la fracture de la dent [55].
- **Le respect de la position initiale du foramen apical** : Le foramen apical doit être maintenu dans sa position spatiale d'origine. Il ne doit pas être déplacé, déchiré ou perdu lors de la mise en forme canalaire. Sa préservation dépend en grande partie du respect de la trajectoire canalaire initiale dans les portions apicales du canal et de l'aménagement d'une conicité régulière. En cas de non-respect de cet impératif, les transports foraminaux engendrés ont pour conséquence d'empêcher le scellement étanche des derniers millimètres apicaux [57].
- **Le maintien du diamètre du foramen apicale** : Le foramen apical doit être maintenu le plus étroit possible car le surélargissement apical en le travaillant longtemps ne rendra pas le canal plus propre mais augmentera considérablement les risques de déviation de trajectoire canalaire et de déchirure apicale, de plus le surélargissement apical ne fait que compliquer techniquement le traitement en rendant l'obturation moins contrôlable [19].

### 4.2.3. Evolution des concepts de la préparation canalaire

Depuis la description de la technique standardisée par Ingle en 1961 et afin de pallier les problèmes engendrés par l'utilisation des limes en acier inoxydable utilisées avec un mouvement de va et vient vertical dans le canal (butée, déchirure apicale, bouchon apical) différentes techniques de mise en forme ont été décrites :

- Technique du step back dite aussi technique télescopique proposée par Weine en 1972 ; Martin, 1974, Mullaney, 1979.
- Technique du crown down présentée par Morgan et Montgomery en 1984.
- Anti curviture filing technique proposée par Abou Rass en 1980.
- Technique du step down proposée par Goerig en 1982.

Au milieu des années 1980, Roane (1985) propose un concept totalement différent pour l'utilisation des instruments en acier, celui des « forces équilibrées ». Il est fondé sur l'utilisation de limes non plus, avec un mouvement vertical mais avec un mouvement alterné de rotation horaire/antihoraire asymétrique. Malgré toutes ces techniques, la préparation manuelle ou mécanisée réalisée avec les instruments en acier inoxydable restée fastidieuse, très opérateur dépendante et avec des résultats qui ne sont souvent pas à la hauteur des efforts fournis [9]. En 1988 Walia, Brantley et Gerstein ont envisagé l'emploi d'un alliage superélastique en endodontie. Les premiers instruments manuels endodontiques fabriqués à partir de NiTi font ainsi leur apparition. Puis en 1990, Mac spaden et Ben Johnson introduisent l'utilisation des instruments NiTi dans le concept de la rotation continue [57], en se basant sur le concept du crown down [58].

La rotation continue offre alors de nombreux avantages par rapport aux techniques traditionnelles, notamment une meilleure préparation canalaire et un gain de temps important.

En 2007, G. Yared propose une nouvelle dynamique de préparation canalaire endodontique basée sur un mouvement de rotation alternée, dont les angles ne sont pas égaux, dénommée réciprocity [59].

Référence	Année	Technique
Ingle <sup>275</sup>	<b>1961</b>	Instrumentation standard
Clem <sup>277</sup> , Weine <sup>278</sup>	<b>1969-1974</b>	Step-back, préparation serial
Schilder <sup>3</sup>		
Abou-Rass <sup>279</sup>	<b>1980</b>	Anticurvature Filing
Marshall <sup>250, 251</sup>	<b>1980</b>	Crown-down
Goerig <sup>282</sup>	<b>1982</b>	Step-down
Fava <sup>282, 283</sup>	<b>1983/1992</b>	Double flare, avec
		Modification
Roane <sup>284</sup>	<b>1985</b>	Balanced force
Torabinejad <sup>285, 286</sup>	<b>1994</b>	Step back passive
Siqueira <sup>287</sup>	<b>2002</b>	Mouvement rotatif alternative

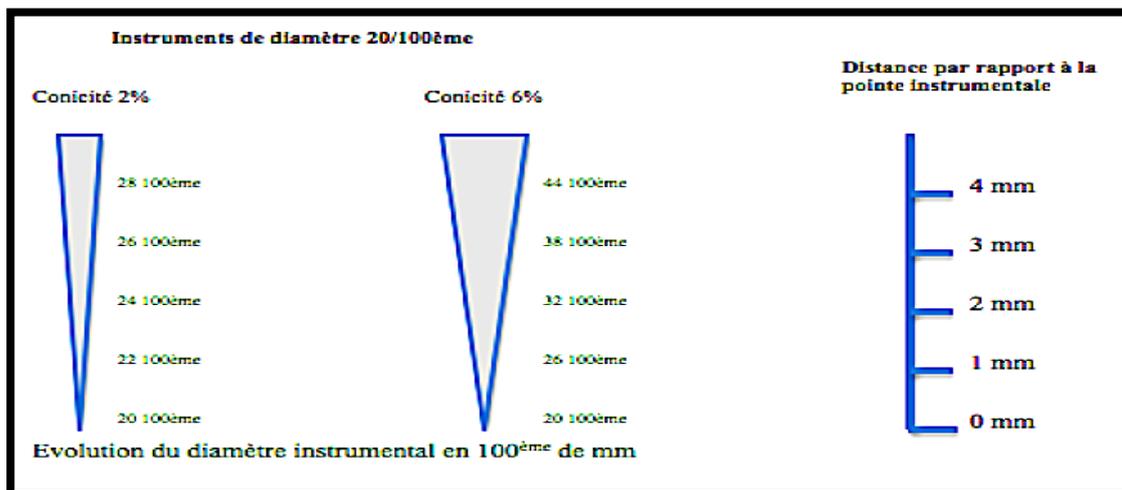
**Tableau 02** : Les différentes techniques de la préparation canalaire pour l'instrumentation rotative et manuelle [60].

## 5. L'instrumentation de la préparation canalaire

### 5.1. Caractères généraux de l'instrument endodontique pour la mise en forme canalaire

#### 5.1.1. Définitions

- **Conicité et diamètre** : En endodontie, le diamètre d'un instrument ou d'un canal indique la dimension de la section transversale en un point donné. Traditionnellement, le diamètre est exprimé en centième de millimètre pour les instruments, le diamètre inscrit sur la manche indique celui de la pointe. La conicité quant à elle correspond à l'augmentation du diamètre (donc de la section transversal) par millimètre, le long d'un volume (instrument ou canal). Des instruments peuvent avoir le même diamètre à la pointe mais des conicités différentes, pour un diamètre 30/100 à la pointe, l'instrument de 2 % de conicité voit son diamètre augmenter de 0.02 mm (2/100 de mm) par millimètre de longueur à 1 mm de la pointe, son diamètre sera de 0.32mm (32/100), de 0.34mm (34/100) à 2mm, etc. Sur l'instrument de 6% de conicité, le diamètre sera de 0.36mm (36/100) à 1 mm de la pointe, de 0.42mm (42/100) à 2mm etc <sup>[9]</sup> (Fig 39).



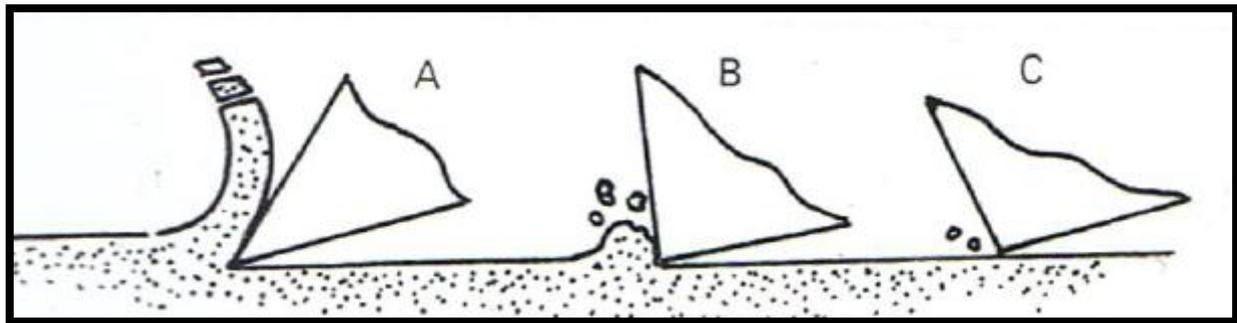
**Fig 39** : Evolution du diamètre d'un instrument endodontique en fonction de sa conicité <sup>[61]</sup>.

- **Le pas et angle d'hélice** : Le pas de l'instrument correspond à la distance qui existe entre deux spires consécutives sur la partie active de l'instrument. Ce pas peut être constant ou variable <sup>[62]</sup>. Il a une influence sur la flexibilité et l'effet de vissage d'un instrument <sup>[61]</sup>.  
L'angle d'hélice correspond à l'angle compris entre l'axe longitudinal de l'instrument et l'inclinaison des spires (Fig 40). Les instruments endodontiques possèdent un angle d'hélice variable. Celui-ci permet l'élimination des débris qui se forment au fur et à mesure du travail de l'instrument dans le canal. L'avantage proposé par un angle d'hélice variable comprend la remontée de ces débris en direction coronaire, évitant ainsi l'encrassement de l'instrument, l'accumulation de débris et la formation de bouchons dentinaires <sup>[62]</sup>.



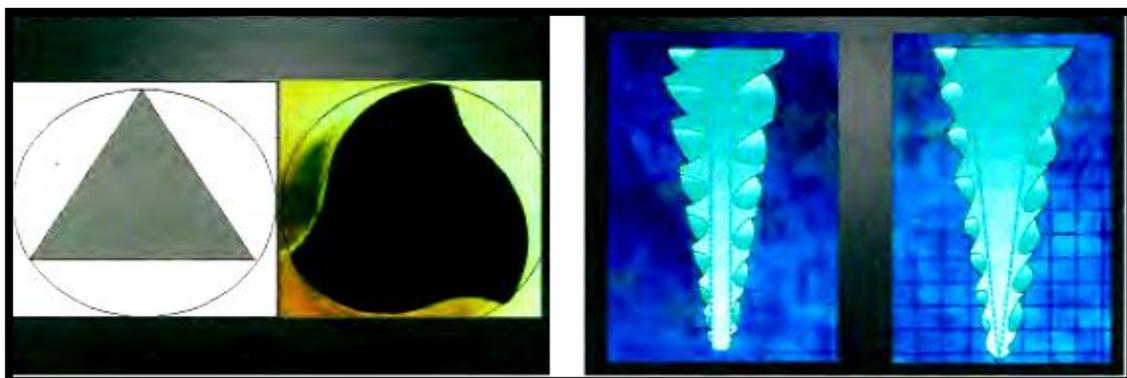
**Fig 40:**  $\alpha$  = Angle d'hélice, Pas=Distance entre deux spires [58].

- **Angle de coupe ou angle d'attaque :** Angle formé par l'intersection entre la tangente passant par la pointe de l'arête coupante et le rayon du cercle dans lequel s'inscrit l'instrument, lorsque l'instrument est sectionné perpendiculairement à la direction de l'arête coupante [42] (Définition de J. Mac Spadden). Il représente l'angle formé par les lames et les parois canalaire [63]. Il est donc directement associé à l'efficacité de coupe des instruments. Un angle légèrement positif (Fig 41) permet à la fois un effet de coupe suffisant et une réduction des risques de blocage en favorisant le retrait des débris en direction coronaire [63].



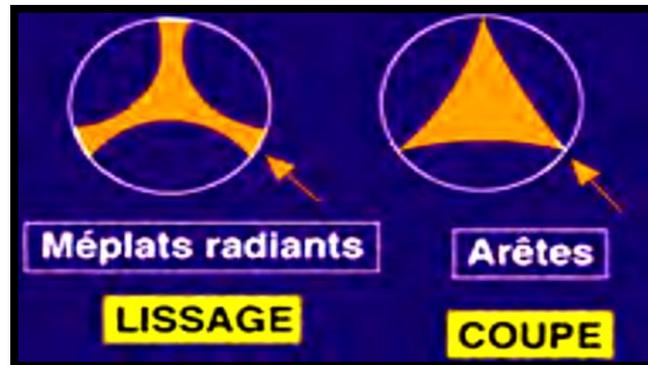
**Fig 41:** Illustration de la notion d'angle de coupe en A. un angle de coupe positif, en B. un angle de coupe nul et en C. un angle de coupe négatif [61].

- **La masse centrale :** La masse centrale correspond à la masse résiduelle au centre de l'instrument après meulage (Fig 42). Elle dépend donc de la profondeur de la spire. À alliage, diamètre et conicité identiques, elle conditionnera la flexibilité et la résistance à la fracture en torsion [9].



**Fig 42 :** La différence de la masse central entre 2 instruments de section différente [58].

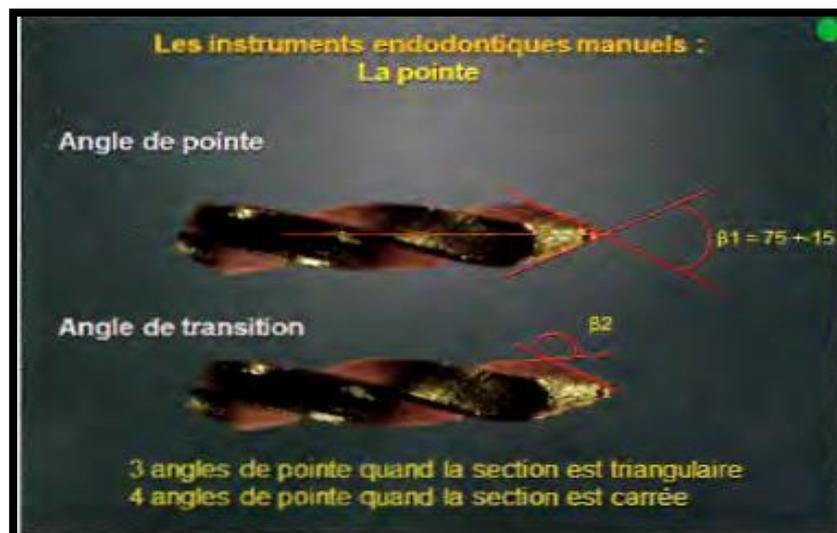
- **Le méplat radiant** : Le méplat radiant est la surface plane de l'instrument en contact avec les parois canalaires. La présence de méplat radiant permet d'optimiser le centrage de l'instrument dans le canal, donc de respecter les trajectoires anatomiques. Il limite également le phénomène de vissage (aspiration sentie par l'opérateur). Cependant, ces instruments présentent une efficacité de coupe diminuée [42] (Fig 43).



**Fig 43** : Représentation de la section de deux instruments, passif (à gauche) et actif (à droite) [42].

On dit qu'un instrument est :

- Passif ou non coupant, lorsqu'il présente un ou plusieurs méplats radiaux, et un angle de coupe négatif.
  - Actif ou coupant, lorsqu'il ne possède pas de méplat radial et un angle de coupe positif [42].
- **Angle de pointe et de transition** : C'est l'angle déterminé par les côtés au départ de la pointe. Cet angle empêche la pointe d'être en contact avec la paroi du canal, mais c'est l'angle acéré formé par le côté de la pointe et la lame qui peut créer une encoche dentinaire et une butée voire une fausse route. Ce dernier est appelé angle de transition (Fig 44) [58]. La tendance actuelle vise à rendre l'angle de pointe plat de manière à ce que cette zone soit non travaillante, limitant ainsi le risque de perforation et de transport apical [61].



**Fig 44** : Une représentation de l'angle de pointe et l'angle de transition [58].

- **Effet de vissage** : L'une des conséquences indésirables de la dynamique mécanisée est l'effet de vissage qui était problématique, notamment sur les instruments de première génération non munis

de méplats radiants. La sensation d'aspiration est importante lorsque la conicité de l'instrument approche la conicité du canal [9].

## 5.2. Les instruments en acier inoxydable :

### 5.2.1. Définition de l'alliage :

Les aciers inoxydables sont des groupes de métaux à base de fer contenant au moins 10 % de chrome. La présence du chrome permet la création d'une barrière invisible d'oxyde de chrome qui protège le fer contre la plupart des corrosions [63] [64].

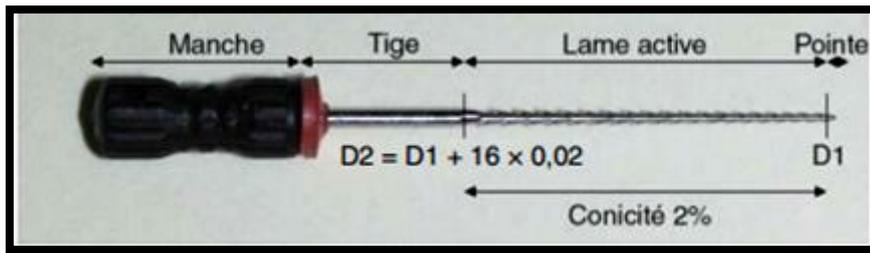
### 5.2.2. Les normes ISO (international standardisation organisation) :

La standardisation des instruments endodontiques en acier, proposée par Ingle en 1961, sera effective en 1976. Elle définit :

- Une formule de progression des calibres instrumentaux ou diamètres qui augmentent de 5 centièmes de millimètre par numéro au point D1 situé à la pointe de l'instrument. La progression de diamètre de pointe, c'est-à-dire la dimension de la section transversale, se fait de 5 en 5 pour les calibres allant de 15 centièmes de millimètre à 60 centièmes de millimètre et de 10 en 10 pour les calibres de 60 à 140 centièmes de millimètre.
- Un code couleur correspondant à chaque calibre est venu s'y ajouter secondairement (Fig 45).
- Une conicité constante de la partie travaillante de 2%, soit une augmentation de 2 centièmes de millimètre de calibre par millimètre de longueur travaillante (Fig 46).
- Une longueur de la partie travaillante située entre D1 et D2 de 16 millimètres.
- Des angles de pointe compris entre 60 et 90°.
- Trois longueurs d'instrument : 21mm, 25mm, et 31mm de la pointe jusqu'au manche [58].

Couleur		Calibre	Couleur		Calibre	Couleur		Calibre
[Red]		6	[Yellow]		15	[Yellow]		45
[Grey]		8	[Red]		20	[Red]		50
[Purple]		10	[Purple]		25	[Purple]		55
			[Green]		30	[Green]		60
			[Black]		35	[Black]		70
					40			80
								90
								100
								110
								120
								130
								140

**Fig 45** : Le code de couleur instrumentale déterminé par ISO [58].



**Fig 46** : Instrumentation manuelle et notion de conicité [64].

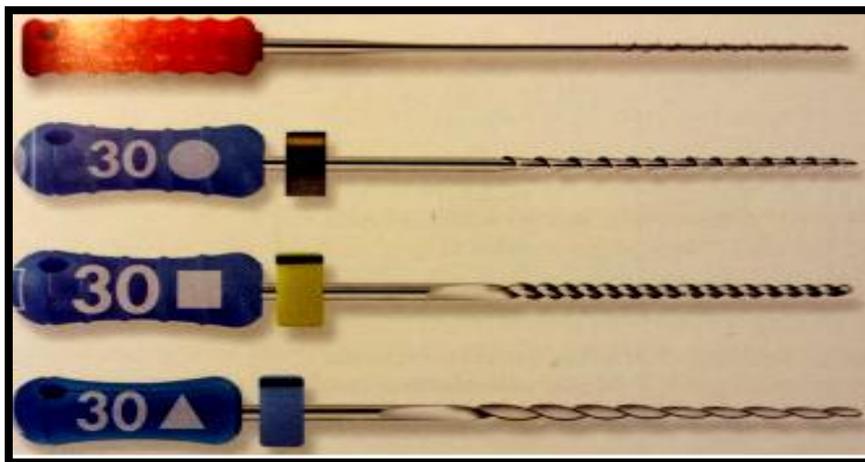
### 5.2.3. Instrumentation manuelle en acier inoxydable:

**Les limes de Hedström** (limes H) ou racleurs sont obtenus à partir d'une matrice ronde usinée. Les arêtes de coupe sont vives. Elle est utilisée dans un mouvement de traction pure [65]. Ils sont utilisés principalement pour la désobturation lors d'un retraitement [58].

**Les limes K** : Elles sont fabriquées à partir d'une matrice le plus souvent carrée. Elles sont aussi triangulaires ou losangiques torsadées. Elles travaillent par des mouvements de traction ou des mouvements mixtes, de traction/rotation (Fig 47).

**Les broches** sont torsadées à partir d'une matrice triangulaire. Le pas d'hélice est plus grand que pour les limes K, ce qui implique de les utiliser principalement avec une dynamique de rotation (Fig 47).

**Le tire-nerf** présente une section en étoile. Il présente un grand risque de fracture intracanalair. Son utilisation n'est plus recommandée dans les enseignements en faculté d'odontologie [65] (Fig 47).



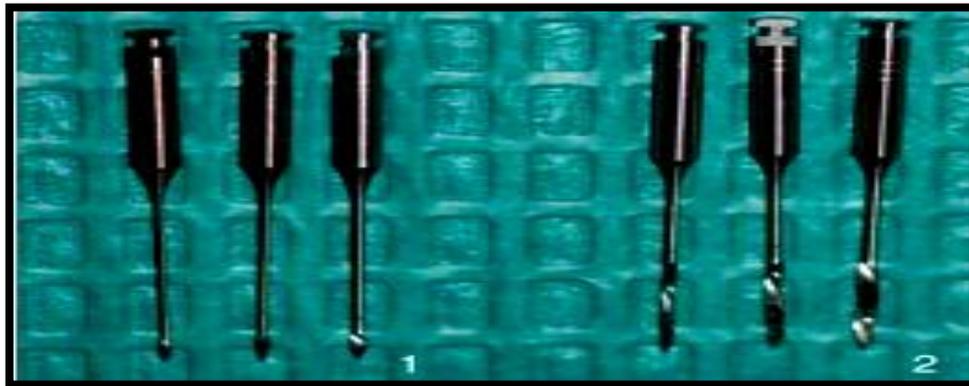
**Fig 47** : De haut en bas : Tire-nerf, Lime H, Lime K et une Broche [65] [9].

### 5.2.4. Instrumentation mécanisée en acier inoxydable :

Depuis le milieu des années soixante, différents systèmes ont été mis au point afin de permettre une utilisation mécanisée des instruments. Les contre-angles créés permettent d'animer les instruments d'un mouvement alternatif d'amplitude égale dans le sens horizontal (Giromatic®, Micro Méga ; EndoLift®, Kerr).

Ce mouvement horizontal pouvait être associé à un mouvement vertical (Canal Finder®). S'ils permettaient un travail plus rapide, ces mécanismes ne permettaient pas de résoudre les problèmes associés à la mise en forme canalair puisque les instruments utilisés étaient en acier et que l'élargissement du canal nécessitait leur animation dans un mouvement vertical de va-et-vient [9].

Parmi les instruments mécanisés en acier inoxydable on cite : **le foret de Gates**, C'est le premier instrument endodontique utilisé en rotation et il n'a depuis toujours pas été modifié (Fig 48), il présente une partie travaillante courte et une pointe mousse. Il existe en six tailles et trois longueurs 28,32 et 34 mm. Le champ d'application principale du foret de Gates – Glidden est la relocalisation des orifices canalaire et mise en forme du tiers coronaire du canal [58].



**Fig 48** : Instrumentation rotatif en Acier inoxydable [64].

### 5. 3. Les instruments en Nickel-Titane

#### 5.3.1. Définition de l'alliage

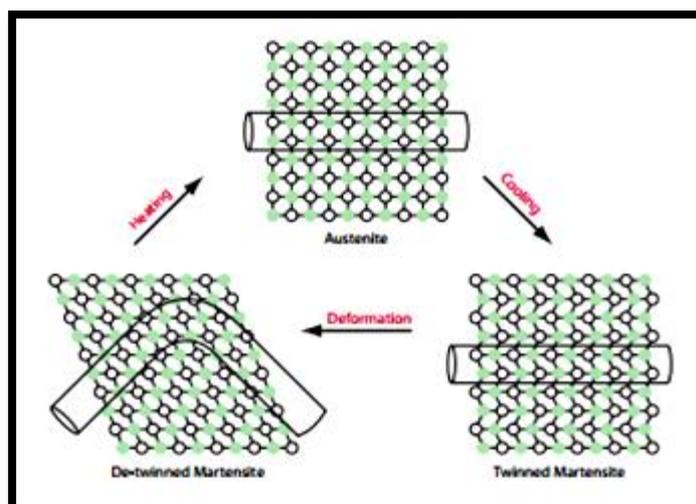
Les instruments endodontique en NiTi sont composés d'un alliage non-équiatomique d'environ 44% de Titane et de 56% de Nickel en solution de phase martensitique de structure homogène à température ambiante. Dans certain alliage NiTi, un petit pourcentage de nickel (2%) peut être remplacée par du cobalt [66].

#### 5.3.2. Introduction du Nickel-Titane en endodontie

Face aux limites de l'instrumentation en acier inoxydable, des recherches ont été menées afin d'employer un alliage métallique dont les propriétés mécaniques permettraient d'utiliser des Instruments de diamètre élevé et de forte conicité sans risques de modification de l'anatomie canalaire et de fracture instrumentale. Ces avancées ont été rendues possibles grâce à l'introduction du Nickel-Titane en endodontie [61].

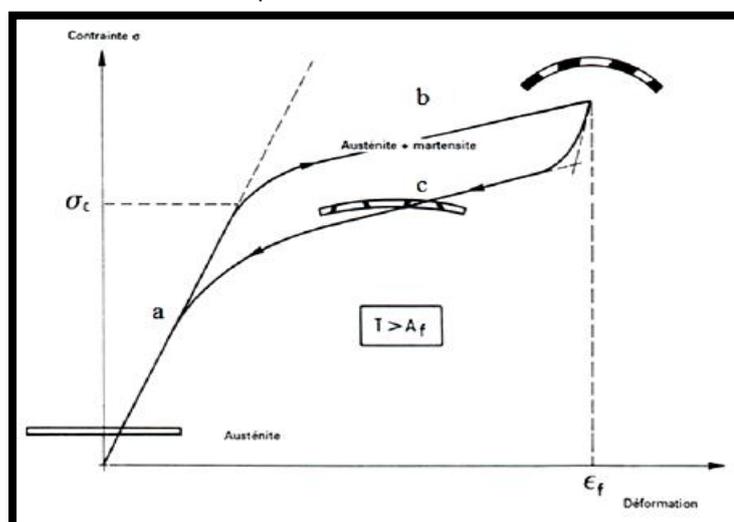
#### 5.3.3. Les propriétés de l'alliage Nickel-Titane NiTi

- **La super élasticité ou mémoire de forme** : à une température ambiante, l'alliage est à l'état austénitique. La transformation martensitique (de la phase austénitique en phase martensitique ou un changement de phase cristallographique solide-solide d'austénite en martensite sans variation de la composition chimique) peut être induite soit thermiquement (par abaissement de température), soit mécaniquement (par l'application d'une contrainte) [65]. La contrainte s'exerce d'abord dans le domaine de déformation élastique de l'austénite (étape a) puis atteignant une valeur critique, elle induit la germination de la martensite : il y a formation d'une martensite induite sous contrainte (Fig 49) (étape b) (Fig 50). Contrairement à la martensite engendrée thermiquement ou toutes les variantes sont possible, les variantes de la martensite formées mécaniquement sont uniquement celles qui sont favorisées par la contrainte. Si la contrainte cesse, il ya réversion totale de la martensite vers l'austénite jusqu'à une déformation nulle.



**Fig 49** : Diagramme illustrative de la transformation martensitique et l'effet de mémoire de forme de NiTi [13].

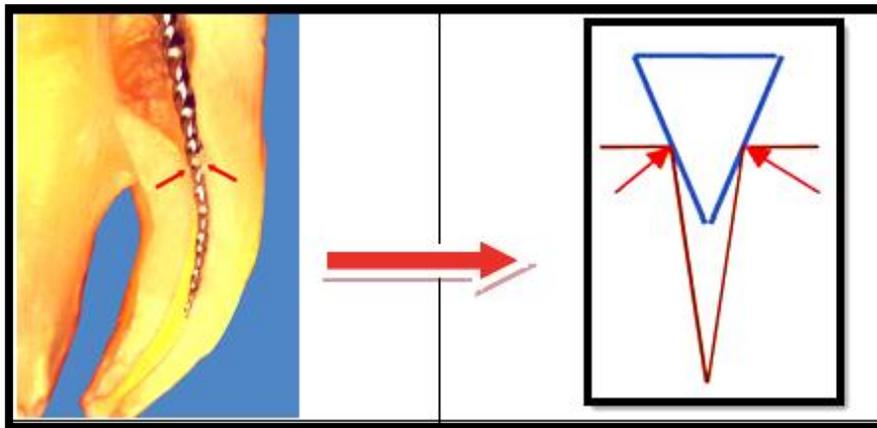
En résumé, sur le plan endodontique, il faut retenir que sous l'effet d'une contrainte, la transformation de phase s'accompagne d'une déformation importante. Lorsque la contrainte cesse, la transformation inverse se produit et l'instrument endodontique retrouve sa forme originelle. Nous sommes dans le cadre d'une déformation purement élastique : c'est le phénomène de super élasticité. La superélasticité du nickel-titane lui permet de revenir à sa forme initiale sans subir aucune déformation, contrairement à l'acier inoxydable qui subit, pour une déformation équivalente, une modification de forme permanente. Cette réversibilité autorise des déformations temporaires de l'ordre de 10% et permet aux alliages en NiTi de retrouver sans dommage leur forme, alors que les alliages conventionnels en acier-inox subissent des déformations permanentes dès une déformation temporaire de 1% [66].



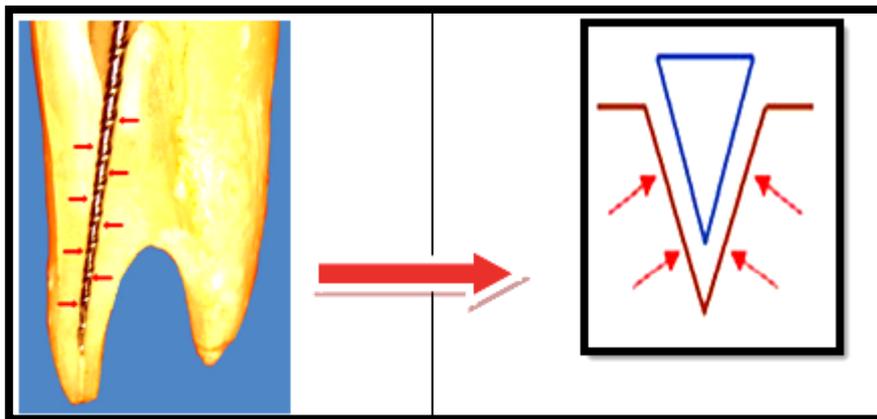
**Fig 50** : La dynamique de déformation que subit un alliage super-élastique en fonction d'une contrainte  $\sigma$ . [66].

- **La flexibilité** : Elle est caractérisée par la faible force de rappel de l'instrument vers sa position d'origine. Ceci explique que ces instruments peuvent être utilisés en rotation continue sans craindre de modifier la trajectoire canalaire. Par ailleurs, les travaux de Walia ont montré que cette flexibilité est préservée au fil de l'utilisation et des cycles de stérilisation [63].

- **L'efficacité de coupe** : L'efficacité de coupe d'un instrument peut être exprimée par rapport à la quantité de dentine éliminée par unité d'énergie émise. Elle est en fonction du matériau et de la dimension de l'instrument, et de la géométrie de la section et des bords coupants (Fig 51 et 52) [67].



**Fig 51** : L'efficacité de coupe est en fonction de volume de le surface de coupe [68].



**Fig 51 52** : Efficacité de coupe majorée par la réduction de la surface de coupe (d'après Lasfargues, 1997) [68].

#### 5.3.4. Instruments manuels en NiTi :

Depuis quelques années, des instruments endodontiques manuels en alliage NiTi, qui présentent l'avantage d'être six à huit fois plus flexibles que les instruments traditionnels en acier, sont proposés par certains fabricants. Ces instruments grâce aux propriétés mécaniques du NiTi parviennent à respecter l'anatomie et à suivre le trajet canalaire initial sans la nécessité d'une précurbure préalable [64].

Les instruments manuels en NiTi ont toutefois l'inconvénient de présenter, de manière générale, une moindre efficacité de coupe que ceux en acier inoxydable, du fait même des propriétés du NiTi [64]. Les instruments manuels en NiTi commercialisés de nos jours possèdent souvent une lame active parfaitement identique à celle des instruments destinés à la rotation continue. Ils existent parfois dans les deux versions (par exemple, les instruments Quantec® et K3®, ProTaper® et Heroapical®). Seul leur manche change quand il est destiné à la préhension manuelle. Ils ne respectent pas la norme ISO, ayant des conicités bien supérieures à 2 % [64].

### 5.3.5. Les instruments mécanisés en NiTi

#### 5.3.5.1. Les instruments en Ni-Ti à plusieurs séquences

Depuis l'introduction des premiers systèmes en France à la fin de l'année 1996 (ProFile® de Maillefer, puis HERO 642® de Micro Mega quelque mois plus tard), de nombreux systèmes ont fait leur apparition. Plus de dix systèmes différents sont actuellement disponibles sur le marché, ProFile® et ProTaper® (Dentsply Maillefer), HERO 642®, HERO Shaper® et RevoS® (Micro Mega), FlexMaster® et MTwo® (Dentsply VDW), RaCe® (FKG), AlphaKite® (Komet), K3® et Twisted Files® (TF) (SynbronEndo).

Tous ces systèmes possèdent deux caractéristiques communes : l'alliage Nickel-Titane et des conicités élevées. Ils se différencient par leurs sections ainsi que par leurs angles d'hélice et leurs pas d'hélice, ce qui leur confère une flexibilité, une efficacité de coupe et un comportement différents quant à l'effet de vissage dans le canal [9].

#### 5.3.5.2. Les instruments uniques en NiTi :

- **En mouvement de rotation continue**

A ce jour, le One Shape® [69] et le F360 sont les seuls instruments uniques (à usage unique) en nickel-titane utilisables en rotation continue disponibles sur le marché.

- **En mouvement de réciprocité**

Deux types d'instruments sont disponibles sur le marché : le WaveOne® (Dentsply-Maillefer) et le Reciproc® (Dentsply-VDW) [69].

### 5.4. Les limites et les inconvénients des instruments de la mise en forme canalaire :

#### 5.4.1. Les inconvénients des instruments en acier inoxydable :

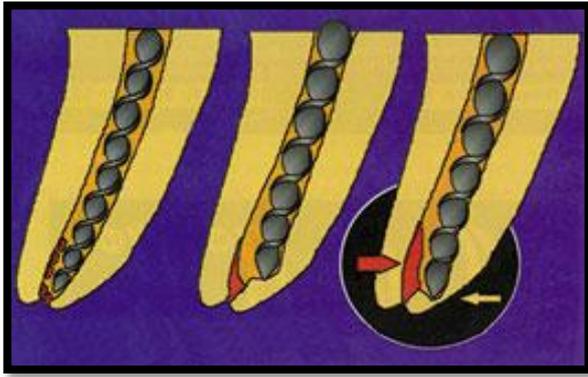
Les principaux problèmes rencontrés avec l'acier inox sont liés à sa rigidité qui augmente de façon exponentielle en fonction du calibre de l'instrument ce qui rend particulièrement difficile la mise en forme canalaire dans les canaux courbes [58].

- **Le transport interne :**

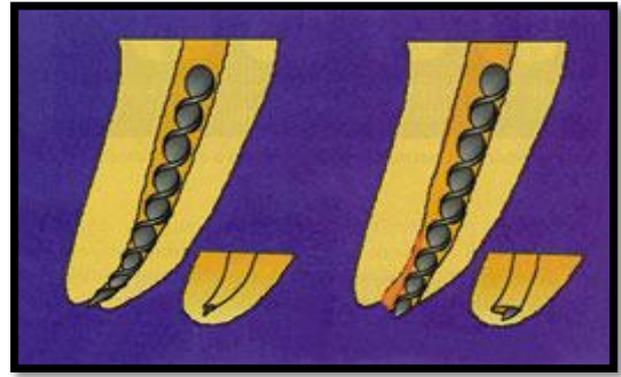
C'est une usure du mur radiculaire en regard de la courbure (Fig 53). Il se produit lorsque l'on cherche à travailler en deçà du foramen. L'action de va et vient des instruments endodontiques propulse devant eux les copeaux dentinaires détachés. Il en résulte une sédimentation de plus en plus compacte de boue dentinaire qui fait perdre la longueur de travail. La mémoire élastique des instruments en acier qui augmente avec leur calibre et le désir de retrouver la bonne longueur de travail occasionnent une déviation progressive du trajet canalaire du côté opposé à la courbure apicale [55].

- **Transport externe :**

Ouverture foraminale en sablier : Il se produit lorsque l'instrument arrive ou dépasse l'extrémité du canal. Sous l'action de la mémoire élastique de la lime, le foramen va se trouver strié, déchiré, déporté de son emplacement d'origine (Fig 54) [55].



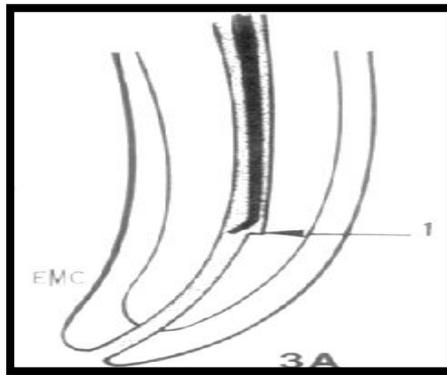
**Fig 53** : Le transport interne [55].



**Fig 54**: Ouverture en sablier [55].

- **Les épaulements :**

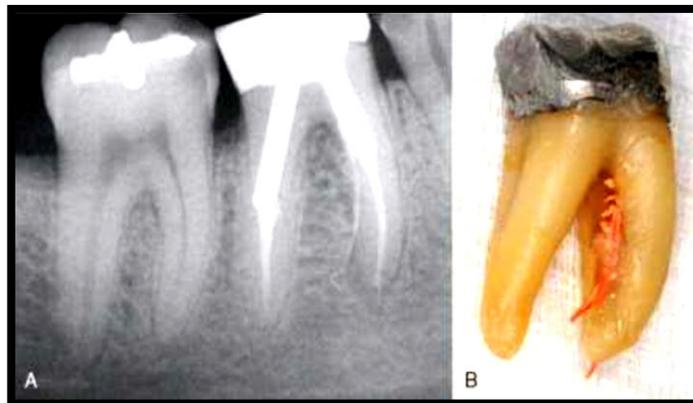
Au fur et à mesure de l'augmentation de la rigidité de l'instrument, celui ci va se plaquer contre la paroi opposée à la courbure apicale et créer un épaulement (Fig 55) [55].



**Fig 55** : Lime MMC de 0,8 précoudée au contact de l'épaulement [70].

- **Stripping :**

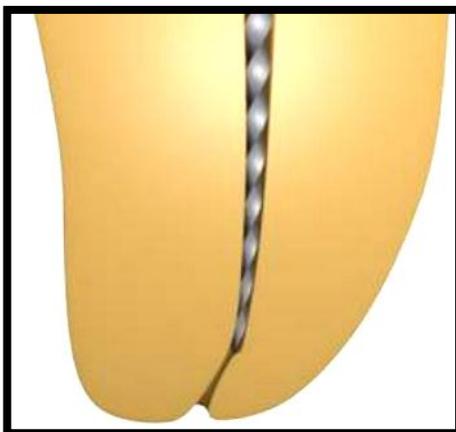
Le stripping est une lésion iatrogène (Fig 56). Elle consiste en une sur préparation de la partie interne de la courbure canalaire aboutissant à une perforation latérale [42]. Un mur fin peut donc fracturer à tout moment, aussi bien lors de la condensation du matériau d'obturation, que lors de la mastication [62].



**Fig 56** : A et B Perforation par stripping avant et après extraction [71].

- **Butée :**

La butée résulte d'un travail en force de l'opérateur et lorsque l'instrument manque de flexibilité (Fig 57). C'est un stripping dans une zone étroite, souvent localisé au niveau d'une courbure canalaire importante, qui conduit à la déviation du canal et au blocage de l'instrument [42].



**Fig 57:** Création d'une butée en l'absence de pré élargissement [72].

- **Faux canal :**

La poursuite d'un travail en force avec des instruments manquant de flexibilité au niveau d'une butée conduit à la formation d'un faux canal, pouvant aboutir à une perforation. La racine est fragilisée par la création d'une zone de faiblesse. La reprise du trajet original est difficile du fait de la tendance des instruments à se loger dans le faux canal [42].

- **Les perforations radiculaires latérales :**

Dans les canaux courbes, un défaut de courbure d'instruments est un facteur courant de perforation radiculaire. L'usure progressive de la paroi opposée à la courbure après utilisation des instruments de diamètre de plus en plus gros aboutit à la perforation. De même, la formation de butée et la perte de longueur de travail vont inciter à forcer l'instrument et conduire à une perforation [55].

- **Bouchons dentinaires :**

C'est un incident qui peut devenir grave s'il occasionne la perte définitive du canal. Les tassements de produits organiques, survenant en cours de traitement sont le fait de l'inexpérience, d'un excès de précipitation, de l'inobservance des règles fondamentales de la préparation canalaire en matière d'irrigation et de manœuvres instrumentales.

Le bouchon dentinaire est constitué par des débris organiques refoulés par des instruments poussés trop vite sans irrigation, auxquels s'ajoutent des copeaux dentinaires issus d'une coupe intempestive de la lime (Fig 58).

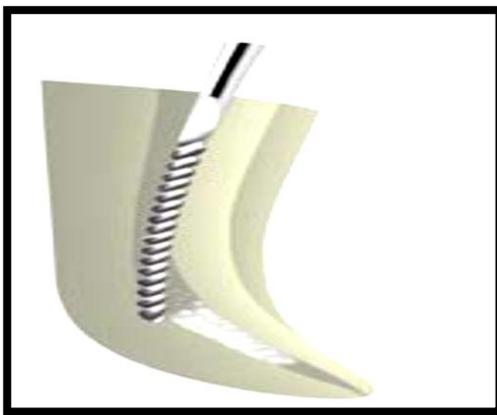
Leur formation est favorisée par des instruments en rotation, ou par le passage d'un instrument trop gros après un instrument fin.

Le passage en force d'instruments non coudés dans une courbe entraîne également la formation de ces bouchons, avant d'aboutir à la création d'un épaulement. C'est surtout l'oubli de la récapitulation, qui en est le facteur essentiel. Le passage systématique entre chaque numéro d'un instrument plus fin, de contrôle de vacuité parcourant toute la longueur de travail est indispensable.

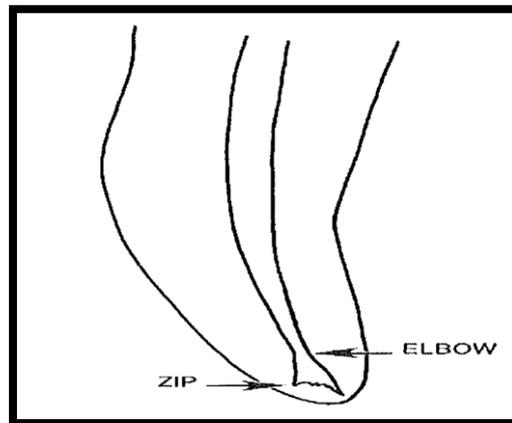
L'absence ou l'insuffisance d'irrigation est aussi un facteur déterminant. En l'absence d'un solvant en quantité suffisante, les débris organiques ne sont pas dissous et donc poussés en avant de l'instrument, ces copeaux dentinaires ne peuvent être mis en suspension et ne sont pas éliminés par aspiration ou par l'action de l'instrument de récapitulation [70].

- **Zipping :**

Une ovalisation du foramen (zipping) (Fig 59) peut aussi être créée si l'instrument tend à se redresser au niveau de la dernière courbure. Une sur-instrumentation peut également être à l'origine de cette ovalisation. Cette zone devient très fragile, une partie des parois est alors détruite, ouvrant ainsi le foramen. L'obturation la plus étanche possible est par conséquent compromise [28].



**Fig 58:** Schéma présente une butée avec la formation d'un bouchon dentinaire [73].



**Fig 59:** Schéma présente Une ovalisation du foramen (zipping) [74].

#### 5.4.2. Les inconvénients des instruments en Nickel-Titane:

- Les instruments en NiTi peuvent supporter des forces importantes sans subir de modifications plastiques, mais qu'en revanche, ils ne tolèrent aucun changement brutal de contraintes. C'est pourquoi une utilisation douce à vitesse constante et faible est indispensable [63].
- La conicité majorée augmente la rigidité des instruments de gros diamètre et donc les risques d'erreurs per opératoires (butées, élargissement apical etc.) [63].
- la présence de fortes courbures canalaire limite l'utilisation des instruments NiTi [64].
- La fracture instrumentale peut survenir :
  - *par torsion* : Lors de l'application d'une torsion sur un instrument, celui-ci subit d'abord une déformation élastique et peut, si la torsion s'arrête, reprendre sa forme initiale sans déformation permanente. Si la torsion est maintenue, la déformation devient permanente, indiquant que la limite élastique a été atteinte. À ce stade, l'instrument ne peut plus récupérer sa forme initiale. Dès lors, la fracture peut intervenir plus ou moins rapidement si la torsion persiste [9].
  - *par flexion* : elle intervient lorsque l'instrument est utilisé de manière répétée entraînant des modifications microscopiques dans la structure du matériau. Plus le canal courbe, plus les contraintes sur l'instrument sont élevées et plus la fracture intervient rapidement [75].
  - *par fatigue* : La fatigue cyclique est la conséquence d'une accumulation de stress dans la masse de l'alliage au cours d'une utilisation prolongée dans une courbure ou lors d'utilisations successives [9].

## 5.5. Etude comparative entre l'acier inoxydable et Nickel-titane selon la littérature :

- **La mémoire de forme :**

Les instruments en Ni-Ti tolèrent une déformation de 10% alors qu'elle ne doit pas excéder 1% pour ceux en acier sous peine de dépasser la limite élastique et donc d'obtenir une déformation résiduelle [63].

- **La flexibilité :**

La force nécessaire pour courber de 45° une lime en acier est de 2 à 3 fois supérieure à celle nécessaire pour courber une lime de même diamètre en NiTi [55].

- **Résistance à la torsion:**

Les instruments en Ni-Ti sont moins résistants à la torsion que ceux en acier. Cela est peut-être lié à leur mode d'usinage par micro-meulage et non par torsion, comme c'est le cas pour les instruments en acier. Cet usinage par meulage entraîne la formation de défauts de surface avec, par conséquence, un affaiblissement du matériau lui-même [67].

- **La conicité majorée**

Une augmentation de la conicité d'un instrument augmente son efficacité de coupe et réduit sa surface de contact avec les parois canalaire. Cependant, la faible flexibilité des instruments en acier a contraint les fabricants à limiter la conicité des limes à 2% ce qui, évidemment, rend difficile l'obtention d'une préparation conique et reproductible. Ce n'est qu'avec l'avènement du Ni-Ti et sa remarquable flexibilité que sont apparus les instruments à conicité majorée. Leur efficacité de coupe reste cependant moins élevée que celle des instruments en acier inoxydable [63].

- **L'efficacité de coupe**

L'efficacité de coupe des limes en NiTi se révèlent inférieure à celle des limes traditionnels en acier [67]. Cette efficacité de coupe devient nettement supérieure pour l'instrument NiTi dès que l'action mécanique est activée.

- **La biocompatibilité**

La biocompatibilité tissulaire du Ni-Ti évaluée in vitro et la résistance à la corrosion sont supérieure à celles des aciers inoxydables.

Les caractéristiques	Nickel-Titane	Acier inoxydable
la Mémoire de forme	++++	+
La flexibilité	+++	+
Résistance à la torsion	+	++
La conicité majorée	+++	+
L'efficacité de coupe	+	++
La Biocompatibilité	+++	+

**Tableau 03** : Tableau comparatif entre les caractéristiques de l'alliage Nickel Titane et l'alliage acier inoxydable.

## 6. LES NOUVEAUX CONCEPTS DE LA PREPARATION CANALAIRE MECANISEE : ROTATION CONTINUE ET MOUVEMENT DE RECROISEMENT

### 6.1. La mise en forme canalaire en rotation continue

#### 6.1.1. Définition et principe

La découverte du Nickel Titane (NiTi) à la fin des années 80 a été une vraie révolution dans le domaine de l'endodontie. Cet alliage est superélastique et très flexible. Ces propriétés ont permis aux courbures canalaires d'être plus négociable. En effet, la superélasticité du NiTi favorise le respect de l'anatomie canalaire lors de la préparation et permet de maintenir le diamètre apical en minimisant le phénomène de déchirure ou l'ovalisation apical « zipping ». L'un des inconvénients de l'alliage NiTi reste une capacité de coupe réduite en comparaison avec celle de l'acier [28].

Les premiers instruments en NiTi étaient destinés à une utilisation manuelle mais pour combler le manque de coupe ils ont été couplés à une mécanisation [28], en utilisant la dynamique de la rotation continue à basse vitesse développée par Mac Spaden et Ben Johnson en 1990 [57].

Ainsi la grande flexibilité de l'alliage permet la confection d'instrument de conicité augmentée, cette conicité majorée permet une préparation corono-apicale optimale facilitant ainsi l'irrigation (la préparation chimique), qui devient plus profonde et plus efficace.

Le principe de mise en forme proposé pour les systèmes mécanisés en rotation continue est la préparation corono-apicale dite « crown down » décrite par Marshall et Papin. Cette technique consiste à instrumenter le canal en commençant par la partie coronaire et en progressant en direction apicale jusqu'au foramen apical, dont le but est d'éliminer les interférences coronaires afin de pouvoir aborder les dernières millimètres apicaux dans les meilleures conditions [76].

Les systèmes actuels découlent de l'association de la rotation continue qui maintient les instruments centrés dans le canal, et de l'utilisation d'instrument de conicité majorée en Nickel Titane [19] et suivant le principe du Crown Down.

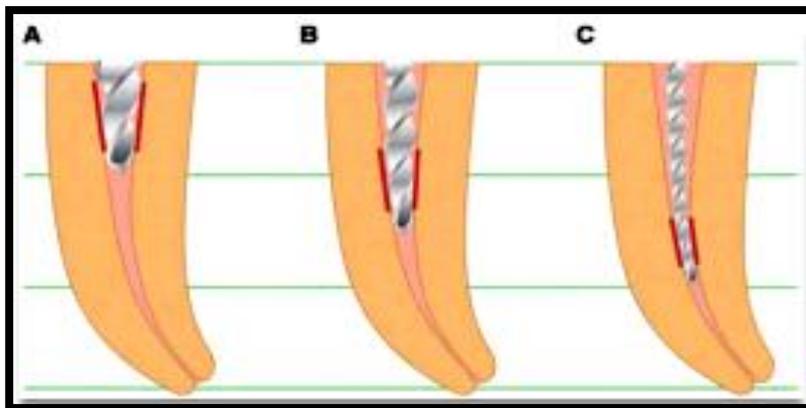
Les différentes études publiées, comparant les mises en forme canalaires réalisées à l'aide des instruments manuelles en acier inoxydable utilisés en mouvement de limage vertical avec celle réalisée avec des instruments rotatifs en Nickel Titane, ont montrés que la plupart de ces dernies permettaient :

- Moins de transport de la trajectoire originelle, évitant ainsi les butées et les déchirures du foramen apical.
- Une préparation canalaire plus rapide.
- Une réduction de refoulements des débris dans le périapex, principale cause des LIPOE (lésion inflammatoire périapicale d'origine endodontique).
- Des résultats fiables et reproductibles, même lors de leur utilisation par des opérateurs relativement inexpérimentés [19] [58].
- Une amélioration de la qualité des traitements réalisés sur patients [58].

## 6.1.2. La technique de préparation corono-radicaire (Crown Down)

### 6.1.2.1. Définition

La technique de préparation par paliers progressifs (crown down) est préconisée pour le nettoyage et la mise en forme parce qu'elle élimine les interférences et crée un évasement coronaire conique. D'abord conseillée pour la préparation manuelle, la technique par paliers progressifs s'applique aussi à l'utilisation des limes en Nickel Titane [77]. Cela consiste en un élargissement des entrées canalaires avec un instrument à forte conicité, puis les 2/3 coronaires, et le 1/3 apical sont préparés avec des instruments à conicité décroissante. La raison principale à l'utilisation de cette approche, est d'éviter à l'instrument d'avoir une trop grande surface de contact avec les parois canalaires responsables de la friction (effet de gaine) (Fig 60), et ainsi réduire l'incidence de fracture par torsion [42].



**Fig 60:** Schématisation de la technique crown down, l'instrument s'engage dans la dentine radicaire sur sa portion apicale (zone rouge) réduisant la surface de contact, le torque et le risque de fracture [42].

### 6.1.2.2. Les avantages biologiques de la technique Crown Down

- Elimination des débris tissulaires coronaires, minimisant ainsi l'extrusion des débris périapicalement.
- Des volumes plus importants d'irrigant peuvent atteindre les irrégularités du canal dans les premiers stades de la préparation du canal en raison de l'évasement.
- La création d'un réservoir à solution d'irrigation, facilitant son renouvellement [38].

### 6.1.2.3. Les avantages mécaniques de la technique Crown Down

- Sensation tactile améliorée avec les instruments en raison de suppression des interférences coronaires.
- Nettoyage canalair 1/3 par 1/3 [38].
- Diminution du risque de blocage et de vissage [42].
- Les instruments les plus petits sont utilisés dans la partie apicale du canal dont les instruments les plus gros n'ont pas besoin d'être forcés mais gardés à court de l'apex [38].
- Dans le cas des canaux courbés après avoir fait un évasement coronaire les instruments peuvent atteindre l'apex plus facilement en raison de la diminution des déviations des instruments dans le canal.
- La forme conique du canal souhaitée peut être obtenue (étroite à l'apex plus large au 1/3 coronaire du canal) [38].

#### 6.1.2.4. La technique de réalisation

La gestion correcte des parties canalaires cervicales permet d'aborder le tiers apical correctement, permettant un travail contrôlé, et sans pression. Chaque étape est précédée d'une phase d'exploration et pré-élargissement.

- **Exploration de la portion accessible du canal et pré-élargissement :**

L'objectif à ce stade n'est pas d'atteindre la longueur de travail à tout prix mais de recueillir des informations relatives à l'accès et d'assurer un passage aux pointes des instruments rotatifs qui viendront mettre en forme les parties les plus coronaires du canal, afin de permettre un accès à la zone apicale sans contraintes coronaires<sup>[9]</sup>.

- **Mise en forme des 2/3 coronaires :**

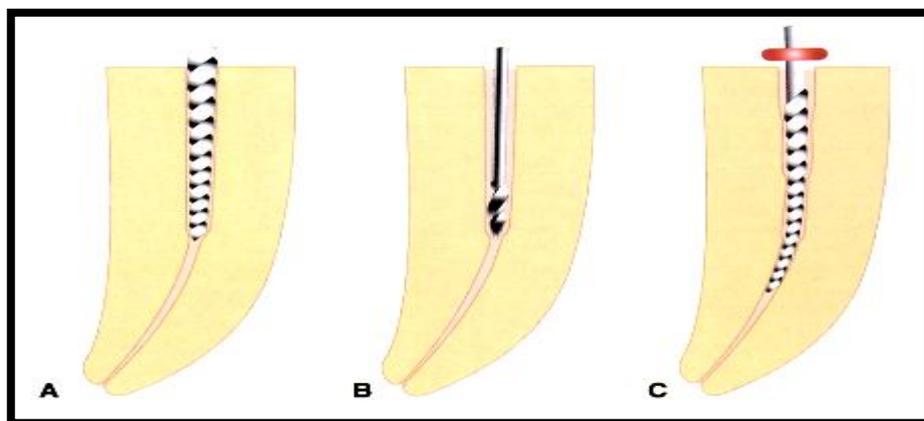
De nombreux instruments sont à la disposition des praticiens pour la mise en forme de cette partie du canal, qui peut se faire soit manuellement, soit en utilisant les instruments NiTi conçus à cet effet et présents dans quasiment tous les systèmes de la rotation continue. Ils ont deux caractéristiques communes : ils sont de plus forte conicité et plus courts que les autres instruments de la série qui sont destinés à travailler plus apicalement<sup>[9]</sup>.

- **Mise en forme du 1/3 apical :**

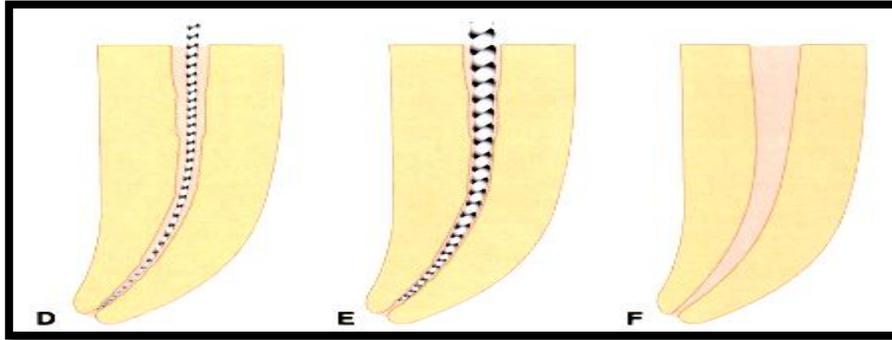
Après la mise en forme des 1/3 supérieurs, l'exploration de la zone apicale nous permet de :

- Rassembler des informations sur l'anatomie apicale.
- Déterminer de manière précise la LT.
- Vérifier la perméabilité foraminale.

Avec ces informations récoltées, la mise en forme apicale peut être réalisée de manière extrêmement fiable avec les instruments du système choisi par l'opérateur<sup>[42]</sup>.



**Fig 61:** A et B préparation de tiers coronaire à l'aide des instruments rotatifs, après le pré-élargissement, le foret de Gate en image B ne doit pas dépasser l'entrée canalair car l'usage excessive ou non contrôlé peut endommager la paroi interne du canal C. Préparation de tiers moyen du canal<sup>[60]</sup>.



**Fig 62:** D. Déterminations de la longueur de travail E. Préparation de tiers apical du canal F. à la fin de la préparation on obtient une forme conique du canal [60].

### 6.1.3. L'instrumentation en Rotation Continue :

#### 6.1.3.1. Les différents systèmes de la préparation canalaire séquentielle les plus utilisés en rotation continue :

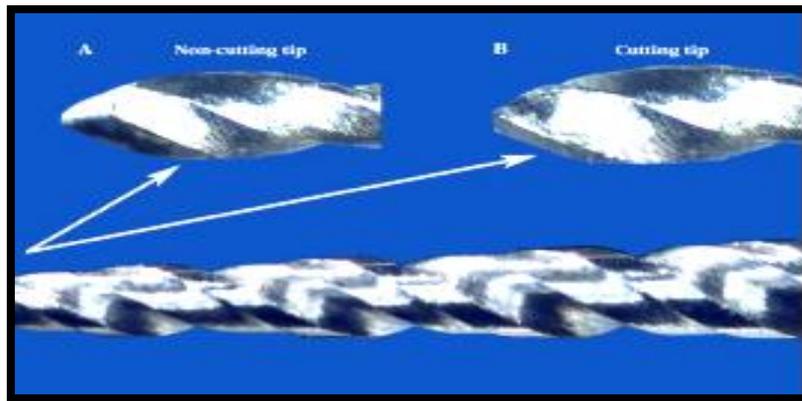
- **Le système ProFile®** : (Dentsply Maillefer) l'un des premiers systèmes sur le marché, c'est un instrument avec méplat radiant (radial land), il présente une section en triple U (U shaped grooves) [38] (Fig 63) et une masse centrale réduite, ce qui lui confère une bonne flexibilité. Le système est composé de :
  - ProFile® OS (orifice shapers) : au nombre de 6, de différentes conicités (de 5% à 8%) avec une seule longueur 19 mm destinés à l'ouverture coronaire.
  - ProFile® en conicité 6% : disponibles en 2 longueurs (21, 25mm) et du diamètre 15/100 au diamètre 40/100 destinés à la progression le long du canal.
  - ProFile® en conicité 4% : disponibles en 3 longueurs (21, 25, 31mm) et du diamètre 15/100 au diamètre 90/100 utilisés dans les canaux fins et courbes afin de permettre le passage des instruments 6%.
  - ProFile® en conicité 2% : leur utilisation reste limitée [19].



**Fig 63** : L'instrument ProFile® [2].

- **Le système Quantec®** : (Sybron Endo) est un instrument de section asymétrique et il est disponible en 2 pointes différentes à une pointe coupante et une pointe non coupante (Fig 64). Le Quantec® est caractérisé par une conception particulière, il présente à distance de la lame de coupe une cuvette très efficace pour canaliser les débris et un angle d'hélice qui varie le long de la lame active pour éviter l'effet de vissage. Le système comprend 3 Quantec Flare, instruments courts et rigides (17mm) de diamètre 25/100, en conicité 12%, 10% et 8%, des instruments de diamètre 15/100, 20/100, 25/100, 30/100, 35/100 et 40/100 en conicité 2% ainsi des instruments de

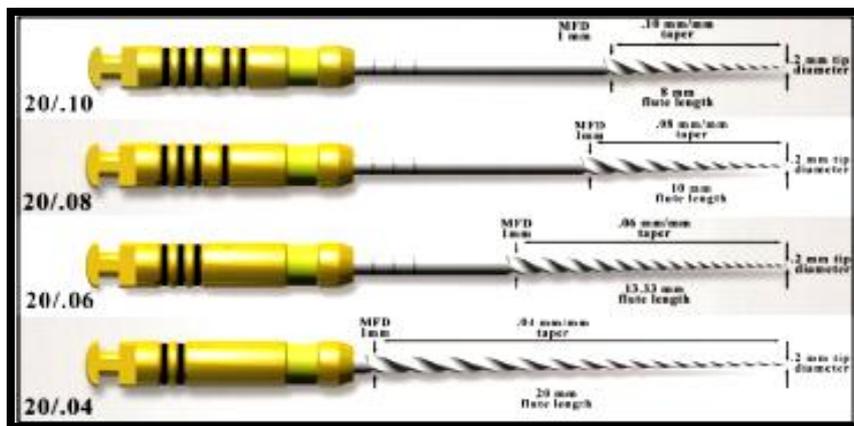
diamètre 25/100 en conicité 3%, 4%, 5% et 6% [19] [78].



**Fig 64** : L'instrument Quantec® [78].

- **Le système Prosystem GT®** : (Dentsply-Maillefer) a été développé pour répondre à une large gamme de défis anatomiques [79]. Il est composé de 3 séries de 4 instruments :
  - Une série d'instruments de 20/100 de diamètre à la pointe (Fig 65).
  - Une série d'instruments de 30/100 de diamètre à la pointe.
  - Une série d'instruments de 40/100 de diamètre à la pointe.

Au sein de chaque série, chaque instrument possède une conicité différente, 10%, 8%, 6% et 4%. Une quatrième série présente 3GT accessoires de conicité 12% avec des diamètres 50/100, 70/100 et 90/100 qui sont destinés à l'ouverture coronaire des canaux. Le choix de la série se fait selon la forme initiale de canal ce qu'on appelle le choix de la lime objective de la mise en forme (LOM) [19] [80].



**Fig 65**: L'instrument Prosystem GT® [79].

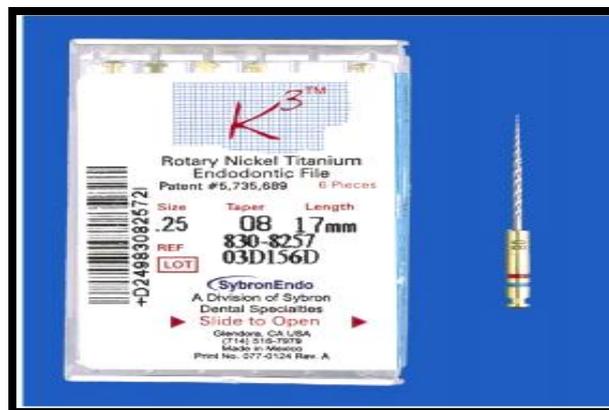
- **Le système Hero 642®** : ( MicroMéga) le profil de l'instrument est hélicoïdal, sans méplat radiant, avec trois angles de coupe et une âme centrale importante. Il comporte neuf instruments principaux : des instruments de 20/100, 25/100 et 30/100 de diamètre, chacun étant décliné en 6, 4 et 2 % de conicité, complétés par des instruments de 2% de conicité en 35/100, 40/100 [19] [58].
- **Le système FlexMaster® ou ConeFlex®** : (Dentsply VDW) le système comprend des instruments à section triangulaire convexe dont les caractéristiques sont proches de celle de Hero 642®.

Il comporte l'IntroFile®, instrument court (19 mm), de 22/100 de diamètre et de 11 % de conicité, ainsi que des instruments de 20/100, 25/100 et 30/100 de diamètre, chacun en conicité de 2, 4 et 6 % (Fig 66) [19] [58].



**Fig 66:** L'instrument FlexMaster® [81].

- **Le système K3® :** (SybroEndo) c'est le moins flexible des systèmes à méplat radiant, comprend 2 orifices openers, instruments courts (17 mm), de 25/100 de diamètre et de 10 et 8 % de conicité (Fig 67), ainsi que des instruments de 6 et 4 % de conicité en 15/100 à 60/100 de diamètre et de 2 % de conicité en 15/100 à 45/100 de diamètre [19] [58].

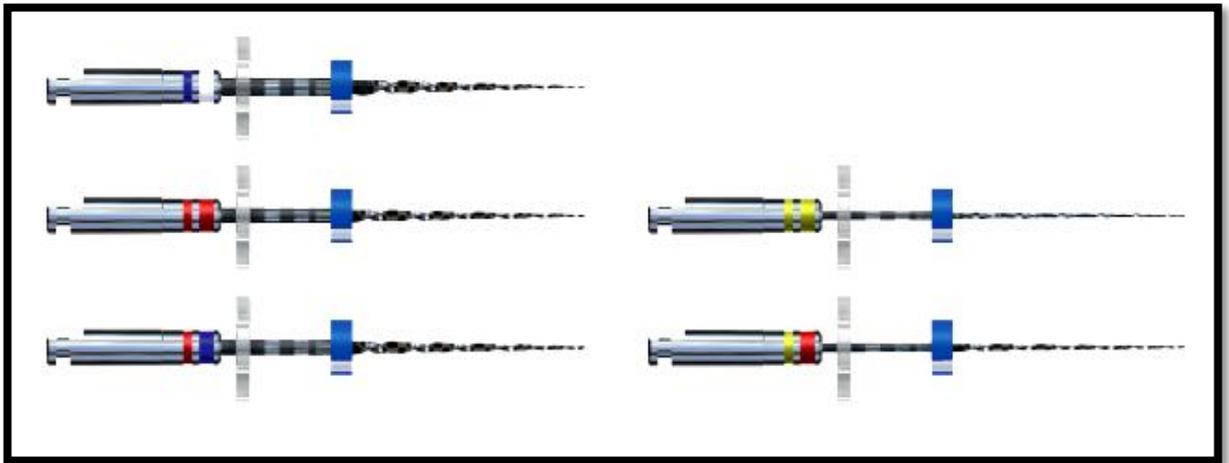


**Fig 67 :** L'instrument K3® [82].

- **Le système Heroshaper® :** (Micro Mega) présente la même section hélicoïdale que le HERO 642®. La modification essentielle concerne le pas des lames de l'instrument : le pas et la longueur de la partie active varient en fonction de la conicité, ce qui permet de limiter l'effet de vissage ressenti avec le HERO 642® et d'améliorer la flexibilité de l'instrument. En complément du HERO Shaper®, un instrument court (15 mm) et rigide, de 25/100 de diamètre et de 12 % de conicité, destiné à l'ouverture coronaire du canal, a été introduit : l'EndoFlare®. Pour la région apicale, et afin de permettre l'obtention d'une meilleure conicité, le praticien pourra utiliser les HERO Apical® (deux instruments de 30/100 de diamètre, en 6 et 8 % de conicité). Ces instruments sont disponibles avec deux types de manches : un manche classique qui leur permet d'être utilisés sur les contre-angles à attachement traditionnel ou un manche InGet®

(integrated gear technology) nécessitant leur utilisation sur un contre-angle spécifique, l'ensemble contre-angle/instrument permettant alors une réduction de la hauteur et de l'encombrement par rapport aux instruments classiques [19] [58].

- **Le système RaCe®** : (FKG) de section triangulaire, cet instrument présente une spire alternée qui élimine l'effet de vissage en rotation. Il présente des instruments d'ouverture coronaire de 10 % et de 8 % de conicité. Les instruments de préparation du tiers apical sont des instruments de 4 et 2 % de conicité. C'est le système par excellence pour la mise en forme apicale selon le concept de l'élargissement apical, avec des instruments flexibles (Fig 68), sans effet de vissage. Il offre également une série d'instruments pour l'exploration et le pré-élargissement canalaire (Scout RaCe®) et des instruments pour la préparation apicale (SApex®) qui peuvent être utilisés pour sécuriser la portion apicale du canal en début de préparation avec les instruments de petit diamètre, ou préparer la zone apicale en forme de box avec les instruments de gros diamètre. Les instruments ont subi un traitement de surface par électro polissage censé augmenter leur résistance à la fatigue cyclique [58].

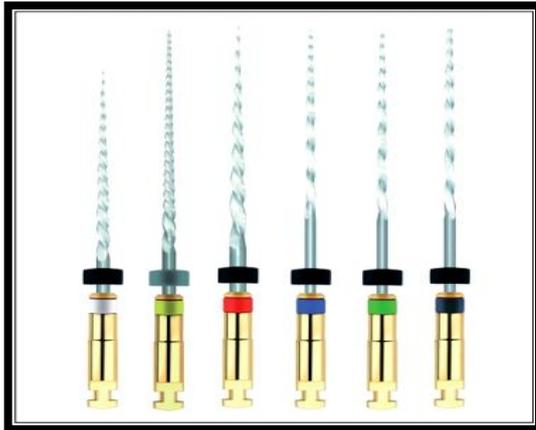


**Fig 68** : L'instrument RaCe® [83].

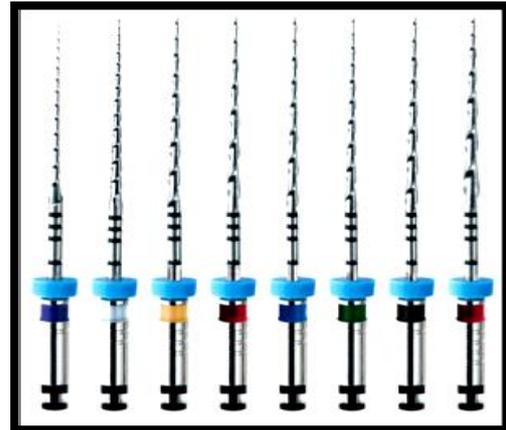
- **Le système TwistedFile®** : ou TF® (SybronEndo) est le seul qui présente des limes en Nickel-Titane torsadées (et non usinées), grâce à un traitement thermique spécial de l'alliage (R-Phase). Il présente des instruments de 25/100 de diamètre en 12, 10, 8, 6 et 4 % de conicité, ainsi que des instruments de 30/100 et 35/100 de diamètre en 6 % de conicité et de 40/100 et 50/100 de diamètre en 4 % de conicité. Les instruments sont disponibles en 23 et 27 mm de longueur [9] [58].
- **Le système AlphaKite®** : (Komet) il présente un profil coupant avec une conicité constante. Il comporte des instruments d'ouverture coronaire de 10 % et de 8 % de conicité, et des instruments de préparation de 6 et 4% de conicité. Les instruments sont recouverts de nitrure de titane censé améliorer et prolonger l'efficacité de coupe [9] [58].
- **Le système Revo-S®** : (Micro Mega) il comporte une séquence de base de 3 instruments : SC1, SC2 et SU qui permettent de réaliser une préparation canalaire complète (Fig 69). 3 autres instruments complémentaires : AS30, AS35 et AS40 pour la finition apicale. La particularité du système est de présenter une section avec une face décalée, asymétrique, qui procure aux instruments un mouvement de reptation dans le canal. Seul l'instrument SC2 possède une section équilatère pour un meilleur centrage de l'instrument. Les instruments possèdent une

section grossièrement triangulaire, avec 3 angles de coupe positifs. Il présente aussi une pointe inactive et un pas progressif qui limite l'effet de vissage [9] [58].

- **Le système Mtwo®** : (Dentsply VDW) il présente des instruments de diamètre et de conicité croissants. L'instrument a un profil asymétrique en forme de S avec deux lames de coupe (Fig 70). À l'opposé de tous les autres instruments qui fonctionnent en préparation corono-apicale, le fabricant recommande une utilisation successive de tous les instruments jusqu'à l'apex ce qu'on l'appelle le concept de la longueur unique qui est spécifique pour le système Mtwo® [9] [58].

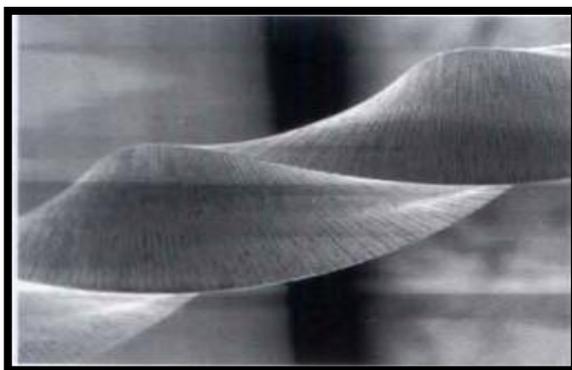


**Fig 69** : L'instrument RevoS® [9].

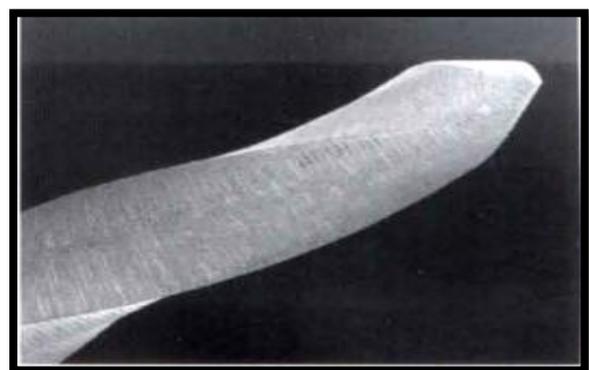


**Fig 70** : L'instrument Mtwo® [9].

- **Le système HyFlex®** : (Coltene) il présente un instrument d'ouverture coronaire de 8% de conicité en diamètre 25/100 à la pointe, des instruments de conicité 4% du diamètre 15/100 au diamètre 60/100 et des instruments de conicité 6% du diamètre 15/100 au diamètre 40/100. Des limes de section triangulaire et sont fabriqués dans un alliage NiTiCM (controlled memory) qui permet aux limes de maintenir une déformation permanente afin de mieux respecter de l'anatomie canalaire [58].
- **Le système ProTaper Universal®** : (Dentsply-Maillfer) Son nom est issu du terme « progressively tapered » qui signifie en français « progressivement conique » [84]. Le ProTaper® présente sur le même instrument des conicités multiples [84]. L'instrument est caractérisé par une lame active sans méplat radiant (Fig 71) qui procure une efficacité remarquable [66], il présente un angle d'hélice et un pas variables [85], une pointe non coupante [6] et une section transversale triangulaire convexe (Fig 72) [66].



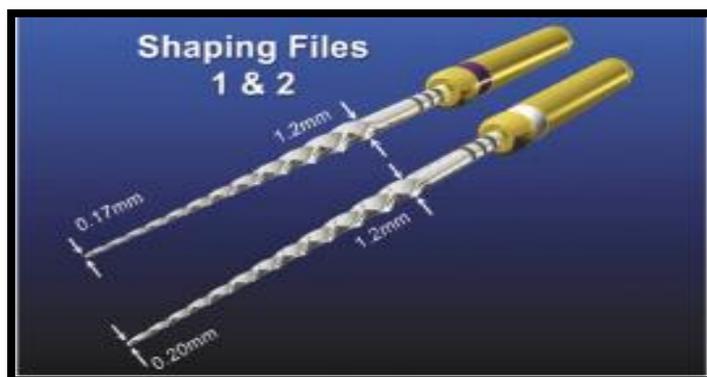
**Fig 71** : Une lame active ProTaper® [19].



**Fig 72** : Pointe non coupante ProTaper® [19].

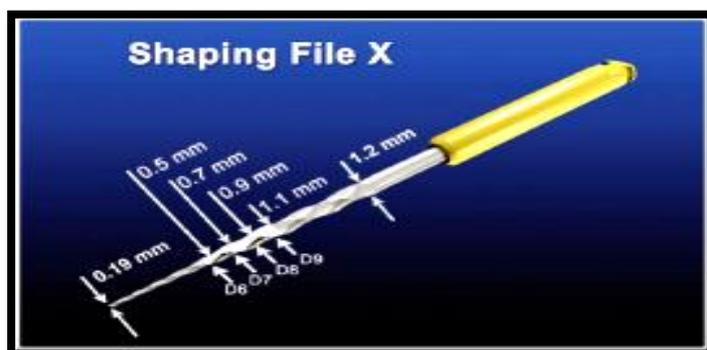
Le système est composé de 8 instruments :

- Les Shaping Files : ont une conicité maximale dans la partie coronaire et médiane. Ils sont destinés à ouvrir la trajectoire canalaire dans ces zones [6].
- Shaping File 1(S1) (bague violette) en forme de Tours d'Eiffel [85], présente 12 conicités différentes le long de sa partie active [6], ces conicités varient de 2 à 11% [84]. Le diamètre est de 18/100 au niveau apicale. Ces instruments sont fabriqués en deux longueurs 21 et 25 mm [66] (Fig 73) et ils sont destinés à mettre en forme le tiers coronaire du canal tout en assurant la perméabilité des deux tiers apicaux et le centrage dans le canal [85].



**Fig 73** : Shaping file 1 et 2 de Protaper® [86].

- Shaping File 2(S2) (bague blanche): présente 9 conicités différentes à partir de la pointe [6], ces conicités varient de 4 à 11.5% [84]. Le diamètre est de 20/100 au niveau apical (Fig 73). Ces instruments sont commercialisés en deux longueurs 21 et 25 mm [66] et ils sont destinés à mettre en forme le tiers moyen tout en augmentant le volume de la région apicale de façon à faciliter la mise en place de la Finishing File numéro 1 [85].
- Shaping File SX (auxiliaire) : Qui présente la même forme que La Shaping File numéro 1 [85]. Il existe en une seule longueur (19mm) [6] et présente 9 conicités différentes allant de 3.5 à 19 % (Fig 74) [84]. Le diamètre de la pointe est de 19/100 de millimètre [84].
- Le SX est un instrument de complément qui peut être utilisé dans les deux cas de figure suivante :
- ✓ Pour relocaliser une entrée canalaire, à la place de l'utilisation du foret de Gates dans l'étape ultime de la cavité d'accès.
- ✓ Dans le cas d'un canal très court (longueur de travail inférieure à 16mm), en remplacement de S1 et S2 [26].



**Fig 74**: Shaping File X de Protaper® [86].

- Les Finishing Files : présentent des conicités variables inversées à partir de 4<sup>e</sup> mm de la pointe. Les conicités importantes au niveau de portion apicale sont destinées à la finition apicale .Ils sont reconnaissables par la présence sur le mandrin d'un anneau blanc et ils sont fabriqués en deux longueurs 21 et 25 mm <sup>[66]</sup>.
- Finishing File 1 (F1) : présente 2 conicités décroissantes à partir d'un diamètre de pointe de 20/100 avec une conicité de 7 % sur les 3 mm apicales puis la conicité passe à 5.5 % sur le reste de la partie active de l'instrument <sup>[6]</sup> .Il est marqué sur le mandrin d'un anneau jaune (Fig 75) et il est fabriqué en deux longueurs 21 et 25 mm <sup>[66]</sup>.
- Finishing File 2 (F2) : Présente 3 conicités décroissantes à partir d'un diamètre de pointe de 25/100 avec une conicité de 8 % sur les 3 mm apicaux, la conicité passe à 6% sur 2 mm puis à 5.5% sur le reste de la partie active de l'instrument <sup>[6]</sup>. Il est marqué sur le mandrin un anneau rouge (Fig75) et il est commercialisé en 2 longueurs 21 et 25 mm <sup>[66]</sup>.
- Finishing File 3 : Présente 3 conicités décroissantes à partir d'un diamètre de pointe de 30/100 avec une conicité de 9 % sur les 3 mm apicaux, la conicité passe à 7% sur 2 mm puis à 5% sur le reste de la partie active de l'instrument <sup>[6]</sup>. Il se distingue par la présence sur le mandrin d'un anneau bleu (Fig 75) et il existe en 2 longueurs 21 et 25 mm <sup>[66]</sup>.
- Les Finishing Files 4 et 5 : Se reconnaissent respectivement par leur rond de couleur noir et jaune, les diamètres à la pointe sont 40/100 pour F4 et 50/100 pour F5 <sup>[66]</sup>. Ils présentent une conicité constante sur les 3 mm apicaux de 6 % pour le F4 et 5 % pour le F5. Au delà de 3 premiers mm la conicité est inversée et diminue en allant vers le manche <sup>[84]</sup>.



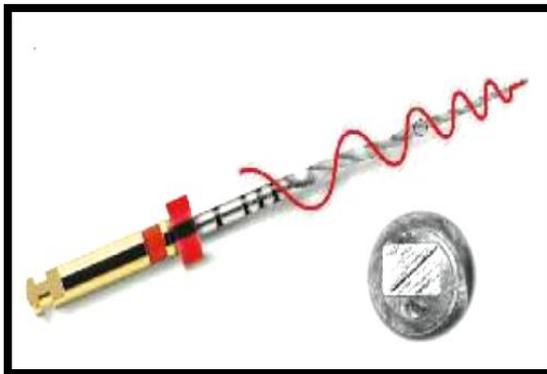
**Fig 75** : Finishing Files de Protaper® <sup>[86]</sup>

La conicité décroissante permettrait une meilleure flexibilité des instruments, l'action des limes se concentre alors sur leur extrémité apicale, elle permettrait aussi de réduire les risques de sur-préparation des 2/3 coronaires. La large conicité apicale faciliterait le nettoyage et l'irrigation du canal <sup>[84]</sup>.

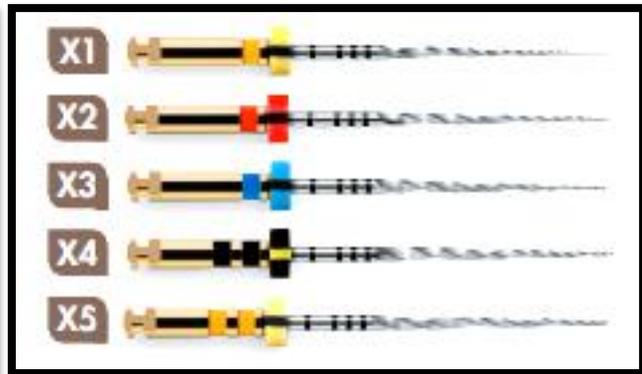
- **Le système ProTaper Next®** : (Dentsply-MAiLlfer) il a été commercialisé en 2013, et il est considéré comme un successeur du système ProTaper Universal® <sup>[87]</sup>. Les ProTaper Next® (PTN) sont présentés en blister pré stérilisé, donc prêts à l'emploi. Le système inclut cinq instruments nommés X1, X2, X3, X4 et X5 avec des marques d'identification colorées, respectivement, jaune, rouge, bleu pour X1, X2 et X3, et une double marque noire et jaune pour X4 et X5 (Fig 77). Les instruments sont disponibles dans les trois longueurs classiques : 21, 25 et 31 mm et ont un manche court de 11 mm pour faciliter l'accès aux dents postérieures. Tous présentent des conicités progressives et régressives sur leur lame active afin d'améliorer la flexibilité et permettre

une préparation plus conservatrice de la structure radiculaire dans la région coronaire. Trois particularités combinées caractérisent les PTN [88] :

- Tous les instruments présentent des conicités variables, progressives et régressives pour réduire l'effet de vissage et améliorer la flexibilité.
- L'alliage utilisé est le M-Wire qui allie flexibilité et résistance à la fatigue cyclique tout en conservant suffisamment de rigidité pour optimiser l'efficacité de coupe. Le M-wire procure une sécurité d'utilisation plus grande avec une sensation tactile très douce ainsi qu'une bonne aptitude à gérer des courbures complexes.
- Enfin, la section est rectangulaire (Fig 76) pour réduire la masse de l'instrument et libérer de l'espace pour l'élimination des débris, sauf dans les trois derniers millimètres apicaux du X1 où la section devient carrée pour accroître la résistance [88].



**Fig 76:** La section transversale de PTN [87].



**Fig 77:** La séquence PTN [89].

Mais l'innovation majeure des PTN est liée au fait que les instruments présentent une section décalée dont le centre est différent de l'axe de rotation. Ainsi, mis en rotation, ils engendrent un mouvement ondulatoire, dit de précession, créant une série de vagues sinusoïdales le long de la partie active à l'origine d'une enveloppe de mouvement mécanisée. Celle-ci détermine un volume canalaire plus important que le profil initial des instruments [88].

- **Le système PROTAPER®GOLD :** (Dentsply-Maillfer) La technologie PROTAPER®GOLD comprend une séquence d'instruments de mise en forme et de finition bénéficiant des caractéristiques du PROTAPER® UNIVERSAL (Fig 78). Ce système présente la même géométrie que le ProTaper®Universal avec un traitement thermique Gold ce qui le rend selon le fabricant plus flexible et plus résistant à la fatigue cyclique. Il présente une pointe semi active permet un meilleur respect des trajectoires, une section triangulaire convexe et une conicité variable permettent une bonne efficacité de coupe, tout en réduisant l'effet de vissage [90].

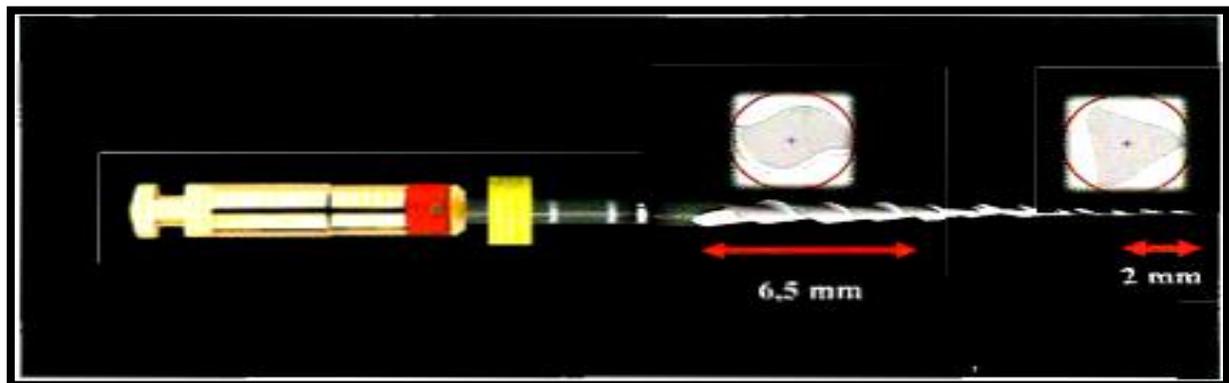


**Fig 78 :** La séquence ProTperGold® [90].

### 6.1.3.2. Les différents systèmes de la préparation canalaire mono-instrumentale en rotation continue :

- Le concept One Shape® :** (MicroMéga) L'instrument One Shape® « new génération » lancé sur le marché en avril 2014, est un instrument en Nickel Titane de diamètre apical 25 /100 de conicité constante 6% existant en trois longueur 21, 25 et 29 mm. Il est conditionné sous blister stérile et il est destiné à être utilisé sur un seul patient [58]. Le One Shape® est caractérisé par la présence de 3 zones (Fig 79) (Fig 80) de sections situées le long de ses 16 mm de lame active :
  - Une section à 3 arêtes de coupe dans les 2 derniers mm apicaux.
  - Une section en double hélice coronaire de 6,5 mm.
  - Une zone de « transition », entre les 2 zones précédentes, de 7,5 mm.

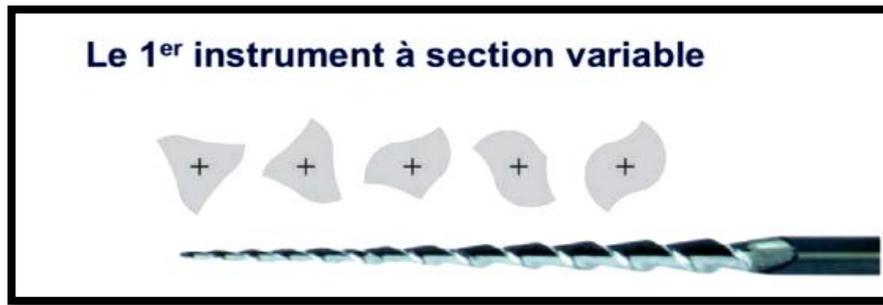
Cette configuration particulière d'instrument à section variable, lui permet d'effectuer l'intégralité de la mise en forme canalaire, simplifiant donc considérablement la séquence instrumentale [91].



**Fig 79:** La configuration à section variable de l'instrument one shape® [58].

L'instrument possède également des atouts de sécurité :

- Sa pointe non travaillante permet sa progression sans blocage.
- Le pas variable de chaque section limite le phénomène de vissage [91].



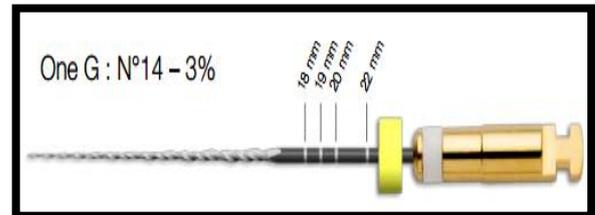
**Fig 80:** La section variable de l'instrument One Shape® [91][92].

La série One Shape® est composée des instruments ci-dessous :

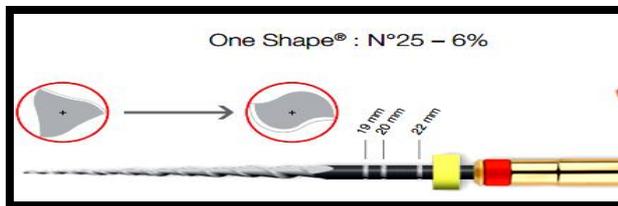
- ENDOFLARE®- Évasement coronaire (Fig 81).
- One G et limes manuelles MMC N°10 et N°15 – Cathétérisme (Fig 82).
- One Shape®-Mise en forme canalaire (Fig 83).
- One Shape®Apical - Finition apical [93] (Fig 84).



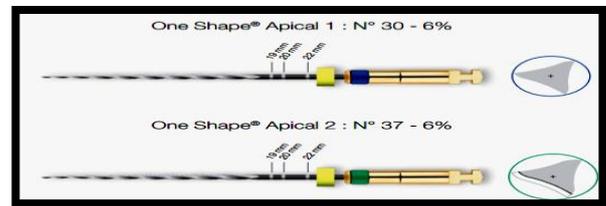
**Fig 81 :** ENDOFLARE® [93].



**Fig 82 :** One G pour le cathétérisme [93].



**Fig 83 :** Le One Shape® pour la mise en forme [93].

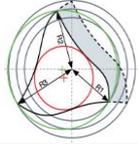


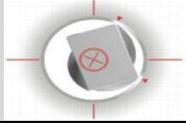
**Fig 84 :** One Shape® apical [93].

- **Le système F360®:** (komet) Il est composé d'un instrument principal de diamètre 25/100 en conicité constante 4%, il est disponible en 3 longueurs 21mm, 25mm et 31mm. Il est livré stérile et destiné à un usage unique pour chaque patient. Des longueurs additionnelles en 35, 45 et 55mm sont également disponibles, en même conicité. La section de l'instrument est en double S, ce qui lui confère une bonne efficacité de coupe.

Le F360® présente un pas variable progressif dont l'angle de coupe varie selon son éloignement de la pointe afin d'augmenter son efficacité et d'optimiser l'évacuation des débris, tout en réduisant l'effet de vissage [58].

6.1.3.3. Tableau présente les différentes caractéristiques des différents systèmes en Rotation Continue :

Système	Fabricant	Conicité	Section	Lame et profil	Angle et pas d'hélice
ProFile®	Dentsply	Constante	En triple Hélice 	Avec méplat radiant	Constant
Quantec®	SybronEndo	Constante	Asymétrique 	Lame active	Variable
ProsystemGT®	Dentsply Maillfer	Constante			
FlexMaster®	VDM	Constante	Triangulaire convexe 	Lame active	Constante
K3®	SybronEndo	Constante	Triangulaire concave 	Avec méplat radiant	Variable
HeroShaper®	MicroMéga	Constante	Triangulaire en hélice 	Lame active	Variable
RaCe®	FKG	Constante	Triangulaire 	Lame active	Variable
TwistedFile®	SybronEndo	Constante	Triangulaire	Lame active	Variable
AlphaKite®	Komet	Constante	Losangique	Lame active	Variable
RevoS®	MicroMega	Constante	Triangulaire en hélice avec une face décalée 	Lame active	Variable
Mtwo®	VDM	Constante	Asymétrique en forme de S 	Lame active	Variable

<b>ProTaper® Universal</b>	<b>Dentply Maillfer</b>	<b>Variable</b>	<b>Triangulaire convexe</b> 	<b>Lame active</b>	<b>Variable</b>
<b>ProTaperNext®</b>	<b>Dentsply Maillfer</b>	<b>Variable</b>	<b>Rectangulaire avec une section décalée dont le centre est différent de l'axe de rotation</b> 	<b>Lame active</b>	<b>Variable</b>
<b>ProTaperGold®</b>	<b>Dentsply Maillfer</b>	<b>Variable</b>	<b>Triangulaire convexe</b>	<b>Lame active</b>	
<b>OneShape®</b>	<b>MicroMega</b>	<b>Constante</b>	<b>section en 3 hélices dans les 2 dernier mm en 2 hélice la partie coronaire une partie de transition</b> 	<b>Lame active</b>	<b>Variable</b>

**Tableau 04** : Tableau présentant les différentes caractéristiques des différents systèmes en Rotation Continue.

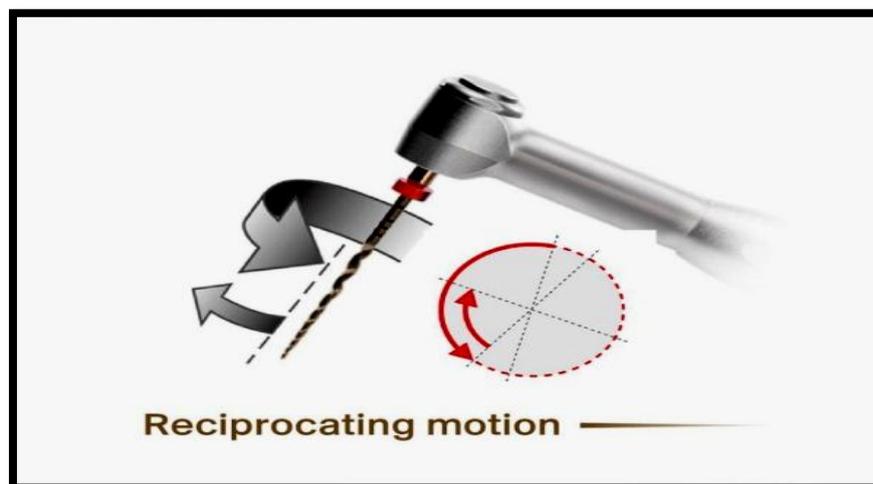
## 6.2. La mise en forme canalaire en mouvement de Réciprocité

### 6.2.1. Définition

Le terme « mouvement réciproque » évoque ici un anglicisme, traduction de « reciprocating motion » en français la traduction devrait être « mouvement alternatif », mais ce terme évoque un mouvement symétrique avec la même amplitude dans les deux sens. Il n'existe donc pas de terme adapté dans la langue française très précise pour définir un mouvement alternatif dont l'amplitude est différente selon le sens de rotation. Par défaut nous utilisons le terme « mouvement réciproque » pour évoquer ce mouvement [94].

La préparation mécanisée en mouvement de réciprocité consiste en une alternance de mouvements anti- horaires et horaires, d'amplitude variable [58] (Fig 85).

Ce mouvement n'a rien à voir avec le mouvement de quart de tours alterné, proposé sur des pièces à main tels que le Gyromatic (Micro méga) ou M4 (Kerr) ou récemment dans le système Endo express [95]. Ce mouvement est extrêmement intéressant puisqu'il permet idéalement d'assurer la mise en forme d'un canal avec un seul instrument [95]. Ce nouveau concept a vu le jour avec les systèmes Reciproc® et le Wave one® en 2011 et de deux dernière version, qui sont le Wave one Gold® en 2013 et le Reciproc® Blue.



**Fig 85:** Mouvement de Réciprocité [96].

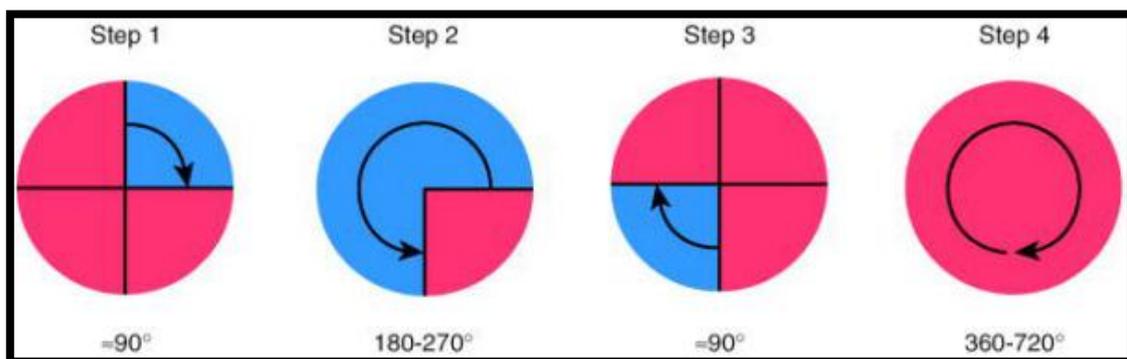
### 6.2.2. Principe d'utilisation

La mise au point de la technique en mouvement de réciprocité a été basée sur le principe des forces équilibrées décrites par Roanne 1985. Cette technique permet de minimiser le phénomène de transport canalaire qui se produit au niveau de la courbure extérieure du canal en raison d'un déséquilibre des forces et des arrêtes de coupe au niveau de la pointe de la lime [97], en utilisant une instrumentation spécifique, les Flex-R-Files®, avec des mouvements alternatifs horaires et antihoraires [63] selon les étapes suivantes:

- Utiliser une lime avec une conception de pointe modifiée (Flex-R).
- L'utilisation de forets de Gates–Glidden (tailles n° 2 et supérieur) pour le préélargissement coronaire est recommandée au début de la technique.

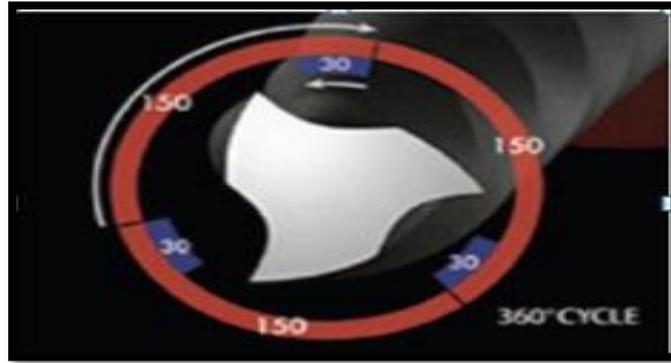
- La première lime est insérée à une longueur initiale dans le canal, et tournée dans le sens horaire d'un 1/4 de tour ce qui provoque l'engagement de dentine canalaire. La lime est ensuite tournée dans le sens anti horaire.
- La rotation dans le sens anti horaire tend à dévisser l'instrument, de sorte qu'une légère pression dans une direction apicale est nécessaire, c'est cette rotation qui fournit réellement l'action de coupe en cisillant la dentine engagée pendant la rotation dans le sens horaire.
- Les limes doivent progressivement être introduites dans le canal jusqu'à la longueur de travail. À la longueur de travail, la lime est tournée passivement dans le sens horaire, tout en empêchant un mouvement apical supplémentaire. Ceci charge la lime avec les débris et la dentine qui seront éliminés quand la lime est retirée du canal. Les limes ne sont pas précourbés, même dans des canaux plus sévèrement incurvés.
- La préparation apicale est complétée par la technique step-back. L'irrigation par le CloNa est indispensable comme pour toute autre technique [97].

Après le lancement des instruments en Nickel-Titane, En 2008, G. Yared a poursuivi les recherches sur ce mouvement pour permettre la préparation canalaire à l'aide d'un seul instrument en Nickel-Titane. Le mouvement alternatif transversal asymétrique (MATA) associe d'abord une rotation dans le sens horaire, sens de coupe (engagement de la lime), suivie immédiatement d'un mouvement de désengagement de la lime dans le sens antihoraire, à une vitesse de 400 tours par minute. Si ce mouvement ressemble à celui des forces équilibrées de Roane, il est en fait opposé. L'instrument utilisé pour ses recherches est le Finishing file 2 (F2) du système ProTaper® Universal (Dentsply-Maillefer) avec le moteur ATR® (Technika) qui était le seul à ce moment là à proposer un tel mouvement. L'instrument est animé d'un mouvement d'amplitude variable: 144° dans le sens horaire et 72° dans le sens antihoraire. Ainsi, 5 cycles sont nécessaires pour la réalisation d'une rotation de 360°. Quand l'instrument est en rotation horaire, il se visse dans le canal alors que quand l'instrument est en rotation antihoraire, il se dévisse dans le canal. Le résultat final est un effet de vissage et de progression dans le canal [76].



**Fig 86:** Un diagramme présente les différents mouvements lors de la préparation manuelle par la technique des forces équilibrées [23].

En conséquence, les instruments doivent être utilisés dans le canal avec un mouvement de picotage et une pression apicale très délicate jusqu'à ce qu'une résistance soit rencontrée. Ensuite, l'instrument est sorti du canal, nettoyé à l'aide d'une gaze afin d'enlever les débris et réemployé de la même manière. Cette étape est répétée jusqu'à ce que F2 atteigne la longueur de travail [76].



**Fig 87:** Schéma présentatif du mouvement de réciprocité avec le système wave one® [98].

## 6.2.3. L'instrumentation en mouvement de Réciprocité

### 6.2.3.1. Les caractéristiques communes

- Les limes sont fabriqués en alliage Nickel-Titane M Wire, plus résistant à la fatigue cyclique que le Nickel Titane traditionnel. Alors que, le Wave One Gold® est fabriqué en alliage gold Wire.
- Les instruments présentent un pas à gauche (une hélice inversée par rapport aux instruments traditionnels) et coupent donc en sens anti horaire. Lors du travail en réciprocité, l'amplitude du mouvement anti horaire doit être plus importante que celle du mouvement horaire afin de permettre à l'instrument d'avancer dans le canal.
- Les instruments présentent un angle d'hélice et un pas d'hélice variables, pour augmenter la flexibilité et permettre une meilleure évacuation des débris.
- Les instruments présentent une conicité variable inversée : la conicité maximale est située sur les 3 derniers millimètres de l'instrument et diminue coronairement. Cette caractéristique permet l'obtention de conicité apicale importante, tout en conférant à l'instrument une flexibilité plus importante par rapport à des instruments en conicité constante. Cela évite aussi une élimination trop importante de dentine coronairement.
- Les instruments sont à usage unique et sont conditionnés en blisters stériles de 3 instruments pour le WaveOne® et de 6 instruments pour le Reciproc® [99], le Wave One Gold® et le reciproc® blue.
- Les bagues de couleurs permettant l'identification des instruments sont en matière plastique déformable à la chaleur [99].
- L'usage unique a pour but d'éliminer les risques de contamination croisée mais surtout de limiter les risques de fractures qui pourraient résulter de l'accumulation de fatigue au sein de l'instrument [99] [100].
- Ils nécessitent tous les quatre l'utilisation d'un moteur spécifique dont les angles de rotation puissent être programmés (Fig 88).



**Fig 88** : Moteurs X-Smart Plus (à gauche) et VDW Reciproc® permettent le mouvement réciproque et la rotation continue [99].

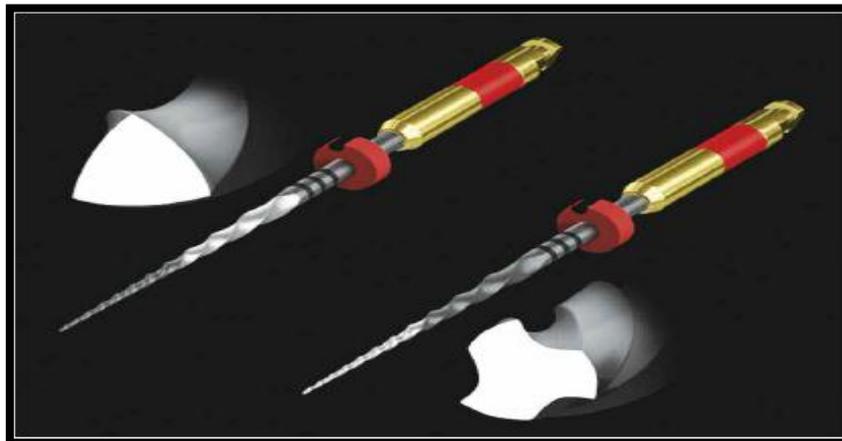
### 6.2.3.2. Les différents systèmes en mouvement de réciprocité :

- **WaveOne®** : (DENTSPLY Maillefer)

Le système comprend 3 instruments disponibles en 21 mm, 25 mm et 31 mm de longueur :

- WaveOne « Primaire » : diamètre 25/100 à la pointe – conicité 8 % sur les 3 mm apicaux.
- WaveOne fin : diamètre 21/100 à la pointe – conicité constante 6 %.
- WaveOne large : diamètre 40/100 à la pointe – conicité 8 % sur les 3 mm apicaux.

La section de l'instrument est triangulaire concave au niveau de la pointe et triangulaire au niveau coronaire (Fig 89). Ce dessin augmente la résistance de l'instrument au niveau de sa pointe et permet une meilleure flexibilité de la lame en coronaire, tout en maintenant un espace suffisant pour l'évacuation des débris [9] [99].



**Fig 89**: Les différentes sections de l'instrument de Wave One ® [101].

- **Reciproc®** : (DENTSPLY VDW)

Le système comprend 3 instruments disponibles en longueur 21 mm, 25 mm et 31 mm :

- Reciproc 1 : diamètre 25/100 à la pointe – conicité 8 % sur les 3 mm apicaux.
- Reciproc 2 : diamètre 40/100 à la pointe – conicité 6 % sur les 3 mm apicaux.
- Reciproc 3 : diamètre 50/100 à la pointe – conicité 5 % sur les 3 mm apicaux.

La section de l'instrument est asymétrique et présente 2 arêtes coupantes (Fig 90) [9] [99].



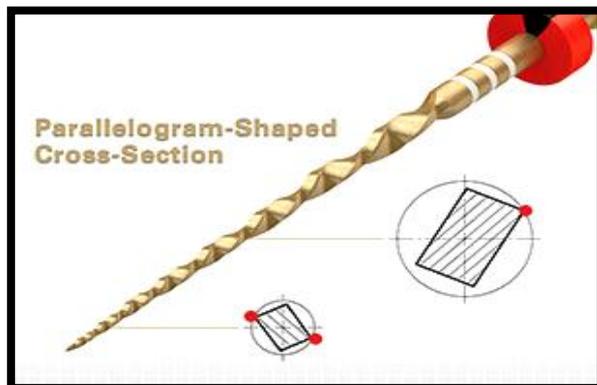
**Fig 90:** A Limes Reciproc et B leur section <sup>[102]</sup><sup>[103]</sup>.

- **Wave One Gold®** : (Dentsply Maillefer)

Fabriqué en Nickel Titane Gold wire, présente 4 instruments disponibles en 4 tailles:

- Wave One GOLD small (jaune) : diamètre 20/100 – conicité 7 % sur les 3 mm apicaux.
- Wave One GOLD primary (rouge) : diamètre 25/100 – conicité 7 % sur les 3 mm apicaux (Fig 92).
- Wave One GOLD medium (vert) : diamètre 35/100 – conicité 6 % sur les 3 mm apicaux.
- Wave One GOLD large (blanc) : diamètre 45/100 – conicité 5 % sur les 3 mm apicaux <sup>[100]</sup><sup>[104]</sup>.

Le Wave One GOLD® présente une section en forme de parallélogramme (Fig 91). Cette section permet un contact alterné des angles coupants de l'instrument avec les parois canalaire, ce qui réduit le stress sur l'instrument et sur la dentine et permet plus d'espace libre pour l'évacuation des débris lors de la coupe <sup>[104]</sup>.



**Fig 91:** Section de l'instrument Wave One Gold® <sup>[104]</sup>.



**Fig 92:** Les instruments de Wave one Gold® <sup>[104]</sup>.

- La particularité de l'alliage de Gold Wire :

L'une des caractéristiques principales du WaveOne GOLD®, est son alliage nickel-titane appelé Gold Wire, du fait de sa couleur légèrement dorée, obtenue suite à un traitement thermique du NiTi conventionnel. Par rapport au MWire (dont est fabriqué le WaveOne classique), l'alliage Gold est :

- Plus résistant à la fatigue cyclique que le nickel titane traditionnel et que le nickel-titane MWire.
- Plus résistant à la torsion que le WaveOne classique (le nombre de degré en rotation avant fracture lorsque la pointe est bloquée est supérieur).
- Plus flexible, il présente un angle résiduel après flexion plus important que celui du MWire. L'angle résiduel indique une déformation permanente après flexion. Un instrument dont l'angle résiduel est

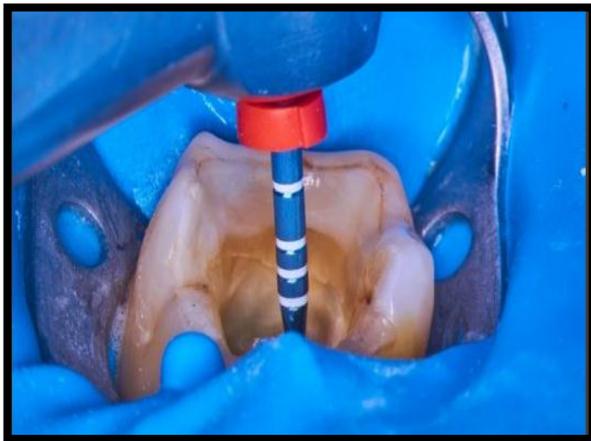
important permettra un meilleur centrage de la préparation, dans la mesure où il ne cherchera pas à se redresser pour retrouver sa forme initiale <sup>[100]</sup>.

- **RECIPROC®Blue** : (Dentsply sirona) (2016)

La nouvelle génération d'instruments RECIPROC® blue s'appuie sur le concept de RECIPROC® en offrant plus de flexibilité et résistance à la fatigue cyclique grâce à son nouveau traitement thermique « blue treatment ». Le système comprend 3 instruments disponibles en 21mm, 25mm et 31mm de longueur.

- R25 (rouge): pour les canaux étroits (Fig 93, 94 et 95).
- R40 (noire) : pour les canaux intermédiaires.
- R50 (jaune) : pour les canaux larges (Fig 95).

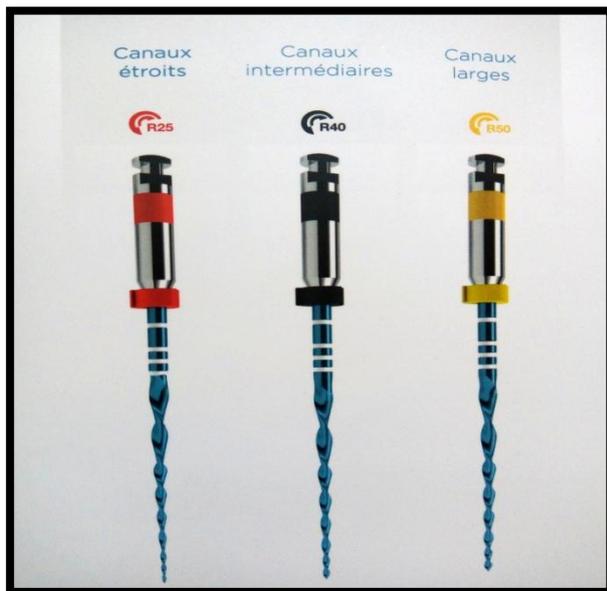
L'instrument possède un mandrin de 11 mm pour améliorer l'accès canalair. Il présente une section transversale en « S » (Fig 96), et une pointe non active qui permet une mise en forme en douceur au niveau de l'apex <sup>[105]</sup>.



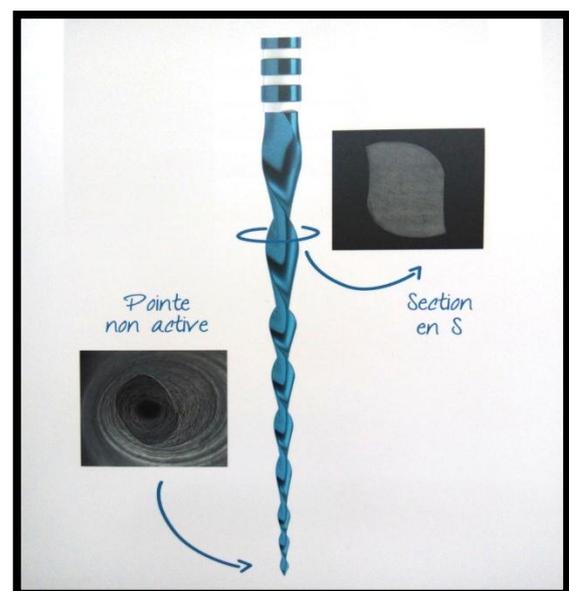
**Fig 93** : L'instrument Reciproc® blue <sup>[106]</sup>



**Fig 94** : L'efficacité de coupe du Reciproc®blue <sup>[106]</sup>



**Fig 95** : La série Reciproc®blue<sup>[105]</sup>.  
<sup>[105]</sup>,



**Fig 96** : La section en S et la pointe non active de Reciproc®blue

### 6.3. Le matériel dynamique nécessaire pour la préparation canalaire mécanisée :

L'apparition des instruments en Nickel-Titane a imposé la commercialisation et la mise au point de matériel adapté permettant leur utilisation à la vitesse adéquate. Il existe actuellement plusieurs types de matériels dynamiques adaptés à l'utilisation des instruments rotatifs en Nickel-Titane.

#### 6.3.1. Les Contre-angles et les moteurs en Rotation continue :

- **Contre-angles réducteurs montés directement au fauteuil :** Les contre-angles réservés aux instruments en Nickel-Titane présentent des facteurs de réduction importants (de 1/75 à 1/128). Certains d'entre eux offrent seulement une réduction alors que d'autres y associent une fonction de contrôle de couple avec débrayage automatique (Fig 97), entraînant l'arrêt de l'instrument si la pression exercée au cours du travail est trop importante (NiTi Control®, Anthogyr ; SiroNiTi®, Sirona). Le débrayage est censé réduire le risque de fracture par torsion. La plupart de ces contre-angles possèdent des têtes plus petites que celles d'un contre-angle bleu [9].



**Fig 97:** Contre angle NiTi control® avec un système de débrayage automatique [19].

- **Moteurs :** Les moteurs (Fig 98) les plus récents sont compacts, fonctionnent sur des piles rechargeables et, pour certains, sont dépourvus de pédale (X-Smart®, Dentsply-Maillefer). Ils possèdent des possibilités de réglage de couple avec une fonction de débrayage et d'inversion automatique (auto-reverse). Ils offrent un double avantage : vitesse précise, contrôlée électroniquement et absence de vibration, de bruit et d'échauffement. Ils constituent cependant un périphérique supplémentaire [9]. Il existe des moteurs sous forme de contre angle avec le moteur intégré et d'autres moteurs couplés à un localisateur d'apex :



**Fig 98 :** Moteur Teknika Version® [9]

- **Contre-angle moteur sans fil :** Certains de ces moteurs (Fig 99) se présentent sous la forme de contre-angles dont le moteur miniaturisé est logé dans le manche (X-Smart Easy®, Dentsply-Maillefer ; Entran®, W & H ; EndoMate TC2®, NSK) . Ils possèdent toutes les fonctionnalités de réglage de vitesse et de couple avec fonction inversion automatique. Ils fonctionnent sur pile rechargeable et offrent l'avantage indéniable d'être sans fil, même si le couple maximum autorisé est parfois un peu bas. Ils représentent néanmoins la solution de choix [9].



**Fig 99:** Les contres angle sans fil [9].

- **Moteurs couplés à un localisateur d'apex :** Certains fabricants proposent l'association d'un moteur d'endodontie avec un localisateur d'apex électronique intégré et fonction inversion automatique (Fig 100) (Morita ; VDW-Gold, Dentsply-VDW, X-Smart Dual™, Dentsply-Maillefer ; Endy 6000 et Endy 6200, Ionyx ; ENDOAce®, Micro Mega). Lors de la détection de la longueur de travail par le localisateur d'apex, le contre-angle débraye automatiquement et amorce une rotation antihoraire. Si ces systèmes sont intéressants sur le plan ergonomique de prime abord, il faut garder à l'esprit qu'un localisateur d'apex n'est jamais fiable à 100 % et que la longueur de travail doit être déterminée à l'aide d'une lime manuelle en acier et non en engageant un instrument en Nickel-Titane en rotation dans la portion apicale d'un canal qui n'a pas été perméabilisé au préalable. Des études scientifiques ont par ailleurs montré que certains de ces systèmes induisaient un sur élargissement apical, probablement lié à une surestimation de la longueur de travail [9].



**Fig 100** : Moteur couplé à un localisateur d'apex [9].

### 6.3.2. Les moteurs en mouvement de réciprocité :

Les moteurs utilisés pour les préparations canalaires en réciprocité sont spéciaux. Outre une unité centrale, un micro moteur avec câble et connecteur, un contre angle réducteur 6 :1, une pédale de déclenchement avec câble et chargeur de batterie externe, il possède plusieurs programmes qui leur permet de travailler indifféremment en rotation continue, avec des vitesses et une valeur de contrôle de torque modifiable, ou en réciprocité. Les angles de réciprocité sont préréglés, non modifiables et propre à chaque type d'instrument. Ils sont été calculés et programmés en fonction des caractéristiques instrumentales afin d'éviter de bloquer, de visser ou de dépasser la limite d'élasticité de l'alliage. L'instrument effectue environ 10 cycles par seconde ce qui correspond approximativement à une vitesse de 300 tours par minute.

Les premiers moteurs disponibles sont le moteur Wave one® et le moteur VDM®Réciproc. Ils sont similaires hormis le moteur VDM Réciproc® (Fig 101) existe en 2 versions : le modèle Siler sans localisateur d'apex intégré et le modèle Gold avec localisateur d'apex intégré [58].



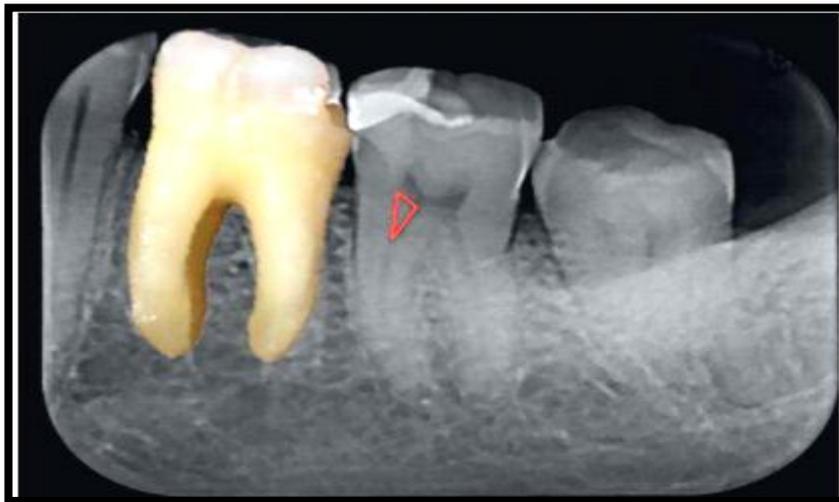
**Fig 101** : moteur VDW Reciproc® permettant le mouvement de réciprocité [99].

## 7. LES PROTOCOLES OPERATOIRES DE QUELQUES SYSTEMES DE LA PREPARATION CANALAIRE MECANISEE :

### 7.1. Les règles générales pour l'utilisation des systèmes en Rotation Continue :

Ce sont tout d'abord des règles de base, communes à toute préparation endodontique.

- L'aménagement de la cavité d'accès : la cavité d'accès doit être suffisamment aménagée car la présence de toute interférence à l'entrée canalaire peut fragiliser l'instrument, il faut bien éliminer les petits éperons que l'on appelle les « triangles de Schilder » situés à l'entrée du canal (Fig 102). Ceci se fait à l'aide de la fraise Endo Z. On prendra soin également d'éliminer tous les surcontours avec les Forets de Gates à l'entrée des canaux [107].



**Fig 102:** En rouge le triangle de Schilder [108].

- La pénétration initiale doit être manuelle avec une (Lime k 10/15) précurvé. Après le passage de chaque instrument, il faudra à chaque fois récapituler avec une lime K de petit diamètre (8/10) ce qui va permettre de vérifier la vacuité du canal.
- La préparation canalaire doit être réalisée selon le concept Crown Down. On préparera d'abord le tiers coronaire, le tiers moyen puis, le tiers apical.
- Le mouvement est un petit mouvement d'avancement en direction apicale de faible amplitude (2 à 3 mm) sans jamais forcer en direction apicale.
- La vitesse de rotation est une vitesse lente comprise entre 250 et 600 tours/ minute. Cette vitesse doit être constante. Il est conseillé alors d'utiliser des moteurs spécifiques qui nous permettront d'obtenir cette vitesse constante mais aussi contrôlent ce qu'on appelle le couple ou le torque.
- L'irrigation est de règle. On utilise dans tous les cas entre chaque passage d'instrument une solution de 2ml d'Hypochlorite à 2,5 - 3 % plus une irrigation finale [107].

#### 7.1.1. Mise en forme canalaire en Rotation continue avec le système ProTaper® - Protocole opératoire -

- Après anesthésie (si nécessaire), pose de la digue et aménagement de la cavité d'accès adéquate (Fig 103) la mise en forme canalaire peut débuter [17].



**Fig 103** : Aménagement de la cavité d'accès après curetage dentinaire [86].

- La solution d'irrigation d'hypochlorite de sodium est mise en place dans le système canalaire. L'exploration initiale est effectuée avec des limes manuelles en acier de 10/100, 15/100 et 20/100, dont la pointe a préalablement été précourbé avec une précelle (Fig 104 et 105). Elles sont animées d'un mouvement de « remontoir de montre » associé à un mouvement de poussée-retrait, et en les laissant descendre « jusqu'où elles veulent bien aller » [26].



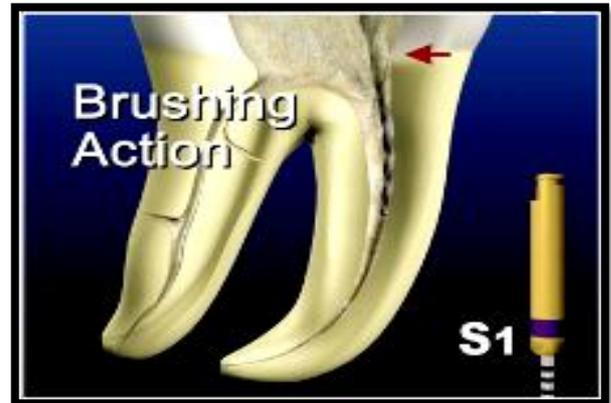
**Fig 104**: Pénétration initial des limes manuels n° 10 [86].

**Fig 105** : Pénétration initial avec des limes manuels n° 15 [86].

- La longueur de pénétration de l'instrument est enregistrée avec le stop en silicone sur la lime 20/100. La majorité des canaux ont un diamètre supérieur ou égale à 20/100. Contrairement aux idées reçues, lorsqu'un instrument ne progresse plus, c'est donc rarement à cause de la taille de sa pointe. À cause de sa conicité, le diamètre augmente de 0.02 mm tous les mm, et le blocage se fait donc dans la partie coronaire du canal. Ce sont ces interférences qu'il faut supprimer pour faciliter la progression de l'instrument plus apicalement.
- L'instrument S1 est utilisé sur un contre-angle réducteur, de vitesse constante de 300 tours par minute. La longueur de la partie accessible du canal préalablement enregistrée avec la lime 20/100 est reportée sur l'instrument.
- Les Shaping Files (S1, S2 et SX) ne doivent jamais travailler dans la phase de descente, mais uniquement dans la phase de retrait de l'instrument en l'appuyant sur les parois dites « de sécurité » et en préservant la zone inter-radicaire. L'instrument est donc descendu dans le canal, sans forcer, puis est retiré lentement, en brossant la paroi à élargir (Brushing Action) (Fig 106 et 107). La manœuvre est répétée trois ou quatre fois puis la lime est nettoyée avec une compresse imbibée d'CloNa. Cette étape est répétée jusqu'à ce que l'instrument soit totalement libre dans le canal [26].



**Fig 106** : Elargissement en brossant les parois canalaire [86].



**Fig 107** : La flèche rouge montre l'appui sur les parois canalaire Brushing Action [86].

- La partie apicale n'ayant pas encore été explorée à ce stade, il ne faut surtout pas chercher à aller plus loin une éventuelle courbure apicale, non détectable à la radiographie, pourrait être fatale à l'instrument.
- Le canal est rincé abondamment avec 1 ml d'hypochlorite de Sodium. Les contraintes coronaires supprimées, les instruments manuels progressent apicalement.
- L'exploration est à nouveau réalisée avec les instruments manuels (Fig 108) et la nouvelle longueur de « zone accessible du canal » est enregistrée. Noter également que l'instrument est moins incliné en distal [26].



**Fig 108**: Passage de la lime manuelle [86].

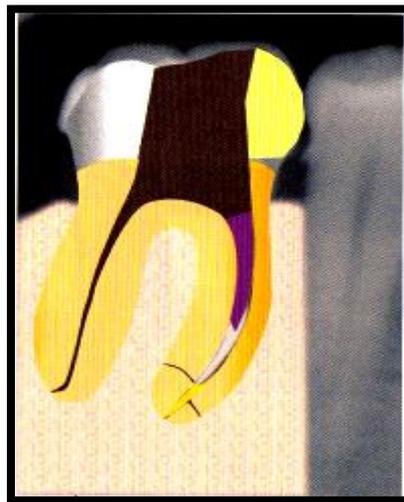
- Il arrive fréquemment qu'à ce stade, les limes progressent jusqu' à la LT estimée sur la radiographie .Si ce n'est pas le cas et si des contraintes coronaires persistent, elles sont supprimées en utilisant S1 jusqu' à cette nouvelle longueur « accessible ».
- La longueur de travail est définie à ce stade de traitement avec un localisateur d'apex électronique ou une radiographie lime en place. Le canal est ensuite exploré jusqu' à la LT avec des limes manuelles 10/100,15/100 et 20/100 tout en renouvelant la solution d'irrigation.
- Le S1 est réutilisé avec les mêmes précautions que précédemment jusqu'à la longueur de travail. Le mouvement de brossage est répété jusqu'à ce que l'instrument apparaisse totalement libre dans le canal. La zone interradiculaire est toujours préservée. Le canal est rincé avec 1ml d'hypochlorite de sodium et la perméabilité apicale est vérifiée avec une lime de petit diamètre, et précourbée.

- L'instrument S1 est remis en place à la longueur LT totale. Si la procédure du S1 a été correctement réalisée, seuls deux ou trois mm séparent le stop en silicone du repère coronaire. Si cette distance est supérieure à 4mm, il est vivement conseillé de repasser à l'étape précédente afin de compléter la mise en forme avec le S1 avant de poursuivre.
- Le S2 est utilisé de la même façon que le S1 (Fig 109 et 110) en brossant la paroi de sécurité en remontant l'instrument jusqu'à atteindre la longueur de travail [26].



• **Fig 109** : Progression de la préparation [86].

**Fig 110** : Progression de la préparation [86].



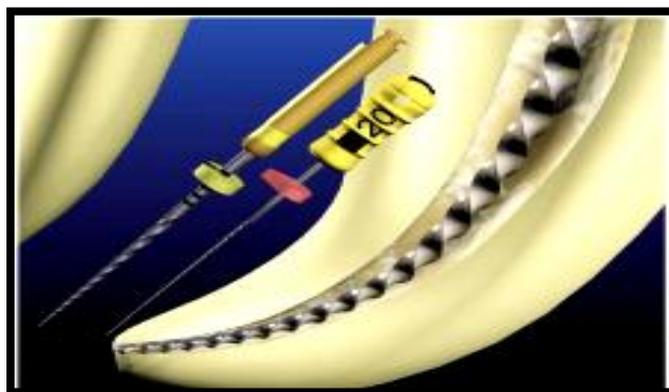
**Fig 111** : Préparation de 1/3 coronaire (en violet) et le 1/3 moyen [26].

- La zone violette représentée dans la figure correspond à la portion du canal préparée avec S1, et la zone blanche à la mise en forme obtenue avec S2 (Fig 111). On note ici l'intérêt du système qui consiste à travailler chaque instrument dans les zones précises [26].
- Pour une utilisation optimale, il convient donc de respecter scrupuleusement les précautions décrites ci-dessus afin d'optimiser le travail de chaque lime.
- Dans un troisième temps, le tiers apical est mis en forme avec l'instrument Finisher F1 (Fig 112) à la longueur de travail. Comme pour le S2, la lime est mise en place à l'arrêt dans le canal. Si plus de 3mm séparant le stop de repère coronaire, il est nécessaire de repasser aux étapes précédentes [26].



**Fig 112** : Préparation de tiers apical [86].

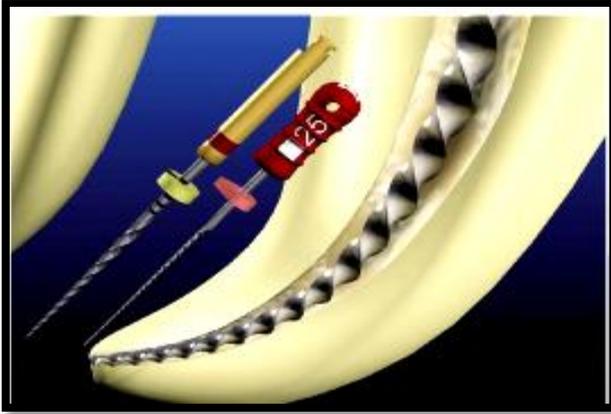
- Les Finishers existent sous deux formes. Une forme mécanisée, avec un mandrin conventionnel, et une version manuelle. La mise en forme du tiers apical peut donc se faire de deux façons :
  - Version mécanisée (à 300 tours par minute) : contrairement à S1 et S2, aucun mouvement de brossage ne doit lui être appliqué. L'instrument est descendu en rotation, en « piquant » dans le canal puis il est remonté. Cette procédure est répétée jusqu'à ce que la lime parvienne à la longueur de travail.
  - Version manuelle : la lime est utilisée avec un mouvement de rotation continue jusqu'à la longueur de travail. Pour plus de sécurité et un meilleur contrôle, l'instrument peut être couplé au localisateur d'apex électronique.
- La mise en forme canalaire peut être considérée comme terminée à ce stade .Néanmoins, il est nécessaire de vérifier que le diamètre foraminal est bien celui escompté, à savoir 20/100 (diamètre de pointe F1). Pour ce faire, le canal est « jaugé » avec une lime manuelle en acier de 20/100 de diamètre (Fig 113) [26].



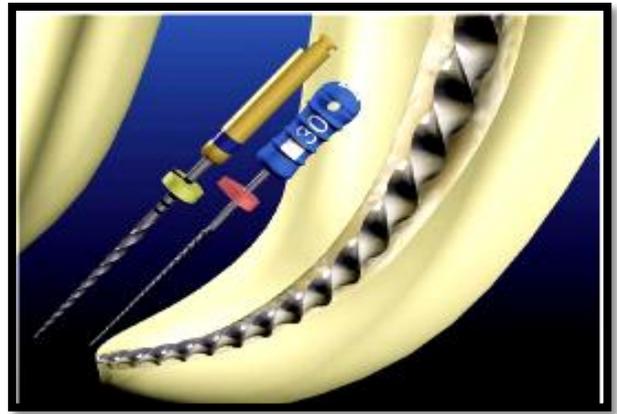
**Fig 113**: Le canal est jaugé avec une lime manuelle [86].

- L'instrument est mis en place dans le canal, puis une légère pression verticale est exercée en tapotant sur le manche de l'instrument avec l'index. Deux possibilités peuvent se présenter :
  - La lime ne progresse pas : dans ce cas, la conicité de l'instrument étant inférieure à celle du canal préparé (7% à ce stade), le blocage de l'instrument a lieu à la pointe, et confirme que le diamètre du foramen correspond à celui de l'instrument, à savoir 20/100. Dans ce cas, la préparation est terminée.

- La lime « s'enfonce » et l'instrument passe au delà du foramen : le diamètre foraminal est donc supérieur à 20/100. Le tiers apical est mis en forme avec le F2 (diamètre de pointe 25/100, conicité 8%) Le canal est ensuite jaugé avec une lime en acier de 25/100 (Fig 114) de diamètre. Si cela se justifie (dépassement de la lime 25/100), le F3 (30/100, 9%) est à son tour utilisé (Fig115) [26].



**Fig 114** : Le canal est jaugé par une lime manuelle [86].



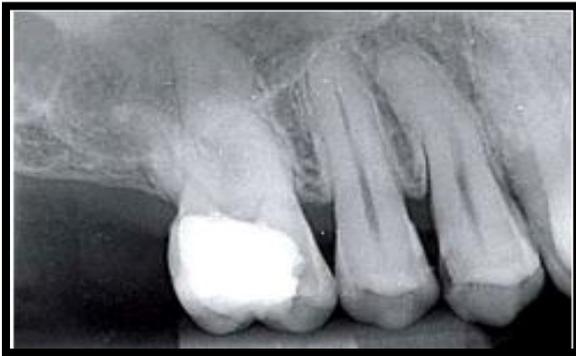
**Fig 115** : Le canal est jaugé par une lime manuelle [86].

- **Séquence des canaux courts** : En présence de canaux courts, le SX est destiné à remplacer le S1 et le S2. Il est amené avec la dynamique jusqu'à la longueur de travail ainsi que le F1. En cas de nécessité, le F2 et le F3, menés jusqu'à la longueur de travail, permettant d'obtenir un élargissement apical plus important [66].
- **Les avantages du ProTaper®** :
  - Le PROTAPER® permet une mise en forme canalaire efficace et rapide des canaux fins et courbés sans transport des trajectoires canalaire, création de butée ou de perforation.
  - L'intérêt principal de la conicité variable est qu'elle permet d'assurer une flexibilité adaptée aux différents instruments uniquement là où le travail est souhaité dans le canal [6].

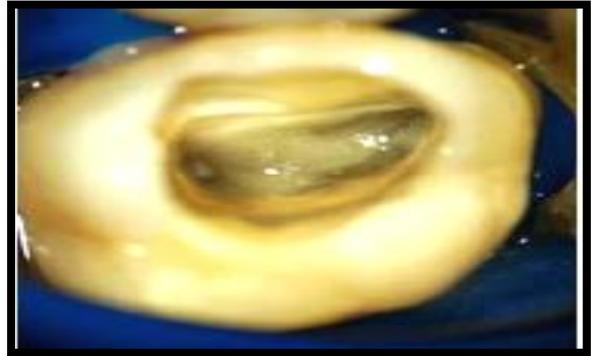
### 7.1.2. Mise en forme canalaire en Rotaion Continue avec le système mono instrumental le OneShape®

#### -Protocole opératoire-

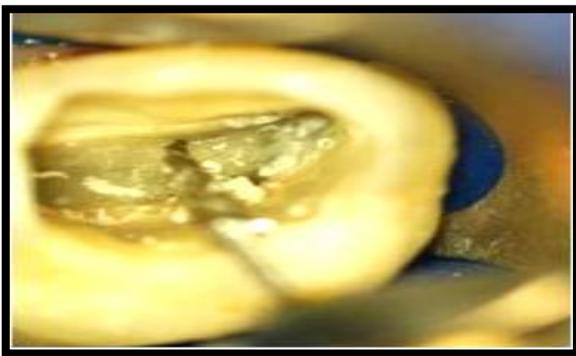
- Une radiographie préopératoire permet d'apprécier l'anatomie endodontique (Fig 116) et les difficultés éventuelles [91].
- La cavité d'accès est ensuite réalisée afin de visualiser les entrées canalaires (Fig 117). Un orifice opener de type ENDOFLARE® peut être utilisé [91].



**Fig 116** : Radio préopératoire [93]



**Fig 117** : Aménagement de la cavité d'accès [93].

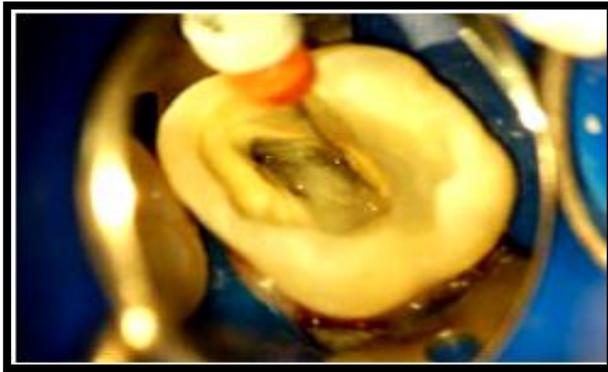


**Fig 118** : Elargissement des entrées canalaires [93].



**Fig 119** : Pénétration initial [93].

- Le canal est ensuite exploré avec une lime manuelle K10 jusqu'à la longueur de travail estimée (LTe) (Fig 120) :
  - Si la LTe est atteinte facilement, le cathétérisme est poursuivi avec une lime manuelle K15.
  - Si la LTe ne peut être atteinte avec la lime K10 ou K15, il est recommandé d'utiliser les limes de cathétérisme en rotation continue de type G-Files amenés à la LTe. La LT est ensuite déterminée avec une radiographie lime K15 en place.
- La mise en forme canalaire avec le One Shape® est réalisée en trois étapes :
  - 1) Passage de la lime aux 2/3 de la LT.
  - 2) Passage de la lime à LT-3 mm.
  - 3) Passage de la lime à la LT [91].



**Fig 120:** Détermination de la LT [93].



**Fig 121 :** Mise en forme canalaire avec One Shape® [93].

- Le geste à imprimer est un mouvement de va et vient de faible amplitude et sans pression excessive (Fig 121).
- En cas de résistance, la progression doit être arrêtée, le canal sera irrigué abondamment avec de l'hypochlorite de sodium (NaOCl) et la perméabilité sera vérifiée avec une lime manuelle K10, la préparation sera ensuite reprise à l'étape où s'est effectué le blocage.
- Il est important de bien nettoyer la lime entre chaque étape, afin de ne pas créer de bouchons apicaux. Une fois l'instrument amené à la LT, il peut être utilisé en appui pariétal, pour réaliser un broissage canalaire par tractions coronaires [91].
- **Les avantages du concept One Shape® :**
  - La sécurité : l'instrument est livré sous blister stérile et destiné à être utilisé sur un seul patient ceci élimine le risque de contamination de patient et réduire le risque de blessures de personnel responsable de la chaîne de stérilisation. Le pas variable et allongé de l'instrument évite l'effet de vissage.
  - La préparation mono instrumentale permet un gain de temps considérable par rapport à la préparation canalaire séquentielle ce qui donne plus le temps à l'irrigation finale.
  - L'allongement de pas instrumental permet d'augmenter la flexibilité de l'instrument et de faciliter sa progression dans les courbures apicales.
  - Simplicité et confort d'utilisation [58].
  - L'amélioration de l'ergonomie, dans la séquence instrumentale et dans la gestion du matériel au cabinet, est un avantage notable de l'instrumentation unique et à usage unique [91].

## 7.2. Mise en forme canalaire mécanisée selon le mouvement de réciprocité avec le système Wave One® - Protocole opératoire -

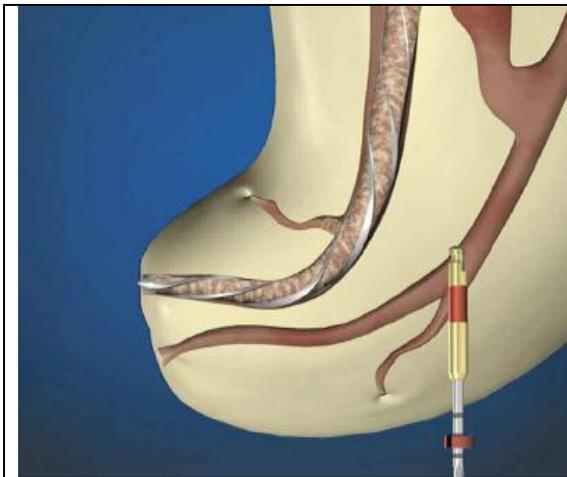
- Après réalisation de la cavité d'accès et repérage de l'entrée canalaire, le canal est exploré à l'aide d'une lime manuelle K08 ou K10. Cette portion canalaire est pré-élargie soit à l'aide de la lime K10 manuelle soit avec des PathFiles.
- Remarque : si la lime se rapproche de la LT estimée, une première mesure peut déjà être réalisée à ce moment (Fig 122).
- Utilisation du WaveOne® Primaire jusqu'à la longueur de pénétration des limes manuelles et mise en forme de cette portion canalaire.
  - L'instrument est introduit dans le canal en réciprocité, et animé de légers mouvements de picotage, en va-et-vient vertical qui le font progresser en direction apicale. Après 2 ou 3 mouvements de va-et-vient ou dès qu'une sensation de blocage se fait sentir, l'instrument est retiré et nettoyé, et le canal irrigué.
  - L'instrument est alors remis en place dans le canal, et avancé plus apicalement sans pression. Au moindre blocage, l'instrument est retiré, nettoyé et le canal irrigué. Ce cycle (picotage, retrait, nettoyage de la lime, irrigation) est répété jusqu'à ce que l'instrument atteigne la longueur explorée (Fig 123).
- Réutilisation des limes manuelles pour explorer et pré-élargir le tiers apical. La LT exacte est déterminée à ce stade. De même, cette étape permet de détecter la présence de courbures apicales non visibles à la radiographie.
- Utilisation du Wave One® Primaire comme décrit au point 2, jusqu'à atteindre la LT (Fig 124).
- Jaugeage et mensuration du diamètre apical : Si le diamètre apical est de 25, la mise en forme est achevée. Si le diamètre apical est supérieur à 25/100, un ProTaper manuel F3 (diamètre 30) peut être utilisé pour finir la mise en forme apicale (et si nécessaire, des instruments de diamètre et de conicité supérieurs). En général, la mise en forme canalaire ne dépasse pas une à deux minutes. Dans la majorité des cas, un seul WaveOne® primaire peut être utilisé pour mettre en forme plusieurs canaux chez un même patient (Fig125).
- **Remarque** : Le canal doit être abondamment irrigué tout au long de la procédure et aussi, et surtout, dès que la mise en forme a été réalisée. Le temps de mise en forme étant raccourci, cela permet aux solutions d'irrigation d'atteindre la zone apicale plus rapidement au cours de la procédure. Le temps récupéré sur la mise en forme doit être mis à profit pour rallonger le temps d'irrigation et rendre ainsi le nettoyage plus efficace. Si les différents éléments (radio préopératoire, exploration canalaire) indiquent un canal relativement large, le WaveOne large sera sélectionné d'emblée et utilisé selon le même protocole <sup>[99]</sup>.



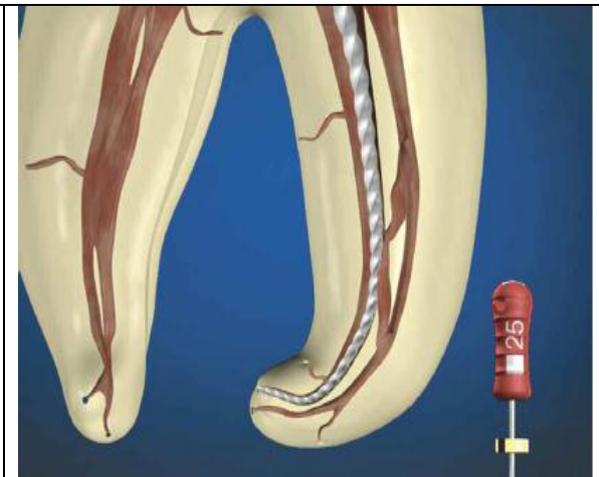
**Fig 122:** Cette image graphique indique que la mise en forme peut commencer Une fois qu'une région d'un canal a été sécurisée avec un instrument manuelle de taille 10 <sup>[101]</sup>.



**Fig 123:** Cette image graphique montre l'instrument WaveOne primaire 25/08 À l'intérieur de la trajectoire sécurisée du canal <sup>[101]</sup>.



**Fig 124:** Cette image graphique montre l'instrument WaveOne primaire 25/08 au niveau de la courbe apicale, chargé de débris dentinaire <sup>[101]</sup>.



**Fig 125 :** Cette image graphique montre l'instrument manuel 25/02 le long du canal et localisant le foramen apical <sup>[101]</sup>.

- **Les avantages de Wave One®**

- Un seul instrument NiTi par canal radulaire et dans la plupart des cas par dent.
- Diminue le temps global de mise en forme, permettant au clinicien de passer plus de temps à nettoyer le système radulaire avec des techniques d'irrigation améliorées.
- Élimine les erreurs de procédure en utilisant un seul instrument plutôt qu'en utilisant plusieurs limes.
- Une nouvelle norme de soins, éliminant la possibilité d'une contamination par des prions à usage unique.
- Facile à apprendre.
- Facile à enseigner <sup>[109]</sup>.

## 8. Discussion :

Les nouveaux concepts quels qu'ils soient en mouvement de réciprocité ou en rotation continue pour la mise en forme canalaire sont récents et sont encore peu répandus dans les cabinets.

La comparaison entre les systèmes du mouvement de réciprocité et de la rotation continue se base sur une analyse de la littérature scientifique internationale récente.

L'étude porte sur différents critères tels que :

1. Capacité de centrage
2. Respect de la trajectoire canalaire
3. Efficacité de coupe
4. Projection des débris en direction apicale
5. Création des microfêlures
6. Résistance à la fracture
7. Temps de préparation
8. Ergonomie
9. Stérilisation
10. Le cout

### • **Capacité de centrage**

Le maintien de la forme initiale du canal par un bon centrage permet de réduire le risque de transport canalaire, de redressement de la courbure, de stripping, d'épaulement, de zipping mais aussi à une meilleure désinfection bactérienne et à un meilleur scellement.

De nombreux paramètres influencent le centrage :

-l'alliage utilisé

-le design de l'instrument :

- ✓ section transversale ;
- ✓ conicité ;
- ✓ pointe.

De plus, le diamètre de préparation et la courbure canalaire (angle, rayon) peuvent également influencer le centrage [76].

Pour certains auteurs la rotation continue augmenterait de plus de 50 % les déviations par rapport au mouvement de réciprocité qui apporterait un meilleur centrage et un respect des trajectoires dans les courbes apicales. Mais pour d'autres, la rotation continue préserverait mieux les trajectoires où les résultats seraient comparables quel que soit le mouvement utilisé [109] [110].

### • **Respect de la trajectoire canalaire**

Le respect de la trajectoire canalaire est primordial. En effet, si l'instrument a tendance à redresser la courbure canalaire cela peut engendrer un «zipping».

Autre conséquence du non-respect de la trajectoire canalaire est le «stripping».

Par ailleurs, le respect de l'anatomie canalaire comprend également le respect du foramen apical. En effet, une sur ou sous préparation risque de diminuer l'efficacité du scellement lors de la phase d'obturation canalaire [103].

Selon certains auteurs, le mouvement de rotation continue provoque un redressement canalaire plus important et un léger décalage du foramen apical comparé au mouvement de réciprocité. Cette différence s'explique non seulement par l'efficacité de coupe plus importante des instruments utilisés en rotation continue, mais également par la composition des instruments. En effet, les instruments fabriqués avec l'alliage M-WIRE présentent une flexibilité plus importante que l'alliage Ni-Ti conventionnel permettant un meilleur respect de l'anatomie canalaire, et ce ci est prouvé par Une étude, réalisée in vivo par Saber et coll. En comparant le système One Shape®, Wave One® et le Reciproc®.

En comparant le WaveOne® avec le système ProTaper® (deux systèmes de section triangulaire), Berutti et coll ont constaté que le WaveOne® respecte mieux la trajectoire canalaire ainsi que la position initiale du foramen apical. Cependant, les auteurs estiment que d'autres investigations sont nécessaires pour savoir si cette différence est due au mouvement de réciprocité, à l'alliage de l'instrument ou bien à la combinaison de ces variables [103].

Par ailleurs, les auteurs ont également remarqué que l'utilisation de Pathfile pour pré-élargir le canal avant l'utilisation du WaveOne® permet de diminuer les modifications de courbures. D'autre part, des auteurs ont comparé le F2 du ProTaper® en réciprocité avec la séquence complète du ProTaper® en rotation continue, ont observé que l'instrument utilisé en réciprocité entraîne une déviation de la trajectoire canalaire dans la partie coronaire et en direction de la furcation. Ceci s'explique par l'effet de broissage réalisé par le S1 et S2 le long de la paroi opposée à la furcation lors de son utilisation en rotation continue [103].

Dans leur étude de 2012, Yoo et coll ont comparé la préparation canalaire réalisée par des instruments NiTi utilisés en rotation continue (ProTaper® et profile®) et des instruments NiTi utilisés en réciprocité (WaveOne® et Reciproc®). Ils ont constaté que les systèmes utilisés en réciprocité respectent mieux la trajectoire canalaire par rapport à ceux utilisés en rotation continue.

Dans une autre étude dans le but de vérifier si le respect de l'anatomie canalaire dû au mouvement de réciprocité ou à l'alliage, une comparaison a été faite entre le Reciproc® et le Mtwo®, de morphologie similaire, en réciprocité et en rotation continue. En réciprocité, il n'y a pas de différence concernant la déviation de la trajectoire canalaire entre les deux instruments. Cependant, lorsque le Mtwo® est utilisé en rotation continue, on observe une modification de l'anatomie canalaire.

D'autres auteurs expliquent que c'est l'effet de vissage rencontré dans le mouvement de rotation continue que peut être à l'origine de dépassement apical. Le mouvement de réciprocité permet d'éviter cet effet de vissage diminuant ainsi les risques de dépassement [103].

**En conclusion, le mouvement de réciprocité associé à l'alliage M-WIRE des instruments semble permettre un respect de l'anatomie canalaire dans les parties centrale et apicale du canal. Une déviation est néanmoins observée dans la partie coronaire qui peut cependant être diminuée par l'utilisation préalable de Pathfile (instrument de pré-élargissement) [103].**

## Efficacité de coupe

L'efficacité de coupe de chaque instrument est très dépendante de sa section. En effet, dans leur étude, Bürklein et coll ont observé que la section triangulaire du ProTaper® et du WaveOne® est moins efficace que la section asymétrique du Reciproc® [103].

Plotino et coll confirment cette observation dans leur étude et ajoutent que la section triangulaire du waveOne® est moins favorable à la remontée des débris ce qui diminue son efficacité de coupe [103].

De-Deus et coll ont comparé la qualité de la préparation canalaire réalisée par le F2 du ProTaper en réciprocité et avec la séquence complète du ProTaper® utilisée en rotation continue dans des canaux ovales et circulaires. Pour les deux techniques, la préparation est meilleure dans les canaux circulaires. Cependant, la séquence complète du ProTaper® en rotation continue présente une efficacité de coupe plus importante car elle retire plus de tissu pulpaire que le F2 du ProTaper utilisé en réciprocité même si la préparation canalaire est équivalente [103].

Saber et coll ont comparé l'efficacité de coupe du OneShape®, WaveOne® et Reciproc® sur des dents extraites et ont remarqué que le One Shape® présente une efficacité de coupe plus importante que les deux autres systèmes provoquant un redressement canalaire plus important en contrepartie [103].

**En conclusion, l'efficacité de coupe est meilleure si l'instrument présente une section asymétrique. De plus, la rotation continue permet un nombre plus important de cycles de rotation ce qui augmente l'efficacité de coupe [103].**

- **Projection des débris en direction apicale**

La quantité moyenne de dentine enlevée, en mm<sup>2</sup>, augmente régulièrement de l'apex vers la partie coronaire pour les systèmes testés, indiquant une préparation conique en accord avec un des impératifs mécaniques de la mise en forme selon Schilder. Les débris projetés dans le péri-apex peuvent occasionner en post-opératoire des complications appelées flare-up.

Tous les auteurs sont d'accord sur le fait que l'ensemble des systèmes de préparation provoquent une extrusion des débris, mais les avis sont partagés sur la performance des divers systèmes. De Deus a montré qu'il n'y avait pas de différence significative entre les techniques de rotation continue ou de réciprocité en ce qui concerne l'extrusion des débris au niveau apical. Pour Bürklein, les séquences utilisées en rotation continue avec un instrument unique provoqueraient moins d'extrusion de débris que les systèmes de réciprocité [58] [109] [110]. **En effet, le mouvement de picotage réalisé avec les instruments de réciprocité agit comme un effet piston éjectant plus de débris [103].**

Cependant, cet avis n'est pas repris par Tinoco qui a montré l'inverse dans son étude [58] [109] [110].

- **Création des microfêlures**

Les études sont unanimes sur le fait que tous les systèmes de préparation en rotation continue et en réciprocité génèrent des microfêlures au niveau apical, hormis De Deus qui conclut qu'il n'y a pas de relation entre la formation de microfêlures et la procédure de préparation canalaire quel que soit le système utilisé. Par ailleurs, toutes les études, sauf une (Bürklein 2013), montrent que la technique de réciprocité mono instrumentale crée moins de fêlures que les systèmes séquentiels ou mono instrumentaux utilisés en rotation continue [109] [110].

## **Résistance à la fracture**

Le principal inconvénient des instruments en NiTi est le risque élevé de fracture intra canalaire durant la mise en forme, ce qui est particulièrement vrai dans les courbures sévères. Lorsque les contraintes sont trop fortes ou trop répétées [42].

La plus grande résistance à la fracture des instruments Reciproc® ou WaveOne® serait liée d'une part à la nature de l'alliage utilisé et d'autre part au mouvement réciproque asymétrique [58].

L'alliage M-WIRE Nickel-Titanium utilisé pour la fabrication des instruments qui travaillent en réciprocity leur confère des propriétés majorées de flexibilité et de résistance à la fatigue cyclique et à la fatigue en torsion [58].

Les résultats montrent une supériorité statistiquement significative de l'alliage M-WIRE Nickel-Titanium à la fatigue cyclique quelle que soit la vitesse par rapport à l'alliage Nickel-Titane traditionnel. Le mouvement réciproque augmente aussi la résistance des instruments à la fatigue [58].

Des études comparatives sur la fatigue instrumentale en rotation continue ou avec un mouvement de réciprocity, montre que la fatigue cyclique est plus importante en rotation continue, et que les fractures sont directement liées à l'augmentation de la vitesse de rotation (250t/mn et 400t/mn) parmi ces études on cite : Castello Escriva en 2012, DeDeus en 2010, Gambarini en 2012, ces études montrent aussi que le mouvement réciproque génère peu de fracture par torsion car il diminue les phénomènes de blocage, de vissage et d'aspiration. **La durée de vie avant la fracture est supérieure avec un mouvement Réciproque par rapport à une Rotation Continue selon Valera-Patino en 2010 et You 2010 [58].**

- **Temps de préparation :**

Le temps enregistré inclut la phase d'instrumentation mais aussi le temps nécessaire pour changer les instruments sur le contre-angle, pour le nettoyage des spires des instruments et pour l'irrigation. Le temps de préparation dépend de la technique opératoire, du nombre d'instruments utilisés, de l'anatomie canalaire et de l'expérience de l'opérateur [76].

Les études comparant le WaveOne®, le Reciproc® avec les systèmes multi-séquence en rotation continue montrent que les instruments utilisés en réciprocity permettent une préparation plus rapide [103].

Ces études présentent un biais non négligeable concernant le temps de préparation, car elles comparent des instruments uniques à toute une séquence d'instruments comprenant quatre à cinq instruments. Ils sont donc difficile de savoir si le gain de temps obtenu est lié au système de rotation ou simplement au nombre d'instrument réduit [103].

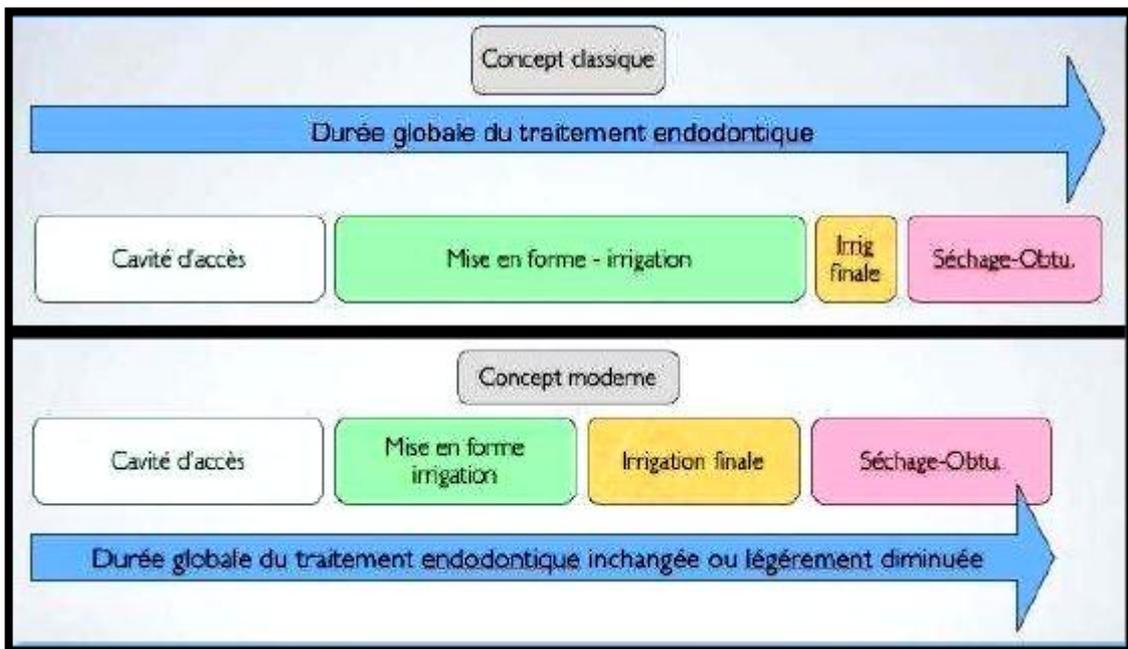
Afin d'éliminer le biais du nombre d'instrument, une étude a comparé le Reciproc® et le WaveOne® avec un système à un instrument utilisé en rotation continue : le One Shape®. Cette étude montre également que le Réciproc® est plus rapide que le WaveOne®. Cependant, C'est le One Shape® qui possède le temps de préparation le plus rapide parmi ces trois instruments. Les auteurs expliquent ces différences d'une part par le design de chaque instrument et d'autre part par le fait que le One Shape® réalise plus de cycles de rotation que les deux autres instruments [103].

Dans une autre étude, F. Paqué, compare les préparations obtenues à l'aide de la séquence ProTaper® en rotation continue et du ProTaper® F2 seul, en réciprocité. Il observe que la différence essentielle entre ces deux techniques est le gain de temps obtenu avec la préparation par le ProTaper® en réciprocité.

De même, nous pouvons modérer ces résultats, car les auteurs comparent la préparation avec un instrument unique contre toute une séquence [59].

En conclusion, il apparaît que la préparation canalaire est plus rapide avec l'utilisation d'instrument unique que ce soit en réciprocité ou en rotation continue par rapport à toute une séquence d'instruments.

Cependant, l'utilisation de la réciprocité ne semble pas plus rapide que la rotation continue lors de la préparation avec un seul instrument [103].



**Fig 126** : Concept moderne, caractérisé par les systèmes à instrument unique, permet d'optimiser le temps d'irrigation finale et ainsi la qualité du traitement endodontique (document Dr Bukiet F. MCU-PH, Marseille) [76].

- **Ergonomie**

L'amélioration de l'ergonomie, dans la séquence instrumentale et dans la gestion du matériel au cabinet, est un avantage notable de l'instrumentation unique et à usage unique. Le gain de temps dégagé après préparation pourra ainsi être dévolu à l'irrigation canalaire.

À l'heure actuelle, de nombreuses méthodes sont disponibles permettant d'optimiser l'irrigation. Efficaces mais chronophages, ces méthodes sont encore trop peu utilisées. Cependant, l'instrumentation unique est un moyen permettant de consacrer un maximum de temps à l'irrigation canalaire, en lui redonnant le rôle essentiel qu'elle joue dans la réussite du traitement endodontique [91].

Les instruments à usage unique permet en outre de gagner un temps précieux lors de la phase de laboratoire au niveau de la manipulation, du stockage, du nettoyage et de stérilisation [58].

- **Stérilisation**

De nombreuses études Provic en 2010, Schneider en 2007 et Sonnag en 2007, ont montré la difficulté de nettoyer les instruments endodontiques ainsi que la persistance des débris organo-minéraux et notamment de prions après nettoyage et stérilisation. Les risques de contamination croisée lors des traitements endodontiques faisant appel à des séries instrumentales à usage multiples ne sont donc pas à négliger.

Les instruments à usage unique suppriment les risques de contamination croisée et devraient être généralisés dans les années à venir [58], qu'ils soient en mouvement de réciprocité ou en rotation continue.

- **Le coût**

Les instruments à usage unique suppriment les phases chronophages de nettoyage et de stérilisation des limes endodontiques réduisant ainsi le temps de travail de l'assistante. Ils permettent en outre de diminuer le coût des produits et du matériel et de nettoyage et de stérilisation. L'absence de stockage et de traçabilité des séries instrumentales permette enfin une meilleure gestion du temps et une ergonomie optimisée [58].

	Mise en forme canalaire en rotation continue		Mise en forme canalaire en mouvement de réciprocité
<b>Les systèmes</b>	ProTaper®	One shape®	Wave one®
<b>Capacité de centrage</b>	+		+
<b>Respect de la trajectoire canalaire</b>	+		++
<b>Efficacité de coupe</b>	++		+
<b>Projection des débris en direction apical</b>	+		++
<b>Création des microfêlures</b>	+		+
<b>Fracture instrumentale</b>	++		+
<b>Rapidité de préparation</b>	+	+++	++
<b>Ergonomie</b>	+	++	++
<b>Le risque de contamination</b>	+	-	-
<b>Le cout</b>	++	+	+

**Tableau5**: Une comparaison entre les caractéristiques de la préparation canalaire mécanisée en Rotation Continue et en mouvement de réciprocité

## 9. Recommandations

Le succès du traitement endodontique dépend de la capacité de chaque opérateur à respecter au mieux les principes et objectifs biologiques et mécaniques, de la connaissance de l'anatomie canalaire, ainsi que du bon usage des instruments qui sont mis à sa disposition, toutes ces conditions sont interdépendantes entre elles.

- La première de nos recommandations, fait partie des préliminaires de la thérapeutique endodontique. En effet, et afin de mettre toutes les chances de son côté pour réussir son traitement, le praticien devra dès l'abord accorder beaucoup d'attention à la réalisation de la cavité d'accès.

Si cette étape est correctement exécutée, la préparation canalaire en est considérablement facilitée. Inversement une préparation coronaire inadaptée peut compromettre toutes les phases ultérieures de la thérapeutique.

- Durant la préparation endocanalaire, l'opérateur doit acquérir une certaine expérience afin de ne pas utiliser les instruments NiTi, en dynamique mécanisée n'importe comment et dans tous les cas.

Afin d'utiliser ces instruments à bon escient, il est nécessaire d'améliorer les compétences de l'opérateur, car la fragilité des instruments NiTi provient principalement de leur **mauvaise utilisation**. Pour éviter toute surprise, et prévenir tout incident pouvant survenir au cours d'une préparation canalaire à l'aide des instruments NiTi en rotation continue et en réciprocité, plus particulièrement d'une fracture instrumentale, l'opérateur devra retenir les notions suivantes:

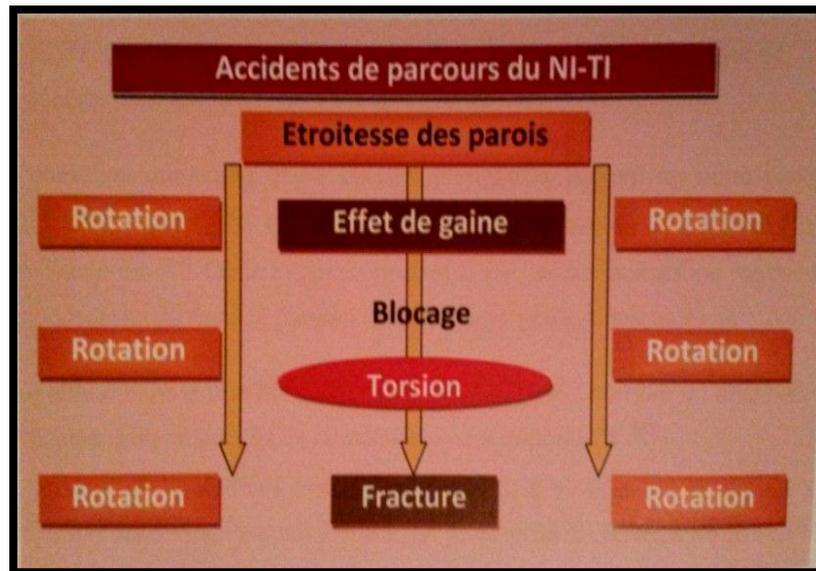
- Il serait recommandable pour le praticien, avant d'utiliser les instruments NiTi in Vivo de faire un apprentissage sur des dents humaines in Vitro.

G.Yared et coll. insistent dans plusieurs études, menées successivement en 2001, 2002 et 2003 sur la nécessité d'un **entraînement préclinique**, quant à l'utilisation des instruments rotatifs NiTi, pour la préparation des canaux radiculaires sur molaires extraites, ceci étant primordial pour éviter toute fracture instrumentale.

- Qu'il sache faire le bon choix parmi la multitude de séquences opératoires qui lui sont proposées, et optimiser ainsi aux mieux les qualités de ces instruments.
- Il devra savoir en outre que la connaissance de l'anatomie canalaire est d'une grande importance, et qu'il est essentiel d'adapter la séquence instrumentale à l'anatomie canalaire.
- Le praticien doit savoir apprécier le degré de courbure d'une racine, car la technique mécanisée est à éviter dans les canaux à double courbure ou de courbure très prononcée, dans ces cas là, il est recommandé d'utiliser les limes manuelle en NiTi, le sens tactile aidant, ces instruments passeront mieux les courbures que les instruments en acier inoxydable, en rotation continue, où en mouvement de réciprocité.
- Les renseignements apportés par les radiogrammes sont d'une importance capitale, cette phase ne doit en aucun cas être négligée.

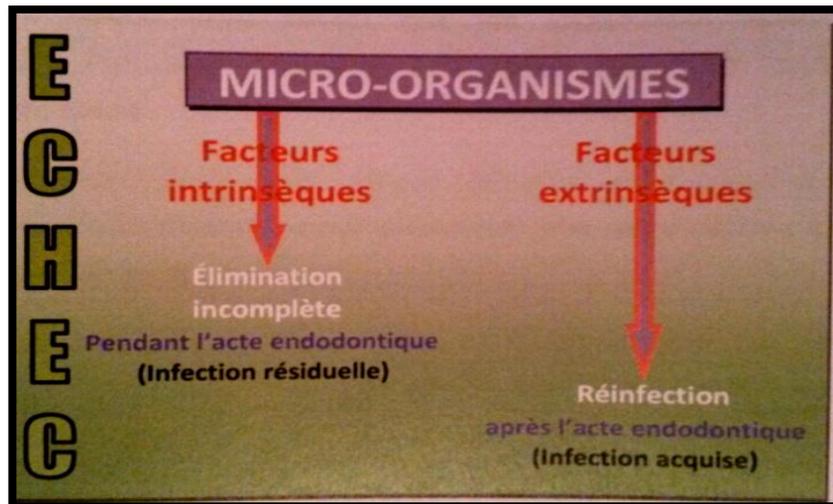
Même si la radiographie ne produit pas de manière fidèle l'image réelle du réseau canalaire, elle nous permet tout au moins d'apprécier le diamètre, la longueur et la présence de certains obstacles.

- Comme pour les instruments manuels, les instruments NiTi ne doivent jamais être forcés dans un canal, cause fréquente de fracture, comme le résume E. Mandel dans le schéma ci-dessous:



**Fig 127** : Les causes fréquentes de rupture instrumentale du NiTi <sup>[13]</sup>.

- Il est recommandé de manipuler ces instruments avec précaution, selon un mouvement de balayage pour la préparation du tiers coronaire et moyen, et de rentrée puis sortie de l'instrument de manière passive, sans exercer de pression pour la préparation de tiers apical.
- La vitesse de rotation doit toujours être lente et constante, afin d'éviter la rupture de l'instrument.
- Le mieux serait d'utiliser un moteur électrique indépendant, qui permet d'obtenir un réglage précis de la vitesse (de 200 à 300 trs/min) et de couple (30N), et maintenir cette vitesse même en présence de contraintes.
- L'application de **faibles forces** apicales est conseillée, et contribuerait à prévenir la fracture des instruments.
- L'opérateur devra lubrifier chaque instrument qu'il introduit dans le canal (gel d'EDTA), ce dernier doit être humidifié tout au long de la préparation, par une irrigation abondante et régulière au CLONa.
  - L'utilisation constante d'une solution d'irrigation, permet en outre l'antiseptie du système canalaire, car elle élimine le tissu enflammé ou nécrosé ainsi que les bactéries. Cette irrigation permet aussi l'accès aux zones restreintes, la suppression de l'enduit pariétal, et la désorganisation des biofilm.
  - La lutte contre la charge bactérienne s'impose donc comme un des éléments critiques dans le succès du traitement endodontique.
  - L'échec d'un traitement endodontique est le plus souvent le résultat d'une infection résiduelle, comme indiqué sur le schéma ci-dessous de E Mandel:



**Fig128:** L'infection résiduelle est souvent la cause d'échec du traitement endodontique [13].

Ou encore d'une mauvaise restauration coronaire.

- Le praticien devra avoir conscience que l'alternance des solutions de CLONa et de l'EDTA, est le seul moyen de réaliser un nettoyage complet lors d'un traitement endodontique, car ces deux solutions se complètent, la première avec son pouvoir antiseptique puissant, la deuxième avec son action chélatante.

JP. Rocca et coll. Proposent la séquence d'irrigation suivante : **Aucune entrée de table des matières n'a été trouvée.**

- ✓ Phase 1 : préparation canalaire sous irrigation constante de CLONa
- ✓ Phase 2 : irrigation à l'aide d'un chélateur (EDTA)
- ✓ Phase 3 : rinçage finale à l'aide de CLONa à 2,5%.
- L'opérateur devra aussi savoir, que les instruments ayant déjà servi cliniquement sont moins résistants à la fatigue, donc à la fracture, que les instruments neufs.
- Vérifier les instruments après chaque utilisation, et le mieux à l'aide d'une loupe, permettrait d'écartier ceux présentant des déformations plastiques, à l'origine des fractures en torsion.
- De plus comme rien ne laisse présager d'une fracture par fatigue, il est conseillé de réduire le nombre d'utilisation de l'instrument. Pour Gambarini et coll. Un instrument peut servir de façon sûre jusqu'à dix fois.
- Il est recommandé de maintenir le foramen apical le plus étroite possible, en fonction de son diamètre initial. il n'est pas nécessaire, et même biologiquement inutile d'élargir considérablement la région apicale pour obtenir un bon nettoyage.  
Un élargissement excessif du foramen, prédispose la dent à une inflammation périapicale. D'autre part seul une conicité apicale adéquate avec un diamètre foraminale conserver le plus étroite possible (en entonnoir ), est apte à nous permettre une obturation facile et efficace, sans risque dépassement du matériau.
- L'opérateur devra prendre en compte, que l'utilisation raisonnée et adéquate de chaque instrument selon les **recommandations des concepteurs**, est primordiale pour optimiser les résultats, et diminuer au maximum les risque de fracture.

- D'autre part chaque système a été conçu pour être utilisé dans son intégralité, il est alors vivement déconseillé d'intervenir les limes ou d'utiliser celles des autres systèmes. La forme des instruments ayant été conçue de manière à ce que chaque instrument travaille pour le suivant.
- Le praticien devra aussi retenir :
  - Qu'entreprendre un traitement endodontique exclusivement à l'aide d'instruments mécanisés, constitue une erreur thérapeutique fondamentale. La première exploration canalaire est toujours manuelle, à l'aide d'instrument en acier inoxydable pré-courbés.  
 Cette sensibilité tactile est nécessaire, elle permet de "**visualiser mentalement**" le canal, et si l'instrumentation mécanisée demeure très efficace et incontournable, il faut toujours garder à l'esprit que l'instrumentation manuelle demeure indispensable pour :
    - ✓ Le cathétérisme initial.
    - ✓ La récapitulation.
    - ✓ La perméabilité apicale : avec l'utilisation des limes N° 08, 10 et 15.  
 Les mensurations du canal ne pouvant se faire qu'à l'aide de ces limes ; "**la visualisation mentale**" devient alors une "**visualisation réelle**", car les dimensions du canal, longueur initial **LI** et longueur totale **LT**, sont reportés sur la réglette endodontique, et reprises pour chaque séquence instrumentale utilisées par la suite.  
 On constate que cette phase de sécurisation, délicate et chronophage, est très souvent raccourcie par le praticien, avec comme conséquence une prévalence croissante des incidents survenant en cours de traitement.
  - Si toutes ces recommandations sont prises en compte, et malgré l'inconvénient que représente le risque de fracture, l'utilisation des instruments NiTi en rotation continue ou selon un mouvement de réciprocité, constitue une véritable révolution en endodontie et leur utilisation est fortement recommandée.

Pour M.Brisi l'amélioration de la résistance à la fracture, ainsi qu'un protocole simplifié, permettent à ceux qui débutent dans la préparation canalaire mécanisée d'avoir moins d'appréhension à utiliser le Nickel-Titane.

Ces recommandations ne représentent en fait que la suite logique d'une thérapeutique endodontique. Appliquer de manière rationnelle, elles permettent d'utiliser avec efficacité les instruments NiTi en Rotation Continue selon le concept "Crown-Down", ou en Réciprocité selon le concept des Forces équilibrées sans appréhension, de constater aussi le gain de temps parfois si précieux <sup>[13]</sup>.

## 10. PERSPECTIVES

Ces deux mouvements étant d'actualité, et les deux techniques étant très répandues et appréciées, mais présentant chacune des avantages et des inconvénients, les concepteurs ont pensé réunir les avantages des deux mouvements et créer une instrumentation qui associerait la rotation continue et le mouvement de réciprocity, ainsi disponible depuis 2013, le TF Adaptive (Axis/SybronEndo) est un système censé, selon ses concepteurs, allier les avantages de la rotation continue et du mouvement réciproque [42] [111].

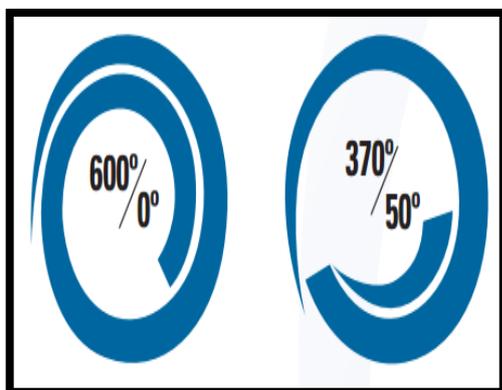
**Le TF Adaptive ou le Twisted File Adaptive est une nouvelle approche des instruments en nickel-titane appelé le « Mouvement hybride »**

TF Adaptive utilise une technologie unique de mouvement brevetée qui s'adapte automatiquement aux contraintes exercées sur l'instrument. Lorsque l'instrument TF Adaptive ne subit aucune pression (ou alors très faible) dans le canal, le mouvement peut être décrit comme un mouvement continu, se traduisant par une efficacité de coupe supérieure et une meilleure élimination des débris – la section et les cannelures sont conçues pour offrir des performances optimales dans le sens horaire.

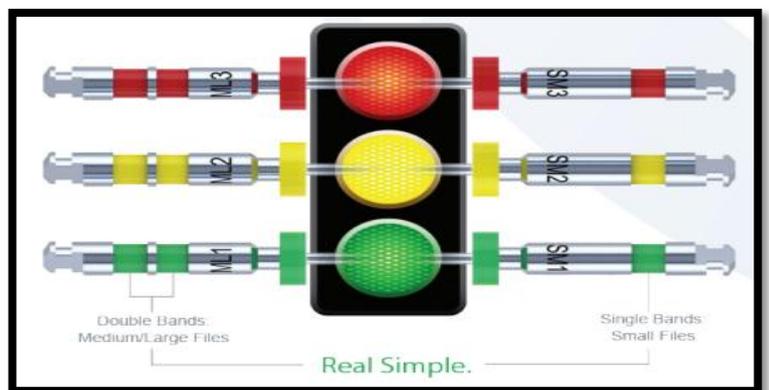
Plus précisément, il s'agit d'un mouvement interrompu avec les angles suivants de rotation horaire et anti-horaire :  $600^{\circ}$ - $0^{\circ}$ . Ce mouvement interrompu est non seulement efficace comme rotation continue pour l'incision latérale, permettant ainsi un brossage ou limage circonférentiel optimal pour une meilleure élimination des débris dans les canaux de forme ovale, mais minimise également les erreurs iatrogènes en réduisant la tendance à pénétrer excessivement, fréquente avec les instruments NiTi de grand cône.

Au contraire, pendant la pénétration du canal, en raison de la contrainte accrue sur les instruments et de la fatigue du métal, l'instrument TF Adaptive passe en mode alternatif avec des angles de rotation horaire et antihoraire spécialement conçus et variant de  $600^{\circ}$ - $0^{\circ}$  à  $370^{\circ}$ - $50^{\circ}$  (Fig 129). Ces angles ne sont pas constants et varient en fonction des complexités anatomiques et des contraintes intracanales exercées sur l'instrument.

Ce mouvement « adaptatif » permet de réduire le risque de fracture intracanaire sans affecter les performances. Le mouvement est automatiquement sélectionné par le moteur Adaptive en fonction de la situation clinique. Pour le dentiste, la différence lors du changement de mouvement sera à peine perceptible en raison d'un algorithme très complexe qui permet une transition toute en douceur entre les différents angles [111] [112].



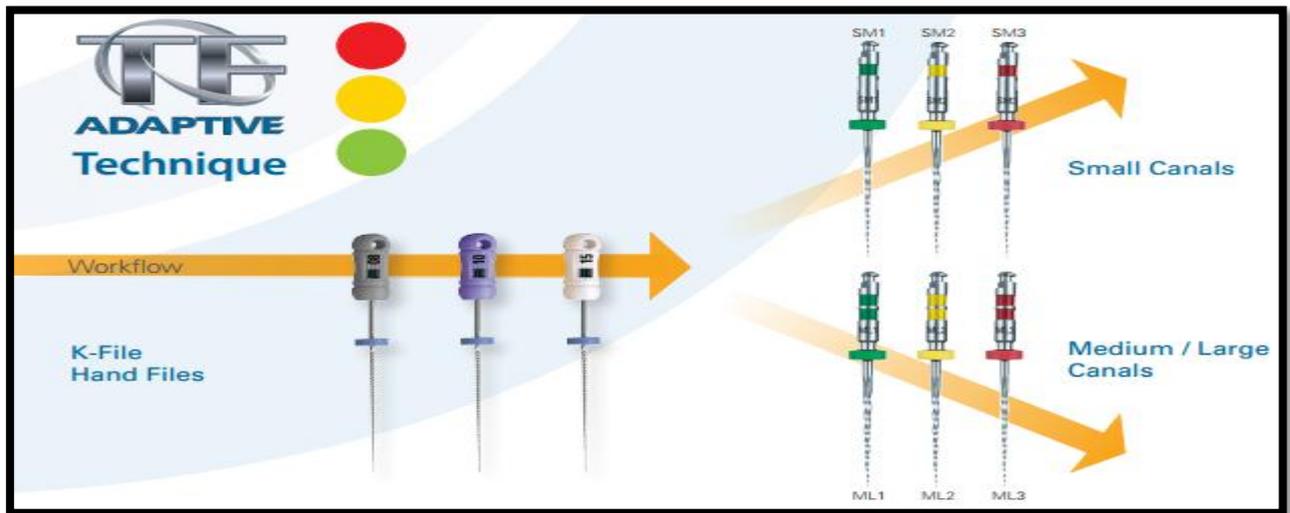
**Fig 129** : Le mouvement hybride du TF Adaptive [113].



**Fig 130** : La séquence TF Adaptive [113].

Ce système s'utilise suivant une séquence de 3 instruments amenés jusqu'à la LT (Fig 130). Une exploration manuelle du canal et jaugeage du diamètre du foramen apical orientera l'opérateur sur la séquence à utiliser :

- Si la progression apicale de la lime K 15 se fait avec résistance, la séquence Small (SM/ Simple bande colorée) sera privilégiée.
- Si la lime K 15 atteint la LT passivement, la séquence Medium/Large (ML/ Double bande colorée) sera choisi <sup>[42]</sup> (Fig 131).



**Fig 131** : Le choix de la série TF Adaptative (Small ou medium /large) se fait selon la manière de pénétration initial de la lime K <sup>[113]</sup>.

# **CONCLUSION**

## 11. Conclusion

Une étude rétrospective a démontré que l'endodontie a considérablement évolué ces dernières années notamment grâce à la mécanisation des techniques de préparation du système canalair. Cela a pu pallier à beaucoup de problèmes rencontrés lors d'un traitement endodontique, vu la complexité du réseau canalair et les défis majeurs qu'ont été ainsi relevés par les praticiens.

La mécanisation des techniques de préparation canalair, avec l'emploi de l'alliage Nickel-Titane a permis d'atteindre au mieux les objectifs biologiques et mécaniques qui restent toujours fixés.

La Rotation Continue et le mouvement de Réciprocité sont les grands volets de préparation canalair mécanisée, et chaque technique présente ses avantages et ses inconvénients comme on a les déjà vu et discuté.

Après avoir lu et analysé certains articles récents concernant les différents systèmes de préparation par la rotation continue et le mouvement de réciprocité, l'alliage utilisé, ainsi certaines propriétés comme la stérilisation et l'ergonomie. En perspective notre conclusion favorise la préparation mécanisée qui nous permet d'obtenir une meilleure efficacité de coupe, la réduction des séquences instrumentale pour avoir une bonne qualité de nettoyage dans un minimum de temps et sous bonnes conditions ergonomiques, et ce système peut être la rotation continue mono-instrumentale.

Néanmoins, quelque soit la technique mécanisée choisie, elle ne peut être efficace qu'à condition d'être correctement maîtrisées. Pour cela, cette évolution constante doit conduire les praticiens à se former et à s'informer régulièrement afin de choisir les matériels, techniques et protocoles opératoires endodontiques correspondant au mieux à leurs attentes.

N'oublions pas que toutes ces perspectives et toutes ces recherches pour une amélioration de la mise en forme canalair n'ont qu'un but, qui est l'obtention d'une assise pour une obturation du système canalair la plus étanche, assurant ainsi la pérennité de notre traitement endodontique.

## Références bibliographiques

- 1) - **LASFARGUES JJ.** Concepts Cliniques en Endodontie.  
Ed. SNPM, Paris; 2005.
- 2) - **BERGMANS L., LAMBRECHTS P.** Root canal instrumentation.  
Textbook of Endo. 2<sup>nd</sup> Ed. UK: WILEY-BLACK WELL, 2010; pp: 169-192.
- 3) - **VERTUCCI FJ.** Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures.  
Endodontic Topics Rev. 2005; 10: 3-29.
- 4) - **PITTFORD TR., RHODES JS. PITTFORD HE.** Endodontics Problem-Solving in Clinical Practice.  
UK : Ed. MARTIN DUNITZ; 2002.
- 5) - **READER A.**-traduction française: **SAVARD G., BREUCKER C.**  
Morphologie de la cavité pulpaire et implications en endodontie et en dentisterie restauratrice.  
Anat dent. 6<sup>e</sup> Ed. Paris : MALOINE, 2007 ; pp : 230-241.
- 6) - **ANTA S.** Evaluation clinique de la préparation canalaire au Protaper et de l'obturation endocanalaire avec le système Thermafil.  
Thèse : Chir Dent. DAKAR-2007.
- 7) - **FANGET A.** La configuration canalaire de la racine mesio- vestibulaire des molaires maxillaires : Implications physio-pathologiques et conséquences cliniques.  
Thèse : Chir Dent. METZ-2015.
- 8) - **WALTON RE., HERBRANSON EJ., LEVY G.**-traduction française : **LEVY G.**  
Anatomie interne.  
Endodontie principes et pratique. 5<sup>e</sup> Ed. Paris : ELSEVIER MASSON, 2016 ; pp : 243-257.
- 9) - **PERTOT WJ., POMMEL L.** Mise en forme et nettoyage du système canalaire.  
JPIO Endodontie. Ed. Cdp, Paris, 2012 ; pp : 187-217.
- 10) - **PERARD M., LE GOFF A., HINGANT B., LE CLERC J., PEREZ F., VULCAIN JM., DAUTEL A.**  
Choix de la limite apicale et de la longueur de travail.  
Rev: ELSEVIER MASSON SAS. 2010; 23-050-A-03: 1-7.
- 11) - **NALLAPATI S.** Anatomie canalaire et traitement endodontique.  
Rev Odont Stomat. 2010; 39: 239-262.
- 12) - **VERTUCCI FJ., HADDIX JE., BRITTO LR.** Tooth Morphology and Access Cavity Preparation.  
Pathways of the pulp. 9<sup>th</sup> Ed. SAINT-LOUIS: MOSBY; 2002.
- 13) - **HADJI Z.** Etude comparative in vitro, entre deux méthodes de préparation endocanalaire par rotation continue au NiTi et leur influence sur l'étanchéité de l'obturation du système canalaire par gutta thermoplastifiée.  
Thèse de Doctorat en Sciences Médicales(DESM)-Blida-2013.

**14) - BRONNEC F.** Localisation des orifices canalaires.

Réal Clin. 2006; vol.17 n° 4: 357-370.

**15) - GARG N., BOGRA P.** Internal Anatomy.

Textbook of endodontics. 2<sup>nd</sup> Ed. India: JAYPEE, 2010; pp: 167-185.

**16) - DIOP M.** L'obturation du système canalair bilan des cinq techniques expérimentées.

Thèse : Chir Dent. DAKAR-2008.

**17) - THIS A.** Abords préventifs et thérapeutiques des échecs en endodontie.

Thèse : Chir Dent. METZ-2005.

**18) - HAUTE AUTORITE DE SANTE : HAS.** Traitements endodontiques, bon usage des techniques médicales-2008.

Site internet : [www.has-sante.fr](http://www.has-sante.fr).

**19) - PERTOT WJ., SIMON S.** Réussir le traitement endodontique.

Ed. Quintessence International, Paris; 2003.

**20) - BENSOUSSAN DC.** Radiographie en endodontie.

JPIO Endodontie. Ed. Cdp, Paris, 2012; pp : 495-508.

**21) - WALTON RE., FOUAD AF.**-traduction française : **LEVY G.** Radiographie endodontique.

Endodontie principes et pratique. 5<sup>e</sup> Ed. Paris : ELSEVIER MASSON, 2016 ; pp : 210-229.

**22) - HAUTE AUTORITE DE SANTE : HAS.** Traitement endodontique, rapport d'évaluation technologique-2008.

Site internet : [www.has-sante.fr](http://www.has-sante.fr).

**23) - PETERS OA. PETERS CI.** Cleaning and Shaping of the root canal System.

Pathways of the pulp. 9<sup>th</sup> Ed. Saint-Louis: MOSBY; 2006.

**24) - MARMOTTE V.** Apport de la rotation continue en endodontie.

Thèse : Chir Dent. METZ-2000.

**25) - MEDIONI E., VENE G.** Règles de désinfection et stérilisation en endodontie, le champ opératoire.

E.M.C., 1994; [23-030-A-10].

**26) - SIMON S.** Endodontie, vol.1: traitements.

Ed. Cdp, ISSN 1768-2010 « Mémento ».

**27) - WEISROCK G., BROUILLET JL.** Le champ opératoire évidemment.

Inf Dent. 2008; n° 42 : 2525-2529.

**28) - BOULIC R.** Transport canalair : expérimentation préliminaire relative à une nouvelle méthode d'exploration en imagerie 3D.

Thèse : Chir Dent. BREST-2013.

**29) - GARG N., GARG A.** Isolation.

Textbook of endodontics. 2<sup>nd</sup> Ed. India: JAYPEE, 2010; pp: 117-123.

**30) - CARON G.** Champ opératoire, préparation pré-endodontique et cavité d'accès.

JPIO Endodontie. Ed. Cdp, Paris, 2012 ; pp : 161-186.

**31) - WESSELINK P., BERGENHOLTZ G.** Treatment of the necrotic pulp.

Textbook of endodontology. 2<sup>nd</sup> Ed. UK: WILEY-BLACKWELL, 2010; pp: 140-162.

**32) - SIMON S., CTORZA-PEREZ C.** Cavité d'accès en endodontie.

E.M.C., 2010; [23-045-A-05].

**33) - GARG N., BOGRA P.** Access Cavity Preparation.

Textbook of endodontics. 2<sup>nd</sup> Ed. India: JAYPEE, 2010; pp: 186-199.

**34) - DJEFFEL S.** De la cavité d'accès à l'obturation canalaire: Recherche d'un concept ergonomique.

Thèse : Chir Dent. METZ-2001.

**35) - MEDIONI E.** La cavité d'accès endodontique.

Inf Dent. 2010 ; n° 8 : 21-23.

**36) - MEDIONI E., VENE G.** Préparation de la cavité d'accès endodontique.

E.M.C., 1994; [23-045-A-05].

**37) - SIMON S.** Le traitement endodontique : l'essentiel.

Clinic. 2010; vol.31: 1-5.

**38) - GARG N., KBURANA NS.** Cleaning and shaping of root canal system.

Textbook of Endo. 2<sup>nd</sup> Ed. India: JAYPEE, 2010; pp: 231-264.

**39) - MEDIONI E., VENE G.** Traitement radiculaire: assainissement et préparation de la cavité endodontique.

E.M.C., 1994 ; [23-030-A-10].

**40) - DAHAN S.** Détermination de la longueur de travail.

Inf Dent. 2006 ; n° 42 : 2687-2695.

**41) - EMERY O.** Longueur de travail Quel est son rôle dans le traitement endodontique?

Inf Dent. 2006 ; n° 34 : 2075-2076.

**42) - BOYER M.** La mise en forme canalaire : Le point en 2015.

Thèse : Chir Dent. Toulouse-2015.

**43) - FENNICH M., SAKOUT M., ABDALLAOUI F.** Pour une détermination rationnelle de la longueur de travail en endodontie.

Rev Odont Stomat. 2012 ; 41 : 232-243.

**44) - DAVIDO N., YASUKAWA K.** Odontologie Conservatrice et Endodontie Odontologie Prothétique.

Ed. MALOINE, Paris; 2014.

- 45) - MARTIN D., BOUILLAGUET S., BRONNEC F.** Irrigation en endodontie.  
Dossier de l'ADF, ISSN : 2106-7031 ; 2012.
- 46) - CLAISSE-CRINQUETTE A., CLAISSE D.** Pharmacologie endodontique.  
Rev Odont Stomat. 2001; 22-014-D-10 : 1-6.
- 47) - BROUDIN H.** Modalités de l'irrigation en endodontie.  
Thèse : Chir Dent. NANTES-2012.
- 48) - PHT.** Lu pour vous : Irrigation en endodontie.  
Clinic. 2010 ; vol.31.
- 49) - MACHTOU P.** Irrigation et désinfection en endodontie.  
JPIO Endodontie. Ed. Cdp, Paris, 2012 ; pp : 219-241.
- 50) - CANTATORE G.** L'irrigation de l'endodonte : Importance dans le nettoyage et la stérilisation du réseau canalaire.  
Concepts Cliniques en Endodontie. Ed. SNPMD, Paris, 2005; pp: 59-75.
- 51) - CARON G.** Hypochlorite de sodium en 2008 Stop ou Encore ?  
Fil Dent. 2008 ; n°30 : 18-20.
- 52) - BERRUTTI E., CASTELLUCCI A.** Cleaning and shaping the root canal system.  
Endodontics vol II. Ed. IL TRIDENTE, Californie, 2005 ; pp : 396-437.
- 53) - BLIN M.** Le self Adjusting File.  
Thèse : Chir Dent. Paul Sabatier-2013.
- 54) - NACOULMA M.** Etude des traitements endodontiques des dents à morphologie complexe : Cas des canaux courbes.  
Thèse : Chir Dent. DAKAR-1998.
- 55) - BENKIRAN I., LAHLOU Kh., JABRI M., ELOUAZZANI A., HIRECHE H.** Introduction du Nickel-Titane en endodontie.  
Site internet : <https://www.lecourrierdudentist.com>.
- 56) - SCIANAMBLO M.J.** – traduction : **PIERRE J., MACHTOU P., LASFARGUES J.J.** La préparation de la cavité endodontique.  
Réal Clin. 1993 ; 4(1) : 9-34.
- 57) - TREGUER C.** L'évolution de la pratique de l'endodontie en France.  
Thèse : Chir Dent. BREST-2012.
- 58) - CLAISSE A., GUIGAND M., MARTIN D.** Préparation canalaire.  
Dossier de l'ADF, ISSN : 2106-7031 ; 2014.
- 59) - PECKUEUR P.** Instrumentation Unique : Une nouvelle ERE Endodontique?  
Thèse : Chir Dent. TOULOUSE-2012.

- 60) -INGLE., BAKLAND., BAUMGARTUER.** Ingle's endodontics 6. 2008.
- 61) - ANDRE P.** Le système Self Adjusting File® en endodontie.  
Thèse : Chir Dent. NANTES-2014.
- 62) - EBLE A.** La fracture des instruments d'endodontie en nickel-Titane.  
Thèse : Chir Dent. METZ-2010.
- 63) - BON G.** Les instruments de rotation continue en endodontie : Les spécificités du système RaCe® FKG.  
Thèse : Chir Dent. METZ-2013.
- 64) - ARBAB-CHIRANI R., CHEVALIER V., ARBAB-CHIRANI S., CALLOCH S.** L'instrumentation canalaire de préparation.  
Rev: ELSEVIER Masson SAS. 2010; 28-725-A-10:1-15.
- 65) - FRANCOIS T.** Gestion des fractures instrumentales en endodontie.  
Thèse : Chir Dent. LYON-2015.
- 66) - CLAISSE A., HAIKEL Y.** Les systèmes Nickel-Titane en rotation continue.  
Dossier de l'ADF ; 2003.
- 67) - TASCHIERI S., NECCHI S., ROSANO G., DEL FABBRO M., WEINSTEIN R., MACHTOU P.** Avantages et limites des instruments en Nickel-Titane pour la préparation canalaire endodontique.  
Rev Mens Suisse Odontostomatol. 2005; 115: 1000-1005.
- 68) - MC SPADDEN JT.** Mastering Endodontic Instrumentation.  
Canada: Ed. Cloudland Institute; 2007.
- 69) - MACQUIGNEAU L.** Le concept de l'instrument unique en endodontie.  
Thèse : Chir Dent. NANTES-2014.
- 70) - MEDIONI E., VENE G.** Complications des traitements Radiculaires.  
E.M.C., 1994 ; [23-060-A-10].
- 71) - HUMBERT E.** Les perforations radiculaires : Données actuelles.  
Thèse : Chir Dent. METZ-2014.
- 72)**<https://endoenligne.wikispaces.com/Mise+en+forme?responseToken=03184e15e16be9300dbfb3bf5225094f3>.
- 73) - BRONNEC F., CARON G.** Le traitement endodontique des premières molaires.  
Réal Clin. 2008 ; vol.19 n°4 : 339-351.
- 74) - GUYADER V.** Accidents per-opératoires iatrogènes en endodontie orthograde.  
Thèse : Chir Dent. NANTES-2011.
- 75) - RICHARD E.** L'extrusion apicale des débris par instruments uniques de mise en forme canalaire : étude comparative in vitro de l'One Shape ® et du Wave One®.  
Thèse : Chir Dent NANTES-2015.

**76) - RASPAUD B.** Etude comparative de la préparation des canaux courbes sur dents extraites à l'aide de 3 systèmes : Protaper Universal, One Shape et Wave One.  
Thèse : Chir Dent. Bordeaux-2013.

**77) - PETERS OA., NOBLETT WC.**-traduction française : **LEVY G.** Nettoyage et mise en forme.  
Endodontie principes et pratique. 5<sup>e</sup> Ed. Paris: ELSEVIER MASSON, 2016; pp: 288-316.

**78) - MC SPADDEN JT., GLASSMAN GD., SEROTA KS.** The Quantec Rotary NiTi Instrumentation System.  
Endodontics vol II. Ed.IL TRIDENTE, Californie, 2005; pp: 588-605.

**79) - BUCHANAN LS.** Concepts, instruments et techniques pour le système GT (Greater Taper). Mise en forme et nettoyage (1<sup>e</sup> partie) : La préparation endodontique prédéfinie.  
Rev Odont Stomat. 2003; 32: 15-33.

**80) - BUCHANAN LS.** ProSystem GT.  
Endodontics vol II. Ed.IL TRIDENTE, Californie, 2005; pp: 564-579.

**81) - VDW.** (Laboratoire). FlexMaster the rotary NiTi system for every case.  
Site internet: [www.vdw-dental.com](http://www.vdw-dental.com).

**82) - MOUNCE RE.** The K3 Rotary Nickel Titanium Instrument System.  
Endodontics vol II. Ed.IL TRIDENTE, Californie, 2005; pp: 580-587.

**83) - FKG.** (Laboratoire). Mise en forme et nettoyage canalair.  
Site internet : [www.fkg.ch](http://www.fkg.ch).

**84) - HAOND JD.** Etude comparative de différents systèmes de rotation continue en endodontie.  
Thèse : Chir Dent. NANTES-2012.

**85) - MARTIN D., AMOR J., MACHTOU P.** Endodontie mécanisée le système Protaper principes et guide d'utilisation.  
Rev Odont Stomat. 2002; 31: 33-42.

**86) - RUDEL CJ.** The Protaper Technique Shaping the future of endodontics.  
Endodontics vol II. Ed.IL TRIDENTE, Californie, 2005; pp: 548-563.

**87) -DENTSPLY.** (laboratoire). Protaper Next.  
Site internet : [www.dentsplymaillefer.com](http://www.dentsplymaillefer.com).

**88) - MACHTOU P.** Concept et utilisation Clinique des Protaper Next™.  
Rev Odont Stomat. 2014 ; 43 : 111-121.

**89) -DENTSPLY.** (laboratoire). Protaper Next-brochure.  
Site internet: [www.dentsply.fr](http://www.dentsply.fr).

**90) - DENTSPLY.** (Laboratoire). Protaper Gold-brochure.  
Site internet: [www.dentsply.fr](http://www.dentsply.fr).

**91) - VITEAUX A.** L'instrumentation unique en rotation continue.

Rev Dental Tribune, 2014; 18-20.

**92) - BAL S.** Du Héro 6.4.2 au One Shape®.

Clinic. 2013 ; 34 : 1-6.

**93) - Micro Mega.** (Laboratoire). La solution One Shape.

Site internet: [www.micro-mega.com](http://www.micro-mega.com).

**94) - MARTIN D., MACHTOU P.** Mise en forme canalaire : Une nouvelle instrumentation, un nouveau mouvement.

Entretiens de Bichat, 2011; 26-30.

**95) - SIMON S., BERTOT W.** Quel avenir pour l'endodontie ?

Fil Dent. 2008; n° 30: 14-16.

**96) - BEN JOHNSON WM.** Wave One: Reciprocation.

Site internet: [http:// www.Endomatters.dental/Waveone.receprocation/](http://www.Endomatters.dental/Waveone.receprocation/).

**97) -** Site internet : [http:// www.healthmantra.com/rotary/tech.shtml](http://www.healthmantra.com/rotary/tech.shtml).

**98) - RUDDLE CJ., MACHTOU P., WEST JD.** The shaping movement: fifth-generation technology.

Site internet: <http://www.dentistrytoday.com/endodontics/8865-the-shaping-movement-fifth-generation-technology>.

**99) - PERTOT WJ.** Mise en forme canalaire mono instrumentale en mouvement réciproque.

Rev Roots, 2013; 44-47.

**100) - PERTOT WJ.** Du Wave One au Wave One Gold en réciprocité.

Rev Roots, 2015; 10-13.

**101) - RUDDLE CJ.** Endodontic Canal Preparation: Wave One SINGLE-File Technique.

Dentistry today, 2012; 1-7.

Site internet: [www.endoruddle.com](http://www.endoruddle.com).

**102) - VDW. (Laboratoire).** Reciproc one file endo.

Site internet: [www.vdw-dental.com](http://www.vdw-dental.com).

**103) - BON M.** Mise en forme canalaire : rotation continue versus réciprocité.

Thèse : Chir Dent. NANTES-2016.

**104) - RUDDLE CJ.** SINGLE-File Shaping Technique: Achieving a Gold Medal result.

Dentistry today, 2016; 1-7.

Site internet: [www.endoruddle.com](http://www.endoruddle.com).

**105) - VDW.** Reciproc blue.

BRO-RB-1610-V1.

- 106) - CHALUPSKY M.** Interview: Reciproc blue is definitively a game-changer in endodontics.  
Site internet: [http:// www.dental-tribune.com/articles/business/europe/32649-interview-reciproc-blue-is-definitively-a-game-changer-in-endodontics.html](http://www.dental-tribune.com/articles/business/europe/32649-interview-reciproc-blue-is-definitively-a-game-changer-in-endodontics.html).
- 107) -** [www.dentisfuturis.com/bases -fondamentales-de-la-preparation-en-rotation-continue/](http://www.dentisfuturis.com/bases-fondamentales-de-la-preparation-en-rotation-continue/).
- 108) - DIAMER F., MALLET J.P., BEN REJEB H., NEHME W.** Maitriser le pré-évasement avec One Flare®: un nouvel instrument traité thermiquement pour simplifier l'accès à l'apex.  
Rev Dental Tribune. 2016 ; vol.8, No.10 : 19-20.
- 109) - WEBBER J., MACHTOU P., PERTOT W., KUTTLER S., RUDDLE C., WEST J.** The Wave One single-file reciprocating system.  
Rev Roots. 2011; pp: 28-33.
- 110) - CLAISSE- CRINQUETTE A., ROBBERECHT L.** Instruments de préparation canalaire F360® et F6 Sky Taper® répondent- ils à nos attentes ?  
Inf Dent. 2015; n° 29: 21-24.
- 111) - GLASSMAN G., GAMBAIMI G., ROCHER S.** Twisted files and adaptive motion technology a winning combination for safe and predictable root canal shaping.  
Rev Endotribune. 2016; vol 14 n° 11: 17-19.
- 112) - GAMBARINI G., GLASSMAN G.** TF adaptive: une nouvelle approche des instruments en nickel-titane.  
Rev oral health. 2013; vol 103, n°5 : 6-10.
- 113) - Axis Sybron Endo.** (Laboratoire). TF Adaptive.  
Site internet : [www.sybronendo.com](http://www.sybronendo.com).

## Liste des Figures

N° de la figure	Titre	N° de page
Fig 01	La complexité du réseau canalaire.	03
Fig 02	Une micro CT d'une première molaire inférieur <b>a b c</b> visualisation de la surface radiculaire <b>d e f</b> visualisation détaillée du système canalaire.	03
Fig 03	Les composants anatomiques principaux de la cavité pulpaire.	04
Fig 04	Les composants anatomiques principaux de la cavité pulpaire.	05
Fig 05	Les types des isthmes.	06
Fig 06	La région apicale <b>CA</b> : Constriction Apicale ; <b>JCD</b> : Jonction Cémento Dentinaire ; <b>FA</b> : Foramen Apicale ; <b>AR</b> : Apex Radiologique.	06
Fig 07	Les différents types de la constriction apicale.	07
Fig 08	L'anatomie canalaire selon Weine.	07
Fig 09	L'anatomie canalaire selon Vertucci.	08
Fig 10	Courbure apicale.	09
Fig 11	Canal en forme de C.	09
Fig 12	Canal en forme Baïonnette.	09
Fig 13	Radiographie préopératoire montrant la lésion de la molaire.	11
Fig 14	Radiographie per opératoire montrant la détermination radiographique de la longueur de travail.	11
Fig 15	Radiographie postopératoire de control de l'obturation.	12
Fig 16	Radioagraphe de contrôle après un an de traitement endodontique.	12
Fig 17	Isolation du champ opératoire.	12
Fig 18	Les éléments nécessaires pour la pose d'une digue.	13
Fig 19	La digue en place.	14
Fig 20	La cavité d'accès pour les monoradiculées maxillaires.	15
Fig 21	La cavité d'accès pour les prémolaires maxillaires.	15
Fig 22	La cavité d'accès pour Les molaires maxillaires.	15
Fig 23	La cavité d'accès pour les dents monoradiculées mandibulaires.	16
Fig 24	La cavité d'accès pour les prémolaires mandibulaires.	16
Fig 25	La cavité d'accès pour les molaires mandibulaires.	16
Fig 26	Modification du volume de la chambre pulpaire et de la localisation des entrées canalaires sur une molaire mandibulaire.	17
Fig 27	L'usage excessif de forets de Gate.	17
Fig 28	Coke Bottle Appearance.	17
Fig 29	Intérêts de la précourbure (selon Laurichesse).	18
Fig 30	Image radiologique <b>A</b> une vue orthogonale. <b>B</b> la vue de profil montre des limes en dépassement apical.	19
Fig 31	Localisateur d'apex " le Root ZX".	20
Fig 32	L'électrode labiale est mise en place en évitant tout contact avec un élément métallique.	20
Fig 33	La deuxième électrode est mise au contact de l'instrument en évitant toute contamination par la salive et tout contact avec un résidu de restauration métallique.	20
Fig 34	Une réglette millimétrée.	20
Fig 35	Les régions assainies par le produit irrigant en jaune, et les régions assainies par l'instrumentation en vert.	21

N° de la figure	Titre	N° de page
Fig 36	L'effet de l'hypochlorite de sodium 5% à 50°C sur la pulpe.	22
Fig 37	<b>A</b> L'état de surface du canal après une préparation canalaire mécanique et chimique par l'hypochlorite de sodium puis <b>B</b> par l'hypochlorite de sodium 5% et l'EDTA 10%.	23
Fig 38	Préparation canalaire conique (canal évasé de l'orifice apical à l'orifice coronaire).	24
Fig 39	Evolution du diamètre d'un instrument endodontique en fonction de sa conicité.	26
Fig 40	$\alpha$ = angle d'hélice, Pas = distance entre deux spires.	27
Fig 41	Illustration de la notion d'angle de coupe en A. un angle de coupe positif, en B. un angle de coupe nul et en C. un angle de coupe négatif.	27
Fig 42	La différence de la masse centrale entre 2 instruments de section différente.	27
Fig 43	Représentation de la section de deux instruments, passif et actif.	28
Fig 44	Représentation de l'angle de pointe et l'angle de transition.	28
Fig 45	Le code de couleur instrumentale déterminé par ISO.	29
Fig 46	Instrumentation manuelle et notion de conicité.	30
Fig 47	Tire-nerf, Lime H, Lime K et Broche.	30
Fig 48	Instrumentation rotatif en Acier inoxydable.	31
Fig 49	Diagramme illustrative de la transformation martensitique et l'effet de mémoire de forme de NiTi.	32
Fig 50	Dynamique de déformation que subit un alliage super-élastique en fonction d'une contrainte $\sigma$ . Jordan and Rocher, 2010).	32
Fig 51	L'efficacité de coupe est en fonction de volume de la surface de coupe.	33
Fig 52	Efficacité de coupe majorée par la réduction de la surface de coupe.	33
Fig 53	Le transport interne.	35
Fig 54	Ouverture en sablier.	35
Fig 55	Lime MMC de 0,8 précoudée au contact de l'épaulement.	35
Fig 56	Perforation par stripping avant et après extraction.	35
Fig 57	Création d'une butée en absence de pré élargissement.	36
Fig 58	Schéma présente une butée avec la formation d'un bouchon dentinaire.	37
Fig 59	Schéma présente une ovalisation du foramen (zipping).	37
Fig 60-61-62	Schématisme de la technique crown down, l'instrument s'engage dans la dentine radiculaire sur sa portion apicale (zone rouge) réduisant la surface de contact, le torque et le risque de fracture.	41- 42- 43
Fig 63	L'instrument ProFile®.	43
Fig 64	L'instrument Quantec®.	44
Fig 65	L'instrument Prosystem GT®.	44
Fig 66	L'instrument FlexMaster®.	45
Fig 67	L'instrument K3®.	45
Fig 68	L'instrument RaCe®.	46
Fig 69	L'instrument RevoS®.	47
Fig 70	L'instrument Mtwo®.	47
Fig 71	Une lame active ProTaper®.	47
Fig 72	Pointe non coupante ProTaper®.	47
Fig 73	Shaping file 1 et 2 de Protaper®.	48
Fig 74	Shaping File X de Protaper®.	48
Fig 75	Finishing Files de Protaper®.	49
Fig 76	La section transversale de PTN.	50
Fig 77	La séquence PTN.	50
Fig 78	La séquence ProTaper Gold®.	51
Fig 79	La configuration à section variable de l'instrument one shape®.	51

Fig 80	La section variable de l'instrument One Shape®.	52
Fig 81	ENDOFLARE®.	52
Fig 82	One G pour le cathétérisme.	52
Fig 83	Le One Shape® pour la mise en forme.	52
Fig 84	One Shape® apical.	52
Fig 85	Le mouvement de Réciprocité.	55
Fig 86	Un diagramme présente les différents mouvements lors de la préparation manuelle par la technique des forces équilibrées.	56
Fig 87	Schéma présentatif du mouvement de réciprocité avec le système WaveOne®.	57
Fig 88	Moteurs X-Smart Plus et VDW Reciproc® permettant le mouvement réciproque et la Rotation Continue.	58
Fig 89	Les différentes sections de l'instrument de Wave One®.	58
Fig 90	Les limes Reciproc et leur section.	59
Fig 91	La section de l'instrument Wave One Gold®.	59
Fig 92	Les instruments de Wave one Gold®.	59
Fig 93	L'instrument Reciproc® blue.	60
Fig 94	L'efficacité de coupe du Reciproc®blue.	60
Fig 95	La série Reciproc®blue.	60
Fig 96	La section en S et la pointe non active de Reciproc®blue.	60
Fig 97	Contre angle NiTi control® avec un système de débrayage automatique.	61
Fig 98	Moteur Teknika Version®.	62
Fig 99	Contre angle sans fil.	62
Fig 100	Moteur coulée à un localisateur d'apex.	63
Fig 101	Moteur VDW Reciproc® permettant le mouvement de Réciprocité.	63
Fig 102	Triangle de Schilder.	64
Fig 103	Aménagement de la cavité d'accès après curetage dentinaire.	65
Fig 104	Pénétration initiale des limes manuelles n°10.	65
Fig 105	Pénétration initiale avec des limes manuelles n 15.	65
Fig 106	Elargissement en brossant les parois canalaire.	66
Fig 107	L'appui sur les parois canalaire Brushing Action.	66
Fig 108	Passage de la lime manuelle.	66
Fig 109	Progression de la préparation avec l'instrument S2.	67
Fig 110	Progression de la préparation avec l'instrument S1.	67
Fig 111	Préparation du 1/3 coronaire (en violet) et le 1/3 moyen.	67
Fig 112	Préparation du tiers apical.	68
Fig 113-114-115	Jaugeage du canal avec une lime manuelle.	68-69
Fig 116	Radio préopératoire.	70
Fig 117	Aménagement de la cavité d'accès.	70
Fig 118	Elargissement des entrées canalaire.	70
Fig 119	Pénétration initiale.	70
Fig 120	Détermination de la LT.	71
Fig 121	La mise en forme canalaire avec One Shape®.	71
Fig 122	Une image graphique indique que la mise en forme peut commencer une fois qu'une région d'un canal a été sécurisée avec un instrument manuel de taille 10	73

<b>Fig 123</b>	Image graphique montre l'instrument WaveOne primaire 25/08 à l'intérieur de la trajectoire sécurisée du canal.	73
<b>Fig 124</b>	Image graphique montre l'instrument WaveOne primaire 25/08 au niveau de la courbe apicale, chargé de débris dentinaire.	73
<b>Fig 125</b>	Image graphique montre l'instrument manuel 25/02 le long du canal et localisant le foramen apical.	73
<b>Fig 126</b>	Concept moderne, caractérisé par les systèmes à instrument unique, permet d'optimiser le temps d'irrigation finale et ainsi la qualité du traitement endodontique.	78
<b>Fig 127</b>	Les causes fréquentes de rupture instrumentale du NiTi.	81
<b>Fig 128</b>	L'infection résiduelle est souvent la cause d'échec du traitement endodontique.	82
<b>Fig 129</b>	Le mouvement hybride du TF Adaptive.	84
<b>Fig 130</b>	La séquence TF Adaptive.	84
<b>Fig 131</b>	Le choix de la série TF Adaptive (Small ou medium /large).	85

## Liste des Tableaux

Tableau	Titre
Tableau 01	Le nombre moyen des orifices canaux présents dans la chambre pulpaire par type de dent et de racine <sup>[13]</sup> <sup>[14]</sup> O.C orifice canalaire.
Tableau 02	Les différentes techniques de la préparation canalaire pour l'instrumentation rotative et manuelle <sup>[59]</sup> .
Tableau 03	Tableau comparative entre les caractéristiques de l'alliage Nickel Titane et l'alliage acier inoxydable.
Tableau 04	Tableau présente les différentes caractéristiques des différents systèmes en Rotation Continue.
Tableau 05	Une comparaison entre les caractéristiques de la préparation canalaire mécanisée en Rotation Continue et en mouvement de réciprocité.

**ABDERREZAK ZOHRA ; BEN ATTIA SIHEM SAADIA; GUENOU RANIA ; HEDJERCI KHEIRA  
"LA PREPARATION CANALAIRE MECANISEE : ROTATION CONTINUE OU MOUVEMENT DE  
RECIPROCITE".**

## **RESUME**

La mise en forme canalaire est une des étapes clés dans le succès d'un traitement endodontique. La mécanisation des techniques de préparation canalaire, avec l'emploi de l'alliage Nickel-Titane a permis d'atteindre au mieux les objectifs biologiques et mécaniques qui restent toujours fixes.

La Rotation Continue a permis une véritable révolution par apport à la préparation manuelle avec les instruments en acier inoxydable et apporté de nombreux avantages comme une conicité majorée, un meilleur respect de l'anatomie canalaire et un gain de temps.

À partir de 2008, une nouvelle dynamique instrumentale a été proposée par Yared: le mouvement de Réciprocité ou mouvement alternatif transversal asymétrique (MATA).

Le mouvement de Réciprocité permet un gain de temps par la réduction du nombre d'instrument, une meilleure résistance à la fracture et un meilleur respect de l'anatomie canalaire.

## **ABSTRACT**

Root canal preparation is one of the key steps in the success of endodontic treatment. The mechanization of the root canal preparation techniques, with the use of the Nickel-Titanium alloy, made it possible to achieve as best as possible the biological and mechanical objectives which remain always fixed.

Continuous rotation allowed a real revolution comparing to manual preparation with stainless steel instruments and brought many advantages such as increased conicity, better respect for canal anatomy and saving time.

Since 2008, a new instrumental dynamics has been proposed by Yared: the reciprocating movement or asymmetrical transverse reciprocating movement (MATA).

The reciprocity movement saves time by reducing the number of instruments, better resistance to fracture and better respect for the anatomy of the root canal.

**RUBRIQUE DE CLASSEMENT:** Odontologie-endodontie

## **MOTS –CLES**

Traitement endodontique -- Préparation canalaire mécanisée– Instrumentation rotative – Nickel Titane – Rotation Continue – Mouvement de Réciprocité.

**Promotrice : Pr. Zahia HADJI-OULD ROUIS**

## **JURY**

**Dr. CHARIF \_ Dr. SAHI**

